

TNO-rapport

TNO-060-DTM-2012-01993C

Audit LMS en NRM
Eindrapport stap 2

Datum 30 juni 2012

Auteur(s) Rinus Haaijer, Henk Meurs (μonsult); Lóri Tavasszy, Maaïke Snelder,
Marco Duijnsveld (TNO); Rob van Nes (TU Delft), Erik Verroen,
Cees van Schie (Twynstra Gudde); John Bates; Ben Jansen

Aantal pagina's 162 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen 5
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.

© 2012 TNO

Inhoudsopgave

Samenvatting	5
1 Inleiding	23
2 Stap 2.1: Beschrijving LMS/NRM	25
2.1 Inleiding	25
2.2 Algemene modelspecificatie	26
2.3 Vraagmodellering.....	33
2.4 Netwerkmodellering.....	54
2.5 Matrixkalibratie personenauto en vracht.....	72
2.6 LMS/NRM uitvoer	85
2.7 Elasticiteiten en Value of Time	86
2.8 Intensiteiten, reistijden en filebeeld	101
3 Stap 2.2: “State of the practice” en “State of the art”	121
3.1 Inleiding	121
3.2 Andere verkeersmodellen – “State of the practice”	121
3.3 Wetenschappelijk – “State of the art”	132
Bijlage A: Beleidsvariabelen in het LMS	145
Bijlage B: Invoer per module	149
Bijlage C: Wachttijden en fileduur	153
Bijlage D: Opties QBLOK	157
Bijlage E: Kruiselasticiteiten LMS2011	159

Samenvatting

S.1 Inleiding

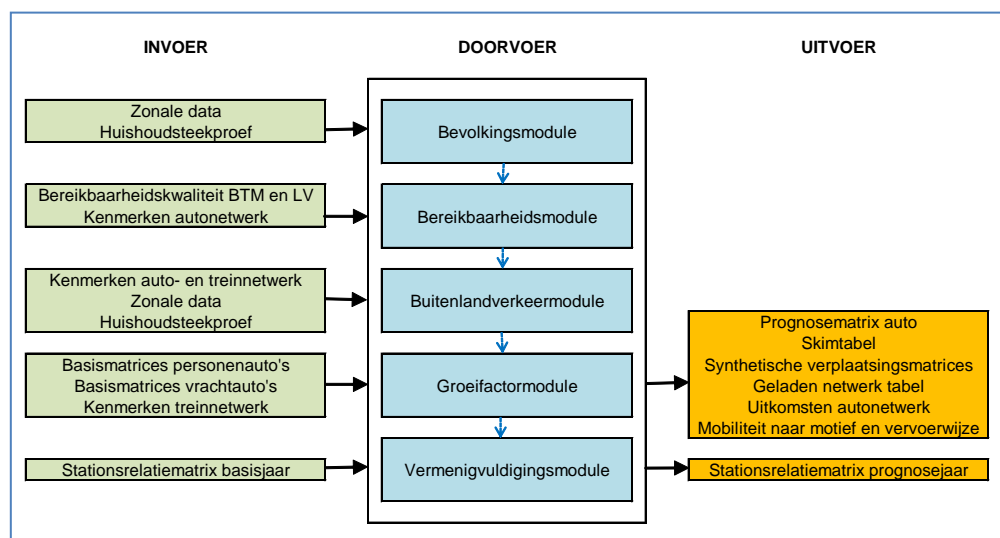
In deze tweede fase van de audit wordt inzicht verschaft in:

1. De belangrijke kenmerken van het LMS en NRM qua modelstructuur en werking van de afzonderlijke modules;
2. De kwaliteit van het model met aandacht voor de mate waarin het LMS en NRM passen binnen:
 - a. de internationale 'state of practice' ten aanzien van verkeersmodellen;
 - b. de wetenschappelijke 'state-of-the-art' in de modellering van verplaatsingsgedrag en verkeer;
3. De mate waarin onderdelen van het LMS2011 uitkomsten opleveren die overeenstemmen met verwachtingen op basis van literatuur en empirie.

S.2 Beschrijving model en veranderingen t.o.v. eerdere versies

S.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. Daarbij 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 S.1 geeft een overzicht van de wijze waarop het LMS/NRM 2011 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.



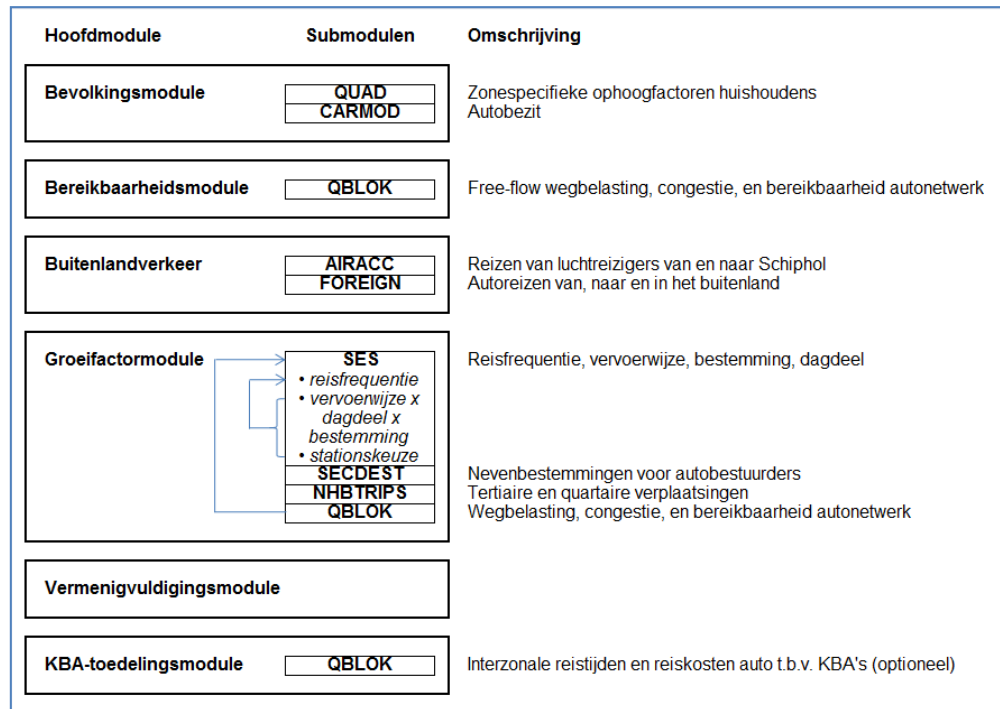
Figuur S.1: Overzicht in-, door- en uitvoer LMS/NRM

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 herkomst-bestemmingsrelatie, 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.

S.2.2 Groeimodel

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.). Steeds gaat het om relatieve veranderingen waarbij veranderingen tussen het basisjaar en het toekomstjaar van belang zijn.



Figuur S.2: Structuur groeimodel op hoofdlijnen

Figuur S.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+ 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 luchtvaartreizigers 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;** Van ieder persoon uit de huishoudens in de Prototype huishoudsteekproef wordt de verwachting van het aantal reizen op een werkdag bepaald. Hierbij worden 12 motieven en een motiefafhankelijk aantal persoonstypen onderscheiden.
 - b. **Vervoerwijze-dagdeel-bestemmingskeuzemodel.** Dit omvat de kans dat reizigers kiezen voor een bepaalde vervoerwijze, combinatie van dagdelen 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. **Stationskeuze model,** 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 toedelingmodule, waarna het geheel opnieuw wordt doorlopen.
- **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.
- **Toedelingmodel (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 afstandsgerelateerde kosten en eventuele tolkosten op basis van gebruikersgroepafhankelijke 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 congestie-modellering. 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.

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 de a-priorimatrices, voor vrachtauto's met behulp van het Regionaal Groeimodel (RGM) en voor personenauto's met het Groeimodel (GM);
2. Verrijking van de a-priorimatrices 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 a-priorimatrices 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 a-priorimatrices 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.

S.2.3 *Overzicht veranderingen LMS 2011 t.o.v. LMS 7.0*

Ten opzichte van de vorige versie van het LMS/NRM is in aantal veranderingen doorgevoerd in de inhoudelijke modules van het groeimodel:

- Nieuw basisjaar 2004.
- Herschatten/verbeteren (keuze) modellen met nieuwe data.
- Uitbreiding aantal zones.
- Splitsing langzaam verkeer in lopen en fietsen.
- Toevoegen van bereikbaarheid als verklarende variabele aan het toerfrequentiemodel van SES.
- Integraal vervoerswijzekeuze x bestemmingskeuze x periodekeuze model in SES.
- Verbeterd en geactualiseerd model voor de toedeling van het autoverkeer (QBLOK).
- Vrachtverkeer wordt nu simultaan met het autoverkeer toegedeeld, in plaats van vooraf met een alles-of-niets toedeling.
- Autonetwerk gebaseerd op en koppelbaar aan het Nationaal Wegen Bestand (NWB).
- Toedeling op basis van wensvraag (een deel van het verkeer in de schouders van de spits zou in de spits willen reizen).
- Nieuwe specificatie van het "stationsmodel", aparte submodellen voor voor/natransportkeuze x stationskeuze x treinkeuze.
- Nieuwe module voor reizen van en naar Schiphol (AIRACC).
- Nieuwe module voor grensoverschrijdende autoreizen (FOREIGN).
- Nieuwe module voor de ruimtelijke verdeling van het autobezit.
- Veranderde wijze van rekening houden met reiskostenvergoedingen en inkomensgroei in kostenfunctie.
- Gedetailleerde(re) interne calculaties (o.a. dagdelen).

Ten aanzien van de matrixkalibratie is bij de nieuwe versie van het LMS en de NRM's in vergelijking met voorgaande versies nadrukkelijk gestreefd naar een maximale consistentie tussen de modellen onderling en tussen de matrices uit het Groeimodel en de basismatrices. Voor het eerste doel is gekozen voor een centrale database voor alle basisgegevens (zonegegevens, netwerken auto, netwerk trein, level of service gegevens BTM, telgegevens) en voor een gedetailleerde specificatie van de te volgen werkwijze tijdens matrixkalibratie. Voor het tweede doel is gekozen om de a-priorimatrices direct af te leiden met het Groeimodel. Verder is het kalibratieproces er in principe op gericht de verschillen tussen de a-priorimatrices en de basismatrices zo klein mogelijk te houden. Een andere verandering is dat de matrixschatting nu consistent gebeurt voor personenauto en vrachtauto.

S.3 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.

S.3.1 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 bepaald kan worden.

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 niet een aantal belangrijke theoretische beperkingen van het logit model en laten veelal een aanzienlijk betere modelfit 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.

S.3.2 Netwerk

Op het vlak van routekeuze en evenwichttoedelingmechanisme 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 toedelingmodellen 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.

Met betrekking tot de routegeneratie bestaan er veel alternatieve methodes die wellicht tot betere resultaten zouden kunnen leiden. Op het functioneren van QBLOK heeft de methode van routegeneratie echter weinig invloed.

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. De landelijke modelsystemen waarin een toedeling is opgenomen (het model voor Groot-Brittannie en het Deense model PETRA bevatten helemaal geen toedelingmodule), voeren de toedeling uit op basis van reistijd-/kostenfuncties waarbij geen rekening wordt gehouden met fileterugslag en stroomopwaartse capaciteitsrestricities (statisch). 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.

Op het vlak van openbaar vervoer is in het Zweedse model SAMPERS, het Schotse model TMFS07 en het Europese model TRANS-TOOLS een toedelingmodule opgenomen. Dit in tegenstelling tot het LMS en NRM waarbij geen OV-toedeling binnen het modelsysteem wordt uitgevoerd. De resulterende stationsrelatiematrices kunnen met behulp van de toedelingmodule die binnen de spoorsector wordt gehanteerd worden toegedeeld.

S.3.3 *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-priorimatrices. Wel zijn hiervoor bij elk land steeds andere methodieken gekozen. 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 netwerkvang 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. Hiervoor zijn in de literatuur methodieken beschikbaar (bv Gan et al. (2005)).

S.4 Validatie van de uitkomsten

S.4.1 *Elasticiteiten en VoT's in het groeimodel*

In deze paragraaf wordt ingegaan op de gevoeligheid van LMS/NRM2011 ten aanzien van tijd en kosten voor de auto en het openbaar vervoer. Om enig zicht te krijgen op de mate waarin deze gevoeligheid overeenkomt met verwachtingen zijn deze gevoeligheden vergeleken met:

- LMS7, de eerdere versie van het LMS. De elasticiteiten uit dit model zijn vaak aangehaald in andere nationale en internationale studies.
- Overige wetenschappelijke literatuur. Deze vergelijking is indicatief omdat gevoeligheden afhangen van de keuzen die worden gemaakt en de context daarbij. Hoewel de uitkomsten dus voorzichtig moeten worden bekeken geven zij wel een indicatie van de validiteit van LMS2011.

Bij de gevoeligheden die met het LMS2011 zijn bepaald moet bedacht worden dat dit zogenaamde "eerste orde" gevoeligheden zijn, bepaald op basis van alleen de SES module, er is nog geen rekening gehouden met de effecten op bereikbaarheid (via de QBLOK module). Verwacht mag worden dat elasticiteiten op basis van het totale model (in absolute zin) lager zullen zijn dan momenteel gerapporteerd.

S.4.1.1 *Kilometerelasticiteiten auto*

Tabel S.1 geeft de elasticiteiten voor autotijden en autokosten. De belangrijkste bevindingen uit tabel S.1 zijn:

- De (overall) elasticiteit voor variabele autokosten op autokilometers in het LMS2011 ligt **binnen de ranges** die hiervoor in de literatuur zijn gevonden.
- De (overall) elasticiteit voor autoreistijd op het autokilometrage voor autobestuurders in het LMS2011 **lijkt aan de hoge kant**, vergeleken met de waarde die in de literatuur wordt gevonden. Hier kan bij worden aangetekend dat een wat hogere tijdgevoeligheid verwacht mag worden in LMS2011 dan in LMS7 door stijgende inkomens.
- Voor de (overall) elasticiteit voor autoreistijd op het autokilometrage voor autopassagiers zijn geen externe bronnen gevonden.

Tabel S.1: Elasticiteiten autokilometers LMS en literatuur (Lange Termijn waarden)

Elasticiteit	LMS7 ^a (LT)	LMS2011 ^b	Literatuur ^d
Autokosten (bestuurder)	-0,31	-0,358 ^c	A: -0,2 tot -0,4
Autotijd (bestuurder)	-0,88	-1,020 ^c	E: -0,74
Autotijd (passagier)	-1,00	-1,527 ^c	?

a: Review prijsgevoeligheden LMS/NRM (2010). LMS7: Gemiddelde brandstofkosten/km (NB: LMS2011, variabele autokosten).

b: LMS2011 systeemdocumentatie (gm2011_d7-1.pdf, tabel 2.4).

c: Bewerking MuConsult o.b.v. OVG1995/MON2004 (gewogen optelling over de in de LMS documentatie vermelde elasticiteiten per motief).

d: A = Geilenkirchen et al. (2010), waarden voor Nederland.

E = de Jong and Gunn (2001), internationale waarden.

S.4.1.2 Kilometerelasticiteiten OV (BTM en trein)

Tabel S.2 geeft de elasticiteiten in het LMS7, LMS2011 en de literatuur voor het OV. Getracht is wederom voor de literatuur zo recent mogelijke waarden te gebruiken. Dit bleek echter niet altijd mogelijk, waardoor in enkele gevallen van oude(re) studies gebruik is gemaakt voor de vergelijking.

Tabel S.2: Elasticiteiten OV kilometers LMS en literatuur (Lange Termijn waarden)

Elasticiteit	LMS7 (LT)	LMS2011 ^b	Literatuur ^d
BTM kosten	-0,345 ^c	-0,246 ^c	ACD: -0,4 tot -0,8
BTM tijd (in-vehicle)	-0,495 ^c	-0,593 ^c	G: -0,63 (-0,57 tot -1,32)
Trein tarief	-0,441 ^a	-0,253 ^c	A: -0,6 tot -1,1
Trein tijd (in-vehicle)	-0,812 ^a	-0,439 ^c	F: -0,5 tot -0,6 G: -0,69 (-0,42 tot -1,31)

a: Handboek elasticiteiten voor het treingebied afgeleid met het LMS, 4Cast, 2005

b: LMS2011 systeemdocumentatie (gm2011_d7-1.pdf, tabel 2.4)

c: Bewerking MuConsult o.b.v. OVG1995/MON2004 (gewogen optelling over de in de LMS documentatie vermelde elasticiteiten per motief)

d: Lange termijn elasticiteiten

A = Geilenkirchen et al. (2010), waarden voor Nederland

C = de Beer et al. (2011), waarden voor Nederland

D = Hanly et al. (2002), internationaal

G = Wardman 2011, waarden voor UK, *cursieve waarde tussen haken* zijn o.b.v. modelberekeningen. Laagste waarde geldt bij 2 mijl, hoogste bij 200 mijl.

De belangrijkste bevindingen uit tabel S.2 zijn:

- De (overall) kosten en tijdelasticiteit voor bus, tram en metro en de (overall) kostenelasticiteit voor de trein liggen **onder** de waarden die in de literatuur zijn gevonden.
- De (overall) tijdelasticiteit voor de trein ligt **buiten de range** die in de literatuur is gevonden en is ook niet conform de verwachting dat deze elasticiteiten hoger zouden worden in de tijd.

Bij het vergelijken met Wardman (2011) moet bedacht worden dat deze studie op het Verenigd Koninkrijk is gericht en de tijdelasticiteiten daarom niet direct van toepassing hoeven te zijn voor de Nederlandse situatie. Zo wordt voor de bus verondersteld dat elasticiteiten in Nederland groter zijn aangezien de fiets veel vaker een alternatief is voor een (korte) reis met de bus en er dus eerder van vervoerwijze gewisseld kan worden. Voor de trein geldt dat de gerapporteerde range begint bij een transportafstand van 2 mijl. Bij 25 mijl (ongeveer gelijk aan de afstand van een gemiddelde treinverplaatsing in Nederland) geeft Wardman een waarde van -0,78. Dit versterkt de constatering dat de (voor Nederland geldende) LMS2011 waarden voor bus- en treintijden aan de lage kant zijn.

Ten aanzien van de elasticiteiten per motief (zie paragraaf 2.7 voor de waarden) zijn de bevindingen:

- Ten opzichte van het LMS7 zijn de BTM kostenelasticiteiten voor woninggebonden winkelen en overig woninggebonden van dezelfde orde grootte, voor de overige motieven zijn deze in het LMS2011 **lager**.
- Ten opzichte van het LMS7 zijn de BTM tijdelasticiteiten van dezelfde orde grootte.
- Ten opzichte van het LMS7 zijn de trein kostenelasticiteiten voor woninggebonden winkelen en overig woninggebonden van dezelfde orde grootte, voor de overige motieven zijn deze in het LMS2011 **lager**.
- Ten opzichte van het LMS7 zijn de trein tijdelasticiteiten per motief **soms hoger en soms lager**.

S.4.1.3 *Kruiselasticiteiten*

Uit het overzicht van kruiselasticiteiten zoals deze in de LMS2011 documentatie wordt vermeld (zie paragraaf 2.7 en bijlage C voor de waarden) blijkt dat de kruiselasticiteiten voor veranderingen in BTM kosten en tijden op autokilometers van autobestuurders steeds maximaal 0,01 zijn (m.u.v. het motief educatie, de kruiselasticiteit is daar 0,05 voor BTM reistijd). De kruiselasticiteiten voor veranderingen in autokosten op OV gebruik liggen voor de verschillende motieven tussen de 0,02 en 0,19, die voor autotijd tussen 0,05 en 0,32 (alleen voor werkgebonden zakelijk op treingebruik aanzienlijk hoger: 0,74).

De belangrijkste bevindingen t.a.v. kruiselasticiteiten in het LMS2011 zijn:

- Veranderingen in autokosten en -tijden hebben een **beperkt effect** op kilometers met OV en langzaam verkeer.
- Kruiselasticiteiten van veranderingen in autotijden hebben voor autopassagiers hetzelfde teken als voor bestuurder. De orde grootte van de tijdelasticiteiten is aan de **hoge kant** (-0,94 tot -2,52). Voor autokosten liggen deze waarden in lijn met die van andere vervoerwijzen.
- Veranderingen in BTM tijden en kosten hebben slechts een **zeer beperkt effect** op het aantal autokilometers.
- De kruiselasticiteiten voor autotijden en kosten zijn in het LMS2011 i.h.a. **lager** dan die in het LMS7.

S.4.1.4 *Value of time*

Tabel S.3 geeft een overzicht van de resulterende VoT's van het LMS2011 voor auto en BTM als hoofdvervoerwijze (afgeleid uit de geschatte coëfficiënten) en vergelijkt deze ter indicatie met de waarden zoals ze op dit moment door RWS worden gebruikt (gebaseerd op SP-schattingen). Voor de trein zijn in het LMS2011 geen VoT's bepaald, aangezien hierin slechts één coëfficiënt voor gegeneraliseerde reistijd is geschat. De VoT's voor de trein zijn in het LMS2011 gebaseerd op huidig gebruikte RWS waarden voor 2006 (teruggerekend naar het 2004 prijsniveau). Binnen het treinmodel wordt ook voor BTM als voor- en natransport van de RWS waarden gebruik gemaakt. In het LMS2011 gelden op verschillende plekken dus verschillende waarden voor de VoT's voor BTM.

Tabel S.3: Values of time (€/uur) LMS 2011 en RWS

Reismotief	Inkomen	LMS2011		RWS ^a -GE	
		Auto	BTM	Auto	BTM
Woon-Werk	Laag	6,10	3,29	8,60	8,03
	Midden	7,20	3,98	8,60	8,03
	Hoog	8,76	4,91	8,60	8,03
Woninggebonden Zakelijk	Laag	12,44	1,91	29,77	14,00
	Midden	15,69	2,29	29,77	14,00
	Hoog	21,75	3,08	29,77	14,00
Woninggeb. Educatie	Alle	36,16	11,55	5,94	5,08
Woninggeb. Winkelen	Alle	9,75	0,72	5,94	5,08
Overig woninggebonden	Alle	7,22	1,64	5,94	5,08
Werkgebonden Zakelijk	Alle	21,87	2,90	29,77	14,00
Overig werkgebonden	Alle	7,02	0,56	5,94	5,08
Kind Woninggeb. School	Alle	n.v.t.	n.v.t.	-	-
Kind Woninggeb. Overig	Alle	n.v.t.	1,99	-	-

a: De RWS elasticiteiten worden niet uitgesplitst naar inkomensklasse. Ook worden alleen de motieven werk, zakelijk en overig onderscheiden, een aantal waarden is daarom gedupliceerd.

Ondanks de inhoudelijke verschillen tussen de wijze waarop de LMS2011 en RWS Value of Time zijn bepaald en uitgesplitst (o.a. RP vs. SP data, verschillen in motieven en inkomensgroepen) valt op dat de VoT's voor autobestuurders voor het motief woon-werk in het LMS2011 van dezelfde orde grootte zijn als de waarden zoals deze nu worden gehanteerd. Bij zakelijke motieven zijn de LMS2011 VoT's aanzienlijk lager, met name bij lage inkomens is dit het geval. Bij de overige woninggebonden motieven zijn de VoT's hoger, dit geldt met name bij educatie (een 6x zo grote waarde t.o.v. de RWS waarde), deze VoT ligt zelfs (ruim) boven de zakelijke VoT's.

De VoT's voor BTM (in-vehicle) als hoofdvervoerwijze zijn fors lager (tot een factor 9 bij overig werkgebonden) dan de waarden waarmee nu wordt gerekend. Uitzondering is ook hier de VoT waarde voor het motief educatie (ruim 2x zo groot t.o.v. de RWS waarde).

S.4.1.5 Mogelijke oorzaken voor verschillen

Er is een aantal mogelijke oorzaken aan te geven die een rol kunnen hebben gespeeld voor de lage(re) waarden van elasticiteiten in het LMS2011 ten opzichte van externe bronnen en/of de vorige LMS versie. In hoeverre dit daadwerkelijk het geval is kan in het kader van deze audit echter niet worden vastgesteld:

- Schaling kostencoefficiënt voor werkgeversvergoedingen voor een aantal motieven. Dit leidt mogelijk tot een onderschatting van de kostencoefficiënt en kostenelasticiteiten voor deze motieven.
- Gebruik van een niet-lineaire kostenfunctie in het LMS2011.
- Gebruik van te hoge treinkosten bij de schatting van het treinmodel, ten gevolge van:
 - Het niet modelleren van degressie in het treintarief. Dit is een keuze geweest bij de ontwikkeling van het LMS2011.
 - Het meenemen van de kosten van enkele reizen en 1^e klas in de bepaling van het gemiddelde treintarief op basis waarvan de 2^e klas kilometerkosten voor retours met de trein zijn bepaald in het LMS 2011.

Dit heeft niet alleen effect op de kostenelasticiteit voor de trein, maar door gebruik van gegeneraliseerde reistijden in het treinmodel ook op de tijdelasticiteit. Daarnaast is er mogelijk een (beperkt?) effect op tijden en kostengevoeligheid in het voor- en natransport (waaronder BTM).

- Loop- en fietsafstanden op basis van autonetwerk, daardoor mogelijk te lange voor- en natransportafstanden bij de trein. Dit heeft mogelijk ook een (beperkt?) effect op de kosten- en tijdcoëfficiënten voor trein.
- De nesting structuur van de samenhangende SES modellen, waarvan in de schattingsdocumentatie wordt opgemerkt dat deze mogelijk niet optimaal is, kan ook gevolgen hebben voor de hoogte van elasticiteiten.

Externe ontwikkelingen in de periode tussen beide LMS versies (o.a. groter autobezit, hogere inkomens, aanscherping regels gebruik SOV kaart) geven geen aanleiding te veronderstellen dat in het LMS2011 sprake zou moeten zijn van een lagere (overall) tijd- en kostengevoeligheid in het OV ten opzichte van het LMS7. Op basis van deze ontwikkelingen zouden eerder grotere gevoeligheden verwacht mogen worden. Uit dit soort ontwikkelingen zijn de geconstateerde lagere waarden dus niet te verklaren. Wel is de afgelopen jaren sprake geweest van een toegenomen congestie op het (hoofd)wegennet. Dit heeft mogelijk wel een dempend effect gehad, aangezien de auto niet in alle omstandigheden daadwerkelijk een goed alternatief is voor een OV reis.

Ten slotte geldt voor de (soms grote) verschillen in VoT waarden tussen beide LMS versies dat deze mogelijk deels veroorzaakt zijn door verschillen in de wijze waarop deze waarden zijn bepaald in beide versies (gebruik van alleen RP of ook SP data en de structuur van de kostenfunctie). Ook hiervoor geldt echter dat niet vastgesteld kan worden in hoeverre dit daadwerkelijk een verklaring vormt.

S.4.2 *Resultatentoedeling(QBLOK)*

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 gelijkwaardig gelijkwaardige alternatieven kunnen zich routekeuzeproblemen 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.
- 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.

- De routekeuze van QBLOK is gebaseerd op gegeneraliseerde reistijden. Het is echter niet bekend in hoeverre mensen in praktijk hun routekeuze baseren op dezelfde verhouding tussen reistijd en reiskosten als in het model wordt verondersteld. Doordat geen kalibratie en validatie op de routekeuze heeft plaatsgevonden is dit niet te toetsen. 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.
- Intensiteiten: in praktijk gaan intensiteiten omlaag na een bepaald congestieniveau. In QBLOK geldt dat als sprake is van congestie de uitstroom van een wegvak gelijk is aan de gehanteerde capaciteit. Dit maakt een vergelijking met data en toepassing in vervolgberekeningen moeilijk.
- Convergentie: QBLOK is bij 50 iteraties onvoldoende geconvergeerd om de effecten van kleine veranderingen in de matrices te bepalen. Bij kostenbatenanalyses worden meer iteraties uitgevoerd (100), waardoor convergentieproblemen daarbij niet of nauwelijks nog optreden, maar bij andere toepassingen kan dit dus wel een probleem zijn.
- De zeggingskracht van het LMS en NRM neemt af naarmate de maatregelen op lagere orde wegen worden genomen.
- Plausibiliteit van de uitkomsten: QBLOK heeft veel invoer en de doorvoer bestaat uit een aaneenschakeling van een heleboel stappen die op basis van de documentatie moeilijk te doorgronden zijn maar op zich wel logisch lijken. Door de veelheid en complexiteit van die stappen is niet goed te voorzien in hoeverre dit realistisch uitkomsten oplevert. Testen van de filemodellering op kleine netwerken laten plausibele resultaten zien. Dat files op kleine netwerken goed kunnen worden gereproduceerd, betekent echter niet automatisch dat het model zich ook goed gedraagt in andere omstandigheden. De uitkomsten van het model op landelijk en NRM-niveau worden hieronder verder toegelicht.

Hieronder volgt een onderbouwing van de bovenstaande conclusie op basis van constatering omtrent de intensiteiten, reistijden, snelheden en filelocaties.

S.4.2.1 *Intensiteiten*

De belangrijkste bevindingen ten aanzien van intensiteiten zijn:

- Over het algemeen komen de berekende intensiteiten op het hoofdwegennetwerk goed overeen met de telcijfers. De vergelijking betreft hier de 'werkelijke' intensiteit en dus niet de 'wensintensiteit'. In de ochtendspits voldoet globaal 80% van de geselecteerde wegvakken aan het gestelde criterium ($T\text{-waarde} < 3,5$)¹. De T-waarde geeft de afwijking weer tussen de toedeling en de telwaarde. De avondspits scoort nog beter. Opvallend is echter dat bij de relatief hogere etmaalintensiteiten grotere afwijkingen ten opzichte van de tellingen optreden. Dit leidt tot de hypothese dat naarmate er meer congestie is de afwijkingen ten opzichte van de tellingen groter wordt.
- Ten aanzien van de intensiteiten is in 'LMS/NRM kwaliteit' (4Cast, 2010) nog een aantal toetsen uitgevoerd. Veel van die toetsen voldoen niet aan de criteria

¹ $T\text{-waarde} = \ln\left(\frac{(\text{toedeling} - \text{telwaarde})^2}{\text{telwaarde}}\right)$

die in datzelfde rapport zijn gesteld. Op basis van het rapport kan worden geconcludeerd dat:

- Er wegvakken zijn met een grote asymmetrie in de netwerkbelasting op etmaalniveau.
- Bij de hoogste intensiteitsklassen in het LMS, het NRM Noord en het NRM Zuid te veel extreme spitsrichtingen voorkomen (te hoog aandeel van een rijrichting in de omvang van de toegedeelde belastingen over de dwarsdoorsnede).
- Het LMS en de NRM's te veel onbelaste wegvakken hebben en te veel wegvakken een spits/restdag verhouding hebben die buiten het betrouwbaarheidsinterval is gelegen.
- Er te veel op- en afritten en overgangsbogen zijn die niet, nauwelijks of alleen in bepaalde dagdelen worden gebruikt.
- Er is onvoldoende materiaal beschikbaar om de intensiteiten op het onderliggende wegennetwerk te kunnen toetsen.

S.4.2.2 *Reistijden, snelheden en congestie-uren*

De belangrijkste bevindingen ten aanzien van de reistijden en snelheden uit het NRM-west (binnen het studiegebied) op de NoMo-trajecten (trajecten met een gemiddelde lengte van ongeveer 20 km) van het hoofdwegennetwerk zijn:

- Over het algemeen kloppen de gemodelleerde reistijden redelijk met de reistijden die op basis van data bepaald zijn. Dit ondanks het feit dat er (kleine) verschillen zijn in de lengtes van de gemodelleerde en gemeten trajecten. Er zijn echter op sommige trajecten ook hele grote afwijkingen zichtbaar. Dit betekent dat op sommige trajecten de congestie sterk wordt onder- of overschat. Hieronder is de absolute afwijking tussen de modelsnelheid en de gemeten snelheid weergegeven voor de ochtendspits (en tussen haakjes de avondspits):
 - 45% (48%) van de trajecten een absolute afwijking die kleiner is dan 10%;
 - 75% (67%) van de trajecten een absolute afwijking die kleiner is dan 20% (inclusief de trajecten met een afwijking kleiner dan 10%);
 - 98% (88%) van de trajecten een absolute afwijking die kleiner is dan 50%;
 - 98% (97%) van de trajecten een absolute afwijking die kleiner is dan 75%;
 - 100% (98%) van de trajecten een absolute afwijking die kleiner is dan 100%.

Dit duidt er op dat de kwaliteit van de reistijdenvoorspelling van het LMS en NRM bepaald wordt door lokale omstandigheden. Mogelijke oorzaken zijn de kwaliteit van de netwerkinvoer, de kwaliteit van de kalibratie (HB-matrices) en de nauwkeurigheid van de filemodellering, Daarbij speelt mee dat QBLOK behoorlijk gevoelig is voor een juiste invoer. Bij modeltoepassingen zal dus eerst een uitgebreide check uitgevoerd moeten worden op de validiteit van de modeluitkomsten voor het basisjaar. Mogelijk moet de invoer dan aangepast worden.

- Een vergelijk van het totaal aantal voertuigverliesuren (VVU) dat berekend is met de vier NRM's en het LMS laat een vreemd beeld zien. Bij het NRM Oost en Zuid is de omvang van het totaal aantal VVU onderling vergelijkbaar maar opmerkelijk is hier dat bij beiden de ochtendspits zwaarder is dan de avondspits. Dit wijkt af van het NRM Noord en West en het LMS. Het meest opvallend is dat van de vier NRM's het aantal voertuigverliesuren in het NRM West het laagst is, terwijl daar juist in praktijk de files staan. Een kanttekening

hierbij is dat de omvang van de congestie-uren uiteraard niet gelijk hoeft te zijn bij de verschillende NRM's en het LMS omdat ze andere gebieden modelleren van een verschillende omvang. Bovendien is de netwerk - detaillering van elk NRM in het eigen studiegebied het grootst en daarbuiten minder.

De reistijden op het onderliggend wegennetwerk zijn niet goed te toetsen, omdat hier geen gegevens over beschikbaar zijn. De reistijden op het onderliggend wegennetwerk zijn van belang omdat deze mede bepalend zijn voor de verdeling van het verkeer over routes via het hoofdwegennetwerk en het onderliggend wegennetwerk. Het effect van maatregelen wordt hier mede door bepaald. Daarnaast draagt de reistijd op het onderliggend wegennetwerk bij aan de totale reistijd en is daarmee direct van invloed op de uitkomsten voor KBA's, maar ook op de vervoerwijzekeuze, bestemmingskeuze etcetera.

S.4.2.3 *Filelocaties*

De belangrijkste conclusies ten aanzien van de filelocaties zijn:

- Alle files uit de top 10 met uitzondering van de A9 Ouderkerk – kp Holendrecht komen terug in de modelresultaten, maar in de exacte locatie, de lengte van de file en de zwaarte van de file zijn wel verschillen te zien.
- Een groot deel van de gemodelleerde zwaarste en langste files in de ochtendspits en avondspits staat niet in de filetop 10.
- In het NRM-west staan 'vreemde files rond Den Bosch'. Dit is weliswaar buiten het studiegebied maar nog wel in het invloedsgebied.
- Het LMS en NRM-West laten een behoorlijk consistent filebeeld zien binnen het studiegebied van het NRM-West voor zowel de ochtendspits als avondspits. Op sommige locaties zoals de A1 kp Diemen – Muiden zijn echter wel duidelijke verschillen te zien.
- In het studiegebied van het NRM-west en het LMS komt te veel extreme congestie in de restdag voor. Buiten het studiegebied geldt dat juist voor het NRM-Noord, het NRM-Oost en het NRM-west. Dit laatste is logisch omdat congestie juist in de Randstad voorkomt.
- Het kaartmateriaal en vergelijkingsmateriaal is niet gedetailleerd genoeg om de filemodellering op het onderliggend wegennetwerk te kunnen toetsen.

S.4.2.4 *Modelgevoeligheid*

De meeste toetsen op de robuustheid en gevoeligheid van QBLOK laten een plausibel beeld zien. Hierbij zijn echter wel een paar belangrijke aandachtspunten naar voren gekomen:

- Kleine veranderingen in de invoer kunnen op gelijkwaardige routes snel tot verschuivingen in routekeuze leiden.
- QBLOK is gevoelig voor de netwerkinvoer. Kleine variaties in capaciteiten, maximumsnelheden etc. kunnen tot grote lokale veranderingen leiden qua filebeeld en reistijden.
- Bij 50 iteraties is de toedeling nog niet altijd in voldoende mate geconvergeerd. In totale reistijd en het aantal file-uren is de verandering tussen 50 en 1.000 iteraties minder dan 1%. De verandering in linkintensiteiten neemt pas af na 100 iteraties. Standaard worden 50 iteraties uitgevoerd. Voor kostenbatenanalyses worden echter 100 iteraties uitgevoerd.

Bovenstaande bevindingen leiden er toe dat op wegvakniveau de intensiteiten kunnen variëren met een paar honderd voertuigen als gevolg van

onnauwkeurigheden in de modelresultaten. Op snelwegen is dit een paar procent, maar op onderliggende wegen is de potentiële procentuele afwijking groter.

S.4.3 *Matrixkalibratie*

Het kalibratieproces van de basismatrices voor personenauto en vrachtauto voor het LMS en NRM kan worden gekenschetst als een uniek en complex project. De manier waarop het is georganiseerd heeft geleid tot een consistent proces voor de kalibratie van 5 modellen (LMS en 4 NRM's). De individuele matrixkalibraties sluiten zeker aan op de state-of-practice en de state-of-art, de combinatie van de projecten gaat verder dan state-of-practice.

Bij de analyse van het matrixkalibratieproces is naast een aantal kleine verbeterpunten een drietal punten gevonden die extra aandacht vragen:

- De verrijksfase voor de a-priorimatrix vrachtauto. In deze fase 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 de betrouwbaarheid van de basismatrices voor 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.

S.5 **Conclusies Fase 2**

S.5.1 *Algemeen*

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. Dit betreft o.a. de nieuwe onderdelen voor reizen van en naar Schiphol en grensoverschrijdend autoverkeer, de splitsing van langzaam verkeer in fietsen en lopen apart en de uitbreiding van het aantal zones in het LMS. Daarnaast leidt het toevoegen van bereikbaarheid als verklarende factor aan (sommige van) de bereikbaarheidsmodellen dat veranderingen hierin nu ook een effect hebben op de omvang van het aantal gemaakte reizen in plaats van alleen op de afgelegde kilometers. Het integreren van het dagdeelkeuzemodel (voor autobestuurders) en het voor- natransport x stations x treinkeuzemodel (voor treinreizigers) met het vervoerwijze x bestemmingmodel leidt er toe dat er één samenhangende (deels

geneste) set van keuzes ontstaat, wat beter aansluit bij de wijze waarop in de praktijk mobiliteitskeuzes worden gemaakt.

S.5.2 *Vraagmodellering*

De wijze waarop het keuzeproces in het LMS is gemodelleerd gaat 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 automobilititeit (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.

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, die in de ontwikkeling van het LMS2011 zijn gemaakt ten aanzien van de wijze waarop de kostenfunctie is vormgegeven, de veronderstelde nestingvolgorde in de keuzebomen 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.

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.

S.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 toedelingmodel 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 toedelingmodellen 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.

S.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 deelperiodes binnen elk model. Personenautomatrices en vrachtmatrices zijn in onderling samenhang gekalibreerd.

Een belangrijk doel bij kalibratiemethodiek is ook de consistentie tussen de a-priorimatrices en de gekalibreerde matrices. 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 basismatrices. 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 matrices. Aangezien bij prognosestudies eventuele lokale verschillen tussen a priori- en basismatrices kunnen worden uitvergroot, vraagt dit aspect extra aandacht.

S.6 Vervolg

In fase 3 van de audit vindt de toets op "fit-for-purpose" van het LMS/NRM 2011 plaats. Hierin wordt gekeken in hoeverre met de geaudite versie van het LMS/NRM 2011 de effecten van de vereiste algemene ontwikkelingen en beleidsaspecten in voldoende mate plausibel, nauwkeurig en gedetailleerd bepaald kunnen worden.

1 Inleiding

Doel stap 2

Het doel van deze stap is om inzicht te verkrijgen in de kenmerken van de modelstructuur en de afzonderlijke modules met een toets op 'state of the art'. Deze stap is daarnaast input voor de toetsing op 'fit for purpose' in stap 3.

Aanpak

In stap 2 wordt op hoofdlijnen de volgende aanpak gevolgd voor de modules die uitgebreid of gedeeltelijk worden beoordeeld en het modelsysteem als geheel:

- Bestuderen van de technische documentatie van het LMS/NRM en het schattingsrapport met elasticiteiten (gevoeligheden).
- Bestuderen van andere door DVS aangeleverd relevant materiaal.
- Gesprek(ken) voeren met de modelbouwers van DVS, Significance en 4Cast.
- Verzamelen van literatuur en theorievorming over de verwachte modelreacties/elasticiteiten.
- Analyseren van de modelreacties/elasticiteiten op basis van beschikbare modelruns.
- Bestuderen van 'state of the art' en een verkenning van de mate van toepassing daarvan in een selectie van andere vergelijkbare landelijke en regionale modelsystemen
- Toetsing wetenschappelijke kwaliteit

Proces

Stap 2 wordt uitgevoerd in de volgende processtappen:

- Vaststellen aanpak in overleg met opdrachtgever.
- Uitvoering Analyse.
- Opstellen discussienota waarin vragen zijn opgenomen die betrekking hebben op onduidelijkheden in de literatuur en eventueel gewenste aanvullende inzichten. Deze worden besproken met de opdrachtgever en de bij het LMS en NRM betrokken modelontwikkelaars. Op basis daarvan wordt een tussenrapportage opgesteld mogelijk met wensen voor aanvullend onderzoek².
- Peer review resultaten binnen het projectteam.
- Formuleren voorlopig resultaat en conclusies, in combinatie met uitvoeren risicotoets.
- Bespreken voorlopig resultaat en risicotoets met opdrachtgever.
- Verwerking uitkomsten overleg opdrachtgever in resultaten, verantwoording hoe met commentaar opdrachtgever is omgegaan, en eventueel het opstellen van risicobeheersingmaatregelen.

Relatie met stap 1 en stap 3

In stap 1 zijn de beleidsdoelen vertaald naar een toetsingskader. In stap 2 zal voor de (relevante) modules van het LMS/NRM worden bepaald wat de kenmerken daarvan zijn zodat in stap 3 de toets uitgevoerd kan worden met betrekking tot hoe deze modules scoren ten aanzien van compleetheid, plausibiliteit, nauwkeurigheid en gedetailleerdheid ("fit for purpose").

Dit rapport*Opzet*

Stap 2 is in een tweetal onderdelen uitgesplitst. Stap 2.1 geeft de bevindingen naar aanleiding van het bestuderen van de LMS documentatie (hoofdstuk 2). Stap 2.2 geeft de bevindingen met betrekking tot "state of the practice" en "state of the art" (hoofdstuk 3).

Status van dit rapport

Dit rapport moet grotendeels als een "fase verslag" worden gezien. Het beschrijft, met name in fase 2.1, in een grote mate van detail de bevindingen op basis van het bestuderen van de LMS documentatie en de aandachtspunten die daaruit naar voren zijn gekomen.

Deze aandachtspunten zijn door het auditteam geconstateerde modelmatige keuzes of uitwerkingen daarvan in de verschillende modules die mogelijk effect kunnen hebben op een goede werking van het gehele systeem. De "vertaalslag" op een hoger niveau naar "fit for purpose" en eventuele aanbevelingen voor (toekomstige) verbeteringen worden gemaakt na uitvoering van fase 3 en zullen beschreven worden in het eindrapport over de gehele audit.

2 Stap 2.1: Beschrijving LMS/NRM

2.1 Inleiding

2.1.1 Aanpak

De beschrijving van de werking van het LMS/NRM 2011 is gebaseerd op de door DVS beschikbaar gestelde documentatie:

- Systeemdokumentatie.
- Schatting- en herijkingdocumentatie.
- Netwerkdokumentatie.
- Kalibratiedokumentatie.

Daarnaast zijn gesprekken met modelontwikkelaars gevoerd om onduidelijkheden in de documentatie te bespreken en om meer informatie te verkrijgen over de wijze waarop het LMS/NRM 2011 tot stand is gekomen. Er zijn gesprekken gevoerd met Rik van Grol en Marits Pieters van Significance, Dick bakker van 4Cast, Jaap van Toorenborg van Transpute en Remko Smit van DVS.

De versie van het LMS/NRM die geaudit wordt betreft de versie *na* de zogenaamde "herijkingfase". In deze fase is nog een groot aantal alternatieve specificaties van met name de wijze waarop (auto)kosten in het LMS/NRM zijn opgenomen onderzocht. Reden hiervoor was dat in de LMS/NRM versie die op dat moment gereed was de elasticiteiten voor autokosten buiten de in de (inter)nationale literatuur genoemde ranges vielen. Naar aanleiding hiervan is nog een aantal specificaties herschat en/of aangepast.

Hoewel de audit dus betrekking heeft op de versie *na* de herijkingfase wordt in de volgende (sub)paragrafen soms ook aandacht besteed aan het proces waarop die versie tot stand is gekomen, aangezien dit meer inzicht kan geven in de redenen voor bepaalde keuzes die gemaakt zijn in de te auditen versie.

2.1.2 Dit hoofdstuk

In paragraaf 2.2 wordt op hoofdlijnen de kenmerken van het LMS/NRM 2011 beschreven. Het gaat hierbij om het beantwoorden van vragen als:

- Hoe ziet het LMS/NRM er op hoofdlijnen uit?
- Welke variabelen zitten er in om de beleidsvragen (van stap 1) te kunnen beantwoorden / hoe zijn beleidsvragen vertaald naar variabelen?
- Hoe zitten die variabelen erin (o.a. endogeen, exogeen, direct gespecificeerd door gebruiker (*invoer*) of na bewerkingen in het model (*doorvoer*)?)
- Welke terugkoppelmechanismen zitten in het model?

Paragraaf 2.3 gaat vervolgens in op de wijze waarop de inhoudelijke (keuze)modulen van het LMS/NRM zijn gespecificeerd en geschat. Hierbij wordt tevens vermeld welke bevindingen en/of aandachtspunten er bij de bestudering van de systeem, schattings en herijkingdocumentatie naar voren zijn gekomen met betrekking tot de wijze waarop doorrekeningen plaatsvinden. De netwerkmodellering (QBLOK) komt in paragraaf 2.4 aan bod en de kalibratie van onderdelen van het LMS/NRM in paragraaf 2.5. Paragraaf 2.6 gaat in op de output van het LMS/NRM en paragraaf 2.7 op de elasticiteiten en VoT waarden in het

groeimodel. Paragraaf 2.8 gaat ten slotte in op de uitkomsten van de netwerkmodellering.

2.2 Algemene modelspecificatie

2.2.1 Algemene uitgangspunten LMS/NRM 2011

In het LMS/NRM gelden de volgende algemene uitgangspunten:

- Naast het landelijke LMS bevat het totale systeem vier NRM's, dit zijn regionale modellen. Alle vijf modellen maken gebruik van hetzelfde groeimodel (zie o.a. paragraaf 2.2.6). Wel verschillende de aantallen zones en netwerklinks, en de basismatrices waarop het groeimodel wordt toegepast. De NRM's kunnen gezien worden als regionale verfijningen van het LMS:
 - LMS (\pm 1.600 zones, 74.000 links, 1.800 telpunten)
 - NRM Noord (\pm 2.900 zones, 100.000 links, 1.900 telpunten)
 - NRM Oost (\pm 2.600 zones, 106.000 links, 2.300 telpunten)
 - NRM Zuid (\pm 3.500 zones, 130.000 links, 2.900 telpunten)
 - NRM Randstad (\pm 3.200 zones, 120.000 links, 2.300 telpunten)
- Middels de zogenaamde "pivot" methode worden in het groeimodel groeifactoren bepaald die de ontwikkeling in het zichtjaar weergeven ten opzichte van het basisjaar. Deze groeifactoren worden toegepast op de basismatrices om zodoende de mobiliteit in het zichtjaar te verkrijgen.
- In het LMS/NRM wordt uitgegaan van **tours**, dit zijn reizen waarvan het eindpunt gelijk is aan het vertrekpunt. Een tour bestaat bijvoorbeeld uit een reis van huis naar het werk en weer terug naar huis.
- Alle berekeningen en uitkomsten zijn op basis van een **gemiddelde werkdag**. Mobiliteit op weekend- en feestdagen wordt niet gemodelleerd.
- **Wensvraag**. In het LMS/NRM wordt verondersteld dat een deel van het autoverkeer dat in de schouders van de spits reist eigenlijk in de spits zelf zou willen reizen. Het verkeer dat op basis van de dagdeelkeuze in de schouders terechtkomt wordt daarom voor een deel alsnog toegekend aan de spitsperioden bij de vaststelling van de spitsmatrices. Vervolgens wordt in de toedeling zichtbaar welk deel daadwerkelijk in de spits kan worden afgewikkeld.
- Het basisjaar van het LMS/NRM is **2004**.
- Berekeningen voor het **zichtjaar** worden ineens bepaald, er vinden geen jaar-tot-jaar berekeningen plaats.
- In het LMS/NRM 2011 worden, anders dan in de vorige versie van het LMS/NRM, in principe alleen **lange termijn effecten** bepaald. Dit is mede het gevolg van wijzigingen in de nestingvolgorde in de vraagmodellering.
- Afstanden voor **langzaam verkeer** (lopen en fietsen) zijn gebaseerd op het autonetwerk.
- Voor de modellering van **BTM** worden weerstandsmatrices als invoer gebruikt. Deze matrices zijn gebaseerd op netwerkgegevens van NEA. Voor de trein wordt gebruik gemaakt van de netwerkspecificatie die door NS/ProRail wordt aangeleverd (TPI-bestanden). In het Groeimodel wordt wel een pivot uitgevoerd op de NS-stationsrelatiematrices.

2.2.2 *Veranderingen in het LMS/NRM 2011*

Ten opzichte van de vorige versie van het LMS/NRM is in aantal veranderingen doorgevoerd:

- Nieuw basisjaar 2004.
- Herschatten/verbeteren (keuze) modellen met nieuwe data.
- Uitbreiding aantal zones.
- Splitsing langzaam verkeer in lopen en fietsen.
- Toevoegen van bereikbaarheid als verklarende variabele aan het toerfrequentiemodel van SES.
- Integraal vervoerswijzekeuze x bestemmingskeuze x periodekeuze model in SES.
- Verbeterd en geactualiseerd model voor de toedeling van het autoverkeer (QBLOK).
- Autonetwerk gebaseerd op en koppelbaar aan het Nationaal Wegen Bestand (NWB).
- Het principe van wensvraag.
- Nieuwe specificatie van het "stationsmodel", aparte submodellen voor voor/natransportkeuze x stationskeuze x treinkeuze.
- Nieuwe module voor reizen van en naar Schiphol (AIRACC).
- Nieuwe module voor grensoverschrijdende autoreizen (FOREIGN).
- Nieuwe module voor de ruimtelijke verdeling van het autobezit.
- Veranderde wijze van rekening houden met reiskostenvergoedingen en inkomensgroei in kostenfunctie.
- Gedetailleerde(re) interne calculaties (o.a. dagdelen).

2.2.3 *Gebruikersinvoer*

De gebruiker kan via de zogenaamde "Schil" zelf een groot aantal instellingen kiezen waarmee berekeningen moeten worden uitgevoerd. O.a. de volgende zaken kunnen worden gespecificeerd:

- Keuze voor een LMS berekening of een berekening voor één van de vier NRM's.
- Paden naar specifieke invoerbestanden, o.a.:
 - Basismatrices.
 - Vrachtmatrices.
 - Bereikbaarheidskwaliteit voor trein, BTM en langzaam verkeer.
- Keuze voor een berekening voor het basisjaar of het prognosejaar (dit laatste kan alleen nadat het basisjaar is gerund).
- Beleidsuitgangspunten die gebruikt worden voor de scenario-instellingen, o.a.:
 - Rijbewijsbezit.
 - Autobezit.
 - Index grensoverschrijdend verkeer.
- Beleidsinstellingen voor het prognosejaar:
 - Index vaste autokosten.
 - Index brandstofkosten per kilometer.
 - Index overige variabelen autokosten.
 - Heffing personenverkeer in Euro/km.
 - Heffing vrachtverkeer in Euro/km.
 - Index treinkosten woon-werk.
 - Index treinkosten overig.
 - Index BTM kosten.

- Projectkenmerken, o.a.:
 - Een groot aantal kenmerken van het autonetwerk.
 - Werkgeversvergoedingen.
 - Stationsdata.
 - Luchthavendata.

2.2.4 *Vervoerwijzen, motieven en dagdelen*

In het LMS/NRM 2011 worden modelmatig uitkomsten bepaald voor de volgende vervoerwijzen:

- Autobestuurder.
- Autopassagier.
- Bus/Tram/Metro (BTM).
- Trein.
- Fietsen.
- Lopen.

Vrachtverkeer wordt niet expliciet gemodelleerd, maar wordt extern bepaald. De omvang van het vrachtverkeer bepaalt overigens wel mede de bereikbaarheid op het autonetwerk.

In het LMS/NRM wordt een tiental motieven onderscheiden:

- 5 woninggebonden reismotieven:
 - Woon-werk.
 - Woninggebonden zakelijk.
 - Woninggebonden onderwijs.
 - Woninggebonden winkelen.
 - Woninggebonden overig.
- 2 werkgebonden reismotieven:
 - Werkgebonden zakelijk.
 - Werkgebonden niet zakelijk.
- 3 motieven voor kinderen jonger dan 12 jaar (alle overige motieven gelden in principe voor 12 jaar en ouder):
 - Onderwijs
 - Winkelen
 - Overig

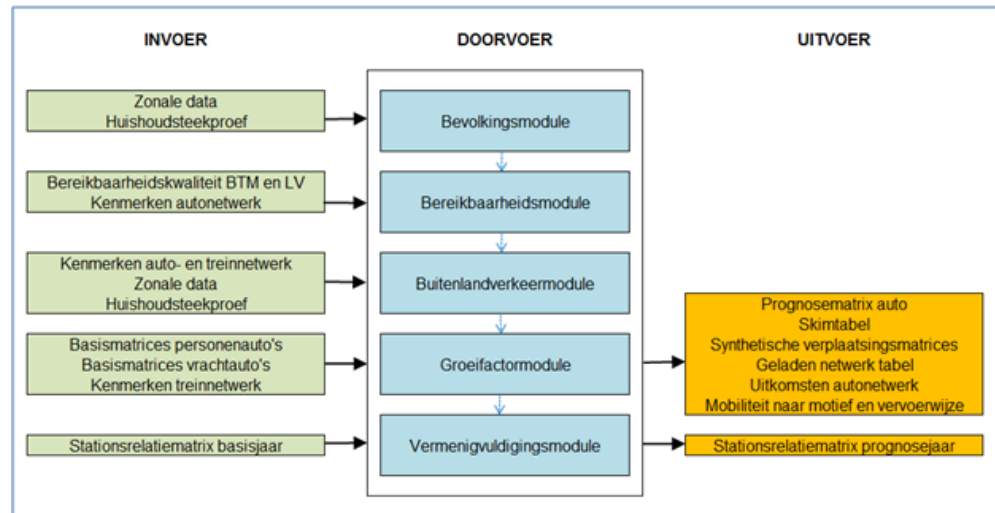
Ten slotte worden voor de vervoerwijze autobestuurder, trein en BTM in de output steeds 3 dagdelen onderscheiden:

- Ochtendspits (7:00-9:00 uur).
- Avondspits (16:00-18:00 uur).
- Rest dag.

Voor lopen en fietsen worden resultaten op etmaalniveau weggeschreven. Binnen sommige modules wordt echter soms met meer motieven en/of vervoerwijzen en/of dagdelen gerekend, deze worden dan weer geaggregeerd bij de doorvoer en uitvoer.

2.2.5 *Het LMS/NRM schematisch op hoofdlijnen*

Figuur 2.1 geeft een schematisch overzicht van de wijze waarop het LMS/NRM 2011² in grote lijnen werkt. Weergegeven is van welke invoer het model gebruik maakt en welke uitvoer geproduceerd wordt. Hier tussenin zitten de inhoudelijke modules, waarin de doorvoer van gegevens plaatsvindt na modelmatige bewerkingen.



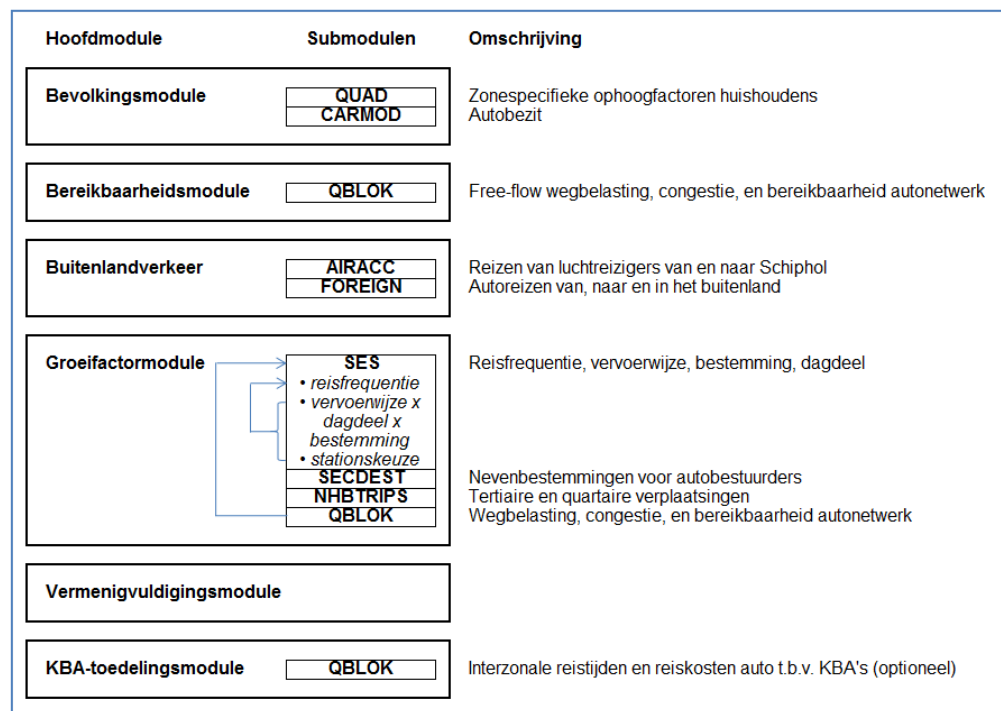
Figuur 2.1: Overzicht In-, door- en uitvoer LMS/NRM

2.2.6 *Het LMS groeimodel*

Figuur 2.2 geeft een overzicht van de verschillende onderdelen binnen het "hart" van het LMS, het groeimodel. In deze figuur zijn alleen de inhoudelijke modules waarvoor (keuze)modellen worden gebruikt weergegeven. Verwerkingsmodules zijn hier niet in opgenomen³. De verschillende modules komen verder in deze rapportage uitgebreider aan bod.

² Vanaf hier vaak kortweg LMS 2011 genoemd.

³ Dit betreft de modules INTRALOS, MATPROC, PIVOT, INTRALOS, SKIMTAB, LOADNET.



Figuur 2.2: Structuur groeimodel op hoofdlijnen

Binnen de groefactormodule zitten twee terugkoppelingen. Op basis van de in de modules SES, SECDEST en NHBTRIPS bepaalde vervoerwijzen, bestemmingen, dagdelen en reisfrequenties wordt in de module QBLOK de wegbelasting, congestie en bereikbaarheid (her)berekend. Ten gevolge hiervan kunnen de uitkomsten in SES, SECDEST en NHBTRIPS weer veranderen, enz. Merk op dat de modules AIRACC en FOREIGN buiten deze terugkoppeling vallen. Omdat de bereikbaarheid invloed kan hebben op de reisfrequentie is binnen de module SES eveneens een terugkoppeling gerealiseerd tussen de submodules voor de vervoers-, bestemmings-, en periodekeuze en de reisfrequentie.

2.2.7 *Beleid in het groeimodel*

In het toetsingskader van stap 1 van de audit is vastgesteld voor welke exogene ontwikkelingen (1) en beleidsfactoren (2) het LMS/NRM gevoelig zou moeten zijn. Dit betreft:

- 1a. Demografische ontwikkelingen
 - Omvang en samenstelling bevolking naar leeftijdscategorieën en aantal huishoudens
- 1b. Ruimtelijke ontwikkelingen
 - Ruimtelijke spreiding bevolking
 - Omvang en ruimtelijke spreiding beroepsbevolking
 - Omvang en ruimtelijke spreiding studenten HBO en WO
- 1c. Economie en welvaart
 - Omvang en ruimtelijke spreiding werkgelegenheid in aantal economische sectoren
 - Inkomen
- 1d. Prijsontwikkelingen
 - Landelijk autobezit en autokosten per kilometer
 - Parkeertarieven

- Treintarieven
- Tarieven bus, tram en metrovervoer
- 1e. interveniërende transportmarkten
 - Goederenvervoer
 - Aantal luchtreizigers
 - Internationaal personenautoverkeer
- 2. Generiek beleid bereikbaarheid
 - Compleet bouwprogramma van nieuwe infrastructuur
 - Effecten verkeersmanagementmaatregelen op strategisch niveau
 - Generieke verbeteringen trein
 - Generieke verbeteringen BTM
 - Beprijzen

In onderstaande tabellen staat per beleidsonderdeel aangegeven welke (sub)modulen van het LMS relevant zijn voor de raming van de effecten van de genoemde beleidsaspecten, en op welke wijze (direct via (gebruikers)invoer of indirect als doorvoer uit een andere module). Naast invoerbestanden die door de gebruiker aangepast kunnen worden zijn er systeembestanden waarin vaste gegevens zijn opgenomen.

Gezien het grote aantal variabelen dat hierbij een rol speelt staat het gedetailleerde overzicht op variabelenniveau vermeld in bijlage A. Bijlage B geeft het overzicht per (sub)module van de invoervariabelen waarvan gebruik gemaakt wordt, dus ook de variabelen die geen (direct) verband hebben met de beleidsonderdelen. Het effect op de uitvoer van het groeimodel komt later aan bod.

Tabel 2.1: Omvang en samenstelling bevolking naar leeftijdscategorieën en aantal huishoudens (1a)

Effect op	Omschrijving	Invoer vanuit		
AIRACC	Tours van luchtreizigers van en naar Schiphol	Invoerbestand		
CARMOD	Verdeling auto's over huishoudtypen en zones	Invoerbestand	Systeemdata	QUAD
FOREIGN	Verdeling auto's van, naar en in het buitenland	Invoerbestand		
NHBTRIPS	Tertiaire en quartaire verplaatsingen	Invoerbestand		
QUAD	Zonespecifieke ophoogfactoren en reistijdwaardering	Invoerbestand	Systeemdata	
SECDEST	Nevenbestemmingen voor autobestuurders	Invoerbestand		
SES	Reisfrequentie, vervoerwijze, bestemming en dagdeel	Invoerbestand	Systeemdata	QUAD

Tabel 2.2: Ruimtelijke spreiding bevolking (1b)

Effect op	Omschrijving	Invoer vanuit		
AIRACC	Tours van luchtreizigers van en naar Schiphol	Invoerbestand		
CARMOD	Verdeling auto's over huishoudtypen en zones	Invoerbestand	QUAD	
NHBTRIPS	Tertiaire en quartaire verplaatsingen	Invoerbestand		
QUAD	Zonespecifieke ophoogfactoren en reistijdwaardering	Invoerbestand	Systeemdata	
SECDEST	Nevenbestemmingen voor autobestuurders	Invoerbestand		
SES	Reisfrequentie, vervoerwijze, bestemming en dagdeel	Invoerbestand	QUAD	

Tabel 2.3: Omvang en ruimtelijke spreiding beroepsbevolking (1b)

Effect op	Omschrijving	Invoer vanuit		
AIRACC	Tours van luchtreizigers van en naar Schiphol	Invoerbestand		
CARMOD	Verdeling auto's over huishoudtypen en zones	Invoerbestand	Systeemdata	
FOREIGN	Verdeling auto's van, naar en in het buitenland	Invoerbestand		
NHBTRIPS	Tertiaire en quartaire verplaatsingen	Invoerbestand		
SECDEST	Nevenbestemmingen voor autobestuurders	Invoerbestand		
SES	Reisfrequentie, vervoerwijze, bestemming en dagdeel	Invoerbestand	Systeemdata	

Tabel 2.4: Omvang en ruimtelijke spreiding studenten HBO en WO (1b)

Effect op	Omschrijving	Invoer vanuit		
SES	Reisfrequentie, vervoerwijze, bestemming en dagdeel	Invoerbestand	Systeemdata	

Tabel 2.5: Omvang en ruimtelijke spreiding werkgelegenheid in aantal economische sectoren (1c)

Effect op	Omschrijving	Invoer vanuit		
AIRACC	Tours van luchtreizigers van en naar Schiphol	Invoerbestand		
CARMOD	Verdeling auto's over huishoudtypen en zones	Invoerbestand		
NHBTRIPS	Tertiaire en quartaire verplaatsingen	Invoerbestand		
SECDEST	Nevenbestemmingen voor autobestuurders	Invoerbestand		
SES	Reisfrequentie, vervoerwijze, bestemming en dagdeel	Invoerbestand		

Tabel 2.5b: Inkomen (1c)

Effect op	Omschrijving	Invoer vanuit		
CARMOD	Verdeling auto's over huishoudtypen	Systeemdata	QUAD	
QUAD	Zonespecifieke ophoogfactoren en reistijdwaardering	Systeemdata		
SES	Reisfrequentie, vervoerwijze, bestemming en dagdeel	Systeemdata	QUAD	

Tabel 2.6: Landelijk autobezit en autokosten per kilometer (1d)

Effect op	Omschrijving	Invoer vanuit		
AIRACC	Tours van luchtreizigers van en naar Schiphol	QBLOK		
CARMOD	Verdeling auto's over huishoudtypen en zones	Invoerbestand		
NHBTRIPS	Tertiaire en quartaire verplaatsingen	QBLOK		
QBLOK	Wegbelasting, congestie, en bereikbaarheid in het netwerk	Invoerbestand		
SECDEST	Nevenbestemmingen voor autobestuurders	QBLOK		
SES	Reisfrequentie, vervoerwijze, bestemming en dagdeel	Invoerbestand	CARMOD	

Tabel 2.7: Parkeertarieven (1d)

Effect op	Omschrijving	Invoer vanuit		
CARMOD	Verdeling auto's over huishoudtypen en zones	Invoerbestand		
SES	Reisfrequentie, vervoerwijze, bestemming en dagdeel	Invoerbestand		

Tabel 2.8: Treintarieven (1d)

Effect op	Omschrijving	Invoer vanuit		
SES	Reisfrequentie, vervoerwijze, bestemming en dagdeel	Invoerbestand		

Tabel 2.9: Tarieven bus, tram en metrovervoer (1d)

Effect op	Omschrijving	Invoer vanuit		
SES	Reisfrequentie, vervoerwijze, bestemming en dagdeel	Invoerbestand		

Tabel 2.10: Goederenvervoer (1e)

Effect op	Omschrijving	Invoer vanuit		
PIVOT	Groefactoren en het aanmaken van prognosematrices	Invoerbestand		
QBLOK	Wegbelasting, congestie, en bereikbaarheid in het netwerk	PIVOT		

Tabel 2.11: Aantal luchtreizigers (1e)

Effect op	Omschrijving	Invoer vanuit		
AIRACC	Tours van luchtreizigers van en naar Schiphol	Invoerbestand		
SES	Reisfrequentie, vervoerwijze, bestemming en dagdeel	AIRACC		

Tabel 2.12: Internationaal personenautoverkeer (1e)

Effect op	Omschrijving	Invoer vanuit		
FOREIGN	Verdeling autotours van, naar en in het buitenland	Invoerbestand		
SES	Reisfrequentie, vervoerwijze, bestemming en dagdeel	FOREIGN		

Tabel 2.13: Compleet bouwprogramma van nieuwe infrastructuur (2)

Effect op	Omschrijving	Invoer vanuit		
QBLOK	Wegbelasting, congestie, en bereikbaarheid in het netwerk	Invoerbestand		
LOADNET	Tabellen van over de links geaggregeerde variabelen	QBLOK		
AIRACC	Tours van luchtreizigers van en naar Schiphol	QBLOK		
SES	Reisfrequentie, vervoerwijze, bestemming en dagdeel	QBLOK		
SKIMTAB	Aanmaken van een tabelbestand tbv toedeling	QBLOK		
NHBTRIPS	Tertiaire en quartaire reizen	QBLOK		
INTRALOS	Interzonale en intrazonale bereikbaarheidskwaliteit	QBLOK		

Tabel 2.14: Effecten verkeersmanagementmaatregelen op strategisch niveau (2)

Effect op	Omschrijving	Invoer vanuit		
QBLOK	Wegbelasting, congestie, en bereikbaarheid in het netwerk	Invoerbestand		

Tabel 2.15: Generieke verbeteringen trein (2)

Effect op	Omschrijving	Invoer vanuit		
AIRACC	Tours van luchtreizigers van en naar Schiphol	Invoerbestand		
SES	Reisfrequentie, vervoerwijze, bestemming en dagdeel	Invoerbestand		

Tabel 2.16: Generieke verbeteringen BTM (2)

Effect op	Omschrijving	Invoer vanuit		
AIRACC	Tours van luchtreizigers van en naar Schiphol	Invoerbestand		
SES	Reisfrequentie, vervoerwijze, bestemming en dagdeel	Invoerbestand		

Tabel 2.17: Beprijzen (2)

Effect op	Omschrijving	Invoer vanuit		
CARM OD	Verdeling auto's over huishoudtypen en zones	Invoerbestand		
NHBTRIPS	Tertiaire en quartaire verplaatsingen	QBLOK		
QBLOK	wegbelasting, congestie, en bereikbaarheid in het netwerk	Invoerbestand		
SECDEST	Nevenbestemmingen voor autobestuurders	QBLOK		
SES	Reisfrequentie, vervoerwijze, bestemming en dagdeel	Invoerbestand	CARM OD	

2.3 Vraagmodellering

2.3.1 Inleiding

In deze paragraaf komt de werking van de inhoudelijke modules van het groeimodel aan bod en de wijze waarop de onderliggende parameters zijn geschat of bepaald. De modules komen aan bod in de volgorde waarin ze in het groeimodel (voor de eerste keer) worden doorlopen. Uitzondering is de module QBLOK, deze wordt apart behandeld in paragraaf 2.4.

Modules waaraan modelschattingen ten grondslag liggen worden uitgebreid behandeld, andere modules slechts op hoofdlijnen. Verwerkingmodules (MATPROC, INTRALOS, SKIMTAB en LOADNET) blijven hier buiten beschouwing.

2.3.2 QUAD

Op basis van de a priori huishouddistributie (bron OVG: 2002/2003, dit is de "prototype steekproef"), zonale data en targetgemiddelden per huishoudcategorie (187 targets per zone) worden per zone ophoogfactoren bepaald waarna er herschaling plaatsvindt om er voor te zorgen dat de totale populatie de juiste omvang heeft.

Het doel van het programma QUAD is het bepalen van de zonespecifieke ophoogfactoren. Deze ophoogfactoren —voor iedere huishoudcategorie één— dienen voor het bepalen van de persoons- en huishoudkenmerken voor iedere zone.

Het programma QUAD is ingedeeld in drie sequentiële toepassingen: WELFARE, PRIOR en ZONAL. De eerste toepassing heeft als taak het bepalen van de welvaartsgroei (inkomensgroei per huishoudentype), de tweede toepassing bepaalt de landelijke huishoudverdeling, terwijl de derde toepassing de zonale targets bepaalt.

Er wordt onderscheid gemaakt tussen inkomensgroei, van een huishouden, die het gevolg is van verandering van het aantal werknemers, enerzijds, en algemene welvaartsgroei anderzijds. De eerste toepassing binnen QUAD bepaalt de algemene

welvaartsgroei. Dit gebeurt landelijk, op basis van demografische targets en targets voor het aantal werkers. De huishoudverdeling, uitvoer van deze QUAD-toepassing, wordt als basis gebruikt voor het berekenen van het gemiddelde gezinsinkomen. Vervolgens kan de index voor algemene welvaartsgroei bepaald worden, door dit inkomen te vergelijken met het inkomenstarget:

$$\text{Welvaart index (GWI)} = \text{Landelijk inkomenstarget} / \text{landelijk berekend inkomen}$$

De index voor algemene welvaartsgroei geeft aan hoeveel het gezinsinkomen stijgt, zonder dat de samenstelling van huishoudens verandert in termen van leeftijdsopbouw of aantal werkers. In de twee volgende QUAD-toepassingen wordt deze algemene welvaartsgroei op iedere huishoudcategorie toegepast.

2.3.3 CARMOD

Gegevens de huishoudverdeling is het doel van het programma CARMOD het bepalen van autobezitcoëfficiënten per huishoudentype en het autobezit per zone zodat de autobezittotalen consistent zijn met DYNAMO.

Het programma CARMOD geeft voor iedere zone binnen het GM:

- Het aantal huishoudens zonder auto;
- Het aantal huishoudens met één auto;
- Het aantal huishoudens met twee auto's;
- Het aantal huishoudens met meer dan twee auto's;
- Het totaal aantal auto's.

Op basis van sociaal-economische gegevens en de kosten van autobezit (een vast bedrag voor het bezitten van een auto, niet door de gebruiker te specificeren) wordt er voor iedere zone binnen het groeimodel de kans (middels een logit model) op autobezit per huishoudentype geschat. De constanten in de nutsfunctie voor elk alternatief worden (iteratief) zo aangepast dat het totale autobezit consistent is met Dynamo, voor het desbetreffende zichtjaar en toekomstscenario (één van de vier zogenaamde WLO (Welvaart en Leefomgeving) scenario's). Het totale autobezit en de aandelen huishoudens met 0, 1, 2 of meer dan 2 auto's is afkomstig van Dynamo en is invoer van de CARMOD module.

2.3.4 AIRACC

AIRACC heeft als doel de verdeling van het aantal reizen door luchtreizigers van en naar Schiphol te bepalen over de vervoerwijzen auto (halen/brengen, parkeren (incl. huurauto), taxi), trein, BTM (OV en hotelbus) en lopen.

Dit betreft dus zowel inkomend (Egress) als vertrekkend verkeer (Access). Voor acces reizigers wordt een vervoerwijze-herkomst-model geschat (de herkomst is de woonzone van huishoudens), voor egress reizigers een vervoerwijze-bestemmingskeuze-model.

Een aantal kenmerken/aandachtpunten van het model:

- Het totaal aantal reizen is invoer van de module. AIRACC berekent het totaal aantal reizen van en naar Schiphol dus niet, het berekent de verdeling van dit aantal naar herkomst en bestemmingszones en de bijbehorende vervoerwijzekeuze (waarvan alleen auto en trein uitvoer is).

- Geen tijdstipkeuze, het verkeer wordt over dagdelen verdeeld o.b.v. de (waargenomen) verdeling van vluchten over de dag.
- Voor de egress modellen zijn de bestemmingzones geclusterd tot gemeenten.
- Voor de terugreis (terug naar Schiphol of terug naar huis) worden de berekende reizen en vervoerwijzen gespiegeld.
- Er zijn aparte coëfficiënten voor zakelijke en overige motieven.
- De schattingen zijn gebaseerd op de volgende databronnen (alle 2004):
 - Schipholenquête
 - LOS data
 - Luchthaven concurrentiedata
 - Attractiedata
- Het programma AIRACC bepaalt op basis van een logit model voor 7 vervoerwijzen voor de motieven zakelijk en overig de reizen van en naar Schiphol per zone:
 - Park and Fly (inclusief huurauto);
 - Kiss and Ride (autopassagier);
 - Taxi;
 - BTM;
 - Trein;
 - Hotelbus;
 - Lopen (alleen bij egress, bijvoorbeeld naar omliggende hotels of conferentielocaties).
- De uitvoer bestaat enkel uit de reizen voor twee vervoerwijzen auto (parkeren + passagier + taxi) en trein.
- Bij halen/brengen en taxi wordt rekening gehouden met het feit dat de auto weer terug moet naar het herkomstpunt. Tevens wordt hierbij rekening gehouden met de gemiddelde bezettingsgraad. Voor taxi is het overigens maar de vraag in hoeverre altijd sprake is van dezelfde (terug)reis.
- Geen reiskosten, de vervoerwijzekeuze wordt volledig bepaald op basis van reistijd (plus de concurrentiemaat en alternatief-specifieke constanten). Bij het OV (bus en trein) wordt gebruik gemaakt van deur-tot-deur reistijden.
- Geen congestie, de reistijden zijn o.b.v. het free-flow autonetwerk, (zie ook figuur 2.2, de module AIRACC valt buiten de loop van QBLOK en SES en maakt uitsluitend gebruik van de eerste toepassing van QBLOK op basis van free-flow reistijden).
- Het model bevat geen huishouden- en persoonskarakteristieken.
- Geen parkeerkosten en geen parkeerbeperkingen.
- Alleen Schiphol, geen andere regionale luchthavens (hoewel de module daar in principe wel geschikt voor is). Wel wordt rekening gehouden met de concurrentiemaat van Schiphol t.o.v. andere luchthavens (regionaal en vlak over de grens), op basis van het totaal aantal reizigers per luchthaven (invoer) en de afstand per zone tot die luchthavens. Mogelijke consequentie hiervan is dat wanneer (bijvoorbeeld) het aantal reizigers naar een regionale luchthaven toeneemt (bijvoorbeeld Eindhoven of (door de baanverlenging) Eelde) ten koste van Schiphol, het extra verkeer naar die andere luchthavens daar niet terugkomt, maar wel verdwijnt uit AIRACC. Wel zal AIRACC dan leiden tot relatief meer verkeer uit zones dichtbij Schiphol (zones dichtbij andere, aantrekkelijker geworden luchthavens, zullen nu immers meer op die luchthaven(s) gericht zijn), en dus waarschijnlijk ook tot een andere vervoerwijzekeuze.

2.3.5 FOREIGN

FOREIGN heeft als doel om het verkeer dat per vervoerwijze auto de landsgrenzen verlaat (of binnenkomt) te bepalen, om zo een betere inschatting te krijgen van het verkeer op het Nederlandse netwerk. FOREIGN doet dat door met een vereenvoudigd productiemodel het aantal autoreizen per motief per binnen- en buitenlandse zone te bepalen en deze vervolgens met een eveneens vereenvoudigd bestemmingskeuzemodel over de bestemmingen te verdelen. De verdeling van het grensoverschrijdend verkeer naar de LMS/NRM zones wordt vervolgens als resultaat opgeleverd, plus de aandelen grensoverschrijdend autoverkeer per zone. Dit laatste wordt als invoer gebruikt bij de module SES.

Op basis van het MON2004/2005 (het OVG2002/2003 bevat minder gedetailleerde buitenlandbestemmingen) zijn per motief (werk, zakelijk, educatie, winkelen, overig) voor iedere zone tourrates bepaald voor reizen van Nederland naar het buitenland, uitgesplitst naar geslacht, bevolking of beroepsbevolking en/of leeftijdsklasse. Vervolgens is middels een logitmodel op basis van reistijden, intrazonale afstanden en dummies voor de landsgrenzen, de kans geschat dat iemand vanuit een bestemmingzones voor een bepaald motief een reis per auto maakt naar het buitenland (B of D).

Binnen de module SES wordt de totale reisproductie per auto vanuit en naar een zone gecorrigeerd voor buitenlandse reizen om zodoende de resterende binnenlandse reizen over te houden.

Een aantal kenmerken/aandachtpunten van het model:

- Reisfrequenties worden niet met keuzemodellen gemodelleerd. Het aantal autoreizen vanuit een herkomstzone wordt berekend door de bevolking uit deze zone per motief met een factor te vermenigvuldigen. Bij de bestemmingskeuze spelen de zonale gegevens van de bestemmingen geen rol.
- Autoreistijd op basis van free-flow reistijd.
- Er worden geen persoonlijke of huishoudkarakteristieken gemodelleerd. De bestemmingskeuze is wel afhankelijk van de bereikbaarheidskwaliteit (free-flow) en maakt gebruik van motiefspecifieke kenmerken.
- Er wordt geen time-of-day gemodelleerd. Buiten het programma worden de etmaal reizen met vaste fracties over de dagdelen verdeeld.
- 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. Dit betreft dus bijvoorbeeld het vortransport naar een station om vanuit daar per trein verder naar het buitenland te reizen.
- Verkeer van buiten NL naar NL wordt op dezelfde manier bepaald als van NL naar het buitenland. Deze, door datagebrek noodgedwongen, gehanteerde aanname is dus dat autotrips van buitenlanders naar Nederland op dezelfde wijze bepaald worden als van Nederland naar het buitenland.

2.3.6 SES

2.3.6.1 Inleiding

In de module SES wordt de totale mobiliteit bepaald. Zowel het aantal reizen als de verdeling over vervoerwijzen, bestemmingen en perioden wordt hierin gemodelleerd. De "oude" modules NSES en RSES uit het LMS7 en het NRM bepaalden uitsluitend de vervoerwijze en bestemmingskeuze – de reisfrequentie module en de tijdstipkeuze module waren toen nog aparte modules en zijn nu geïntegreerd opgenomen in SES.

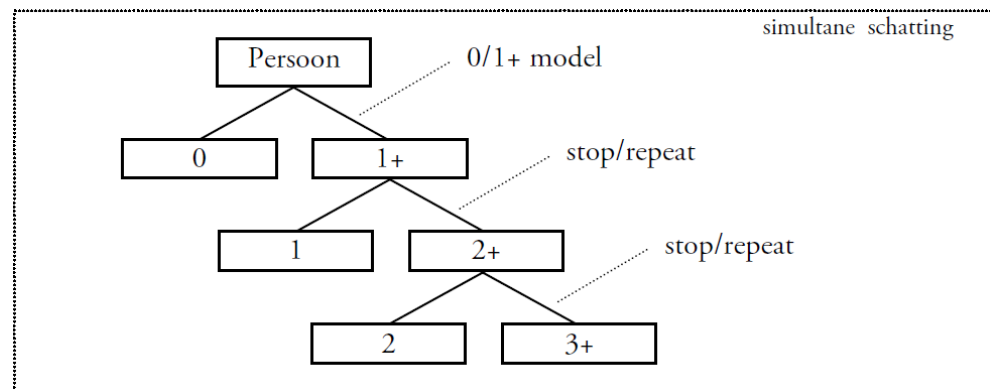
In SES kunnen drie hoofdmodellen onderscheiden worden die afzonderlijk aan bod komen:

- Reisfrequentie model
- Vervoerwijze x bestemming x dagdeel model
- Stationskeuze model

2.3.6.2 Reisfrequentie

De tourfrequentiemodellen zijn afgeleid uit het Overzoek VerplaatsingsGedrag (OVG) van de jaren 2002 en 2003. Er is geen gebruik van het MON 2004 gemaakt vanwege de noodzakelijk koppeling van inkomensgegevens (door het CBS) aan de waarnemingen (op basis van het inkomenspanelonderzoek van het CBS).

De algemene structuur van de reisfrequentiemodellen wordt weergegeven in figuur 2.3. Dit betreft zogenaamde 0/1+ en stop/repeat modellen. Het 0/1 model bepaalt de kans op het maken van een tour voor het desbetreffende motief, het SR deel bepaalt hoeveel (additionele) tours er uiteindelijk gemaakt worden.



Figuur 2.3: Modelstructuur reisfrequentiemodellen

Deze structuur is gebaseerd op de in het LMS7 gehanteerde structuur voor de reisfrequenties en vormt de basis van het modelspecificatie onderzoek voor het LMS2011. Er heeft dus *geen* onderzoek plaatsgevonden naar de mogelijkheden een geheel andere modelstructuur en/of schattingsmethode te gebruiken (zoals bijvoorbeeld Poisson regressie).

Anders dan in het LMS7 zijn de 0/1+ en SR modellen simultaan geschat in een geneste specificatie, maar met alle logsumcoëfficiënten geresliceerd op 0. Effectief is dus nog steeds sprake van aparte modellen.

Er worden in totaal 12 frequentiemodellen onderscheiden:

- 7 woninggebonden reismotieven:
 - Woon-werk werkzame personen (fulltime)
 - Woon-werk niet-werkzame personen, deeltijd, overige werkers
 - Woninggebonden zakelijk
 - Woninggebonden onderwijs scholieren/studenten
 - Woninggebonden onderwijs niet-scholieren/studenten
 - Woninggebonden winkelen
 - Woninggebonden overig
- 2 werkgebonden reismotieven:
 - Werkgebonden zakelijk
 - Werkgebonden niet zakelijk
- 3 motieven voor kinderen jonger dan 12 jaar (alle overige motieven gelden in principe voor 12 jaar en ouder):
 - Onderwijs
 - Winkelen
 - Overig

Binnen deze modellen worden in principe steeds aparte coëfficiënten opgenomen voor:

- Werkers
 - Fulltime
 - Parttime
- Niet werkers
 - Student
 - Niet student
 - Kinderen <12

Een groot aantal combinaties sluit elkaar echter uit (er worden bv geen kindvariabelen toegevoegd aan volwassenmodellen, enz.).

De frequentiemodellen zijn in 2 rondes geschat:

- 1e ronde:
 - Herschatting o.b.v. LMS7 (maar met 2002/2003 OVG data), niet significante variabelen zijn verwijderd.
 - Specificatieonderzoek, o.a. toevoegen van (segmentspecifieke) variabelen.
- 2e ronde (november 2009):
 - Toevoegen bereikbaarheid voor woongebonden motieven voor volwassenen (op basis van persoonstype en motiefspecifieke logsums uit het vervoerwijze-/dagdeel-/bestemmingskeuzemodel). De logsumcoëfficiënten zijn alleen toegevoegd indien ze significant zijn en het juiste teken hebben. Uiteindelijk zijn 7 bereikbaarheidsvariabelen opgenomen (van de 14 geschatte, per model zijn er twee, 1 in het 0/1+ model en 1 in het SR model).

Opvallend zijn de parameters voor niet-werkenden (AOW'ers) in de modellen voor (parttime) woon-werk en woon-zakelijke motieven. Deze personen krijgen een (sterk) significant positieve coëfficiënt die aangeeft dat men een kleinere kans maakt op woon-werk of woon-zakelijke verplaatsingen. Geconcludeerd wordt dat de waarde van de gevonden coëfficiënten "plausibel (is) gezien de inactieve status van

deze bevolkingsgroep op de arbeidsmarkt". Er zou ook voor gekozen kunnen worden deze modellen alleen voor werkenden te schatten, en voor niet-werkenden het aantal tours voor deze motieven op 0 te restricteren, dit levert een versimpeling van het model op qua aantal parameters (al moeten er wel extra selecties worden uitgevoerd op huishoud/persoonskenmerken).

Het aantal tours voor de verschillende motieven wordt voor een belangrijk deel bepaald door huishoud- en respondentkenmerken. Bereikbaarheidscoëfficiënten hebben daarnaast in het LMS2011 effect op de volgende woninggebonden tours:

- woon-werk tours;
- onderwijs tours voor niet studenten;
- additionele onderwijs tours voor studenten;
- winkeltours en additionele winkeltours;
- overige tours en additionele overige tours.

In het LMS2011 wordt, anders dan in het LMS7, het aantal tours dus ook mede bepaald door de onderliggende factoren die bereikbaarheid bepalen, waaronder reiskosten en afstand.

Bereikbaarheid heeft echter (nog) geen effect op het aantal:

- additionele woon-werk tours (niet significant en/of onjuist teken);
- woninggebonden zakelijke tours en additionele woninggebonden zakelijke tours (niet significant en/of onjuist teken);
- alle niet woninggebonden tours (zakelijke en overig) (niet geschat);
- alle kind motieven (niet geschat).

2.3.6.3 *Vervoerswijzekeuze x bestemmingskeuze x periodekeuze Veranderingen en proces*

De coëfficiënten voor vervoerwijze-, bestemmings- en dagdeelkeuze worden in één model per reismotief simultaan geschat. Deze modelschattingen hebben plaatsgevonden in verschillende schattingsronden. Het gehele proces van modelschattingen heeft uiteindelijk geduurd van begin 2007 tot eind 2010.

Evenals bij het toufrequentiemodel is het uitgangspunt van de schattingen de specificatie van de vervoerwijze-/bestemmingskeuzemodellen van het LMS 7 en wordt gebruik gemaakt van gegevens uit het OVG 2002/2003. Daarnaast is gebruik gemaakt van zonale data, LOS gegevens per vervoerwijze en SP enquêtes van vervoerwijze-/dagdeelkeuzes.

Volgens de schattingsdocumentatie zijn, ten opzichte van het LMS7, de belangrijkste veranderingen in het LMS2011:

- aparte vervoerwijzen lopen en fietsen in plaats van "langzaam verkeer".
- apart treinmodel via logsom in het model in plaats van afzonderlijke (service)variabelen voor trein.
- Dagdeelkeuze geïntegreerd in vervoerwijze/bestemmingskeuze.
- Reiskostenvergoedingen worden expliciet meegenomen in de modelschattingen voor de motieven Woon- Werk en Zakelijk (woon- en werkgebonden).
- Intrazonale constanten zijn geschat per vervoerwijze en er zijn intrazonale afstandsafhankelijke coëfficiënten geschat.

Daarnaast geldt dat de zonering van het LMS 2011 is verfijnd ten opzichte van het LMS 7. Iedere binnenlandse zone is een alternatief voor de bestemmingskeuze. Dit zijn nu 1379 zones.

De volgende schattingsronden zijn uitgevoerd:

1. nieuwe data voor het reisgedrag (het gestapelde OVG 2002/2003), zonale gegevens en OV level-of-service. Voor reistijden per auto werd een tijdelijke matrix gebruikt, waarbij een oudere versie van QBLOK is gebruikt en congestie alleen op het niveau van LMS7- zones is gemodelleerd. In de eerste schattingsronde werd een beperkt specificatieonderzoek uitgevoerd en werd de neststructuur voor de bestemmingskeuze opnieuw vastgesteld. Met het resultaat van de eerste schattingsronde werd een tussentijdse implementatie van het groeimodel gemaakt om een eerste versie van de synthetische matrices voor het basisjaar aan te maken. Deze synthetische matrices werden gebruikt voor een toedeling met de nieuwe QBLOK, waarbij congestie direct op het niveau van de nieuwe LMS-zonering gemodelleerd wordt.
2. In de tweede schattingsronde werden de voorlopige autoreistijden van de eerste schattingsronden vervangen door data uit de nieuwe QBLOK-toedeling. Daarnaast werd het Stated Preference ToD-model aan de vervoerwijze-/bestemmingskeuzemodellen gekoppeld, zodat vervoerwijze-, bestemmings- en dagdeelkeuze voor autobestuurders simultaan geschat worden. De positie van dagdeelkeuze in het geneste keuzemodel werd daarbij vastgesteld.
3. Nieuwe auto LOS (gewijzigde basismatrix en/of netwerk en/of toedeelsoftware), zakelijke autokosten inclusief vaste kosten.
4. Nieuwe auto LOS (gewijzigde basismatrix en/of netwerk en/of toedeelsoftware).
5. Nieuwe auto LOS, voor motief 'Overig' correctie van waarde Tukey-constante van 0.45 naar 0.1, correctie fout in werkgeversvergoeding (Werk en Zakelijk).

Na ronde 5 (in de herijkingfase) is nog een groot aantal aanvullende specificaties onderzocht met betrekking tot:

- Neststructuur.
- Variabele kosten of brandstofkosten (motief Werk).
- Reiskostenvergoedingen.
- Tukey-constante.
- Intrazonale afstand.
- Parkeerkosten.

Motief - vervoerwijze - dagdeel

De geschatte modellen zijn gestratificeerd in 9 motieven. Ten opzichte van het LMS 7 is het reismotief 'Overig werkgebonden' nieuw toegevoegd. De volledige lijst motieven is nu als volgt:

1. Woon-werk
2. Woninggebonden Zakelijk
3. Woninggebonden Educatie
4. Woninggebonden Winkelen
5. Overig woninggebonden
6. Werkgebonden Zakelijk
7. Overig werkgebonden
8. Woninggebonden School (voor kinderen)

9. Overig woninggebonden voor kinderen

Voor ieder motief afzonderlijk is het schattingsproces doorlopen. Motieven 1, 6 en 9 zijn samenvoegingen van motieven die in het tourfrequentiemodel zijn opgenomen.

De volgende vervoerwijzen worden onderscheiden:

1. Autobestuurder,
2. Autopassagier,
3. Trein,
4. Bus/tram/metro,
5. Fietsen,
6. Lopen.

Er worden binnen SES negen dagdelen onderscheiden voor de dagdeelkeuze van autobestuurders en passagiers, deze dagdelen worden in de doorvoer en uitvoer op de volgende wijze samengevoegd tot drie dagdelen (tabel 2.18).

Tabel 2.18: Dagdelen in SES (intern en uitvoer)

Dagdeel intern	Tijd	Dagdeel uitvoer
1	00:00 – 05:59	Restdag
2	06:00 – 06:59	Wordt verdeeld over Restdag en ochtendspits
3	07:00 – 08:59	Ochtendspits
4	09:00 – 09:59	Wordt verdeeld over Restdag en ochtendspits
5	10:00 – 14:59	Restdag
6	15:00 – 15:59	Wordt verdeeld over Restdag en avondspits
7	16:00 – 17:59	Avondspits
8	18:00 – 18:59	Wordt verdeeld over Restdag en avondspits
9	19:00 – 23:59	Restdag

Dit vindt plaats volgens het wensvraag principe. In het LMS wordt verondersteld dat een deel van de mensen die reizen in de schouders van de spitsen maken deze reis eigenlijk in de spits zouden willen maken. Door congestie in de spits wordt deze reis echter buiten de eigenlijke spits gemaakt. De reizen uit de schouders van de spits worden verdeeld over spitsen en dal op basis van het aantal verplaatsingen in een uur van de schouder, voor een motief, als percentage van het totale aantal verplaatsingen in een etmaal, voor datzelfde motief; dit wordt het uurpercentage genoemd. De verdeling van het verkeer uit de schouders over de spitsen en de restdag is voor ieder motief afhankelijk van de verhouding tussen het uurpercentage in de schouder en de uurpercentages in de aangrenzende spits en de aangrenzende restdag.

Tabel 2.19: Overzicht van de gemodelleerde motief-, vervoerwijze- en dagdeelcombinaties

Motief	Auto- bestuurder	Auto- passagier	Trein	BTM	Fietsen	Lopen
Woon-educatie	Model- lering in negen dagdelen	Model- lering in negen dagdelen	Model- lering in drie dagdelen	Model- lering in drie dagdelen	Model- lering van etmaal	Model- lering van etmaal
Woon-werk						
Woon-zakelijk						
Woon-winkel						
Woon-overig						
Werk-zakelijk						
Werk-overig						
Kind-educatie	[Blacked out]	[Blacked out]	idem	[Blacked out]	[Blacked out]	[Blacked out]
Kind-winkel						
Kind-overig						

Voor de overige vervoerwijzen worden ofwel drie dagdelen (trein, BTM) onderscheiden of worden alleen uitkomsten op etmaalniveau bepaald (fietsen, lopen). Dit alles tezamen leidt tot de volgende schema van combinaties die in SES worden onderscheiden (tabel 2.19).

Aangezien zowel heen- als terugreis worden gemodelleerd zijn er voor de verschillende vervoerwijzen respectievelijk 53, 21⁴, 8, 8, 1 en 1 dagdeelcombinaties die in de keuzemodellen onderscheiden worden.

Bepaling van aandelen

Het keuzeproces wordt voor ieder persoonstype afzonderlijk doorlopen. Echter, er is wel een veronderstelde interactie tussen verschillende personen, aangezien het persoonstype van een persoon afhangt van de overige personen waarmee deze persoon een huishouden vormt.

Per persoonstype wordt vanuit iedere herkomstzone het volgende proces doorlopen:

- Voor alle bestemmingen, vervoerwijzen en periodecombinaties wordt de aantrekkelijkheid bepaald (het nut van het alternatief);
- De som van de aantrekkelijkheid van al deze alternatieven geeft een maat (de logsom) van de aantrekkelijkheid om vanuit de betreffende zone reizen te maken.
- Op basis van persoonskenmerken, huishoudkenmerken, en o.a. de logsum, wordt het aantal reizen vanuit de betreffende zone bepaald;
- Op basis van het nut van ieder alternatief, in vergelijking met alle andere alternatieven, wordt het aantal reizen verdeeld over de verschillende vervoerwijzen, bestemmingen en dagdelen.

Voor autobestuurders vindt nog een correctie plaats voor grensoverschrijdend verkeer (zie ook bij FOREIGN).

Alle (deel)modellen zijn via een genest logit model geschat. Voor de verschillende vervoerwijzen gaat het hierbij om:

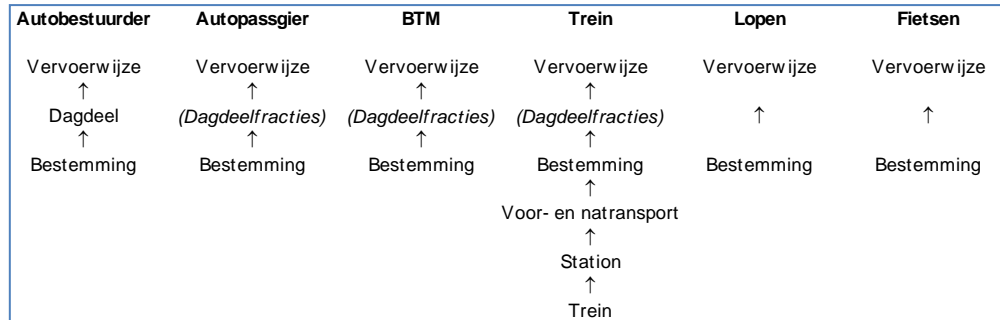
Niveau	Keuze	Vervoerwijze
1	Vervoerwijzekeuze	Alle
2	Dagdeelcombinatiekeuze	AB, AP, TR, BTM
3	Bestemmingkeuze	Alle
4	Voor- en natransportkeuze	TR
5	Stationskeuze	TR
6	Treinkeuze	TR

De nummering geeft de nestingvolgorde aan zoals deze in het LMS2011 is geïmplementeerd. Het modelleren van verplaatsingen en reizen in SES gebeurt per dagdeel. Bij het toekennen van verkeer aan verschillende dagdelen worden daarvoor dagdeelkeuzefracties gebruikt. Voor de vervoerwijzen BTM, trein en

⁴ In de LMS SES documentatie worden eerst 9 dagdelen voor autobestuurder genoemd (zie ook tabel 2.19, deze is rechtstreeks uit de documentatie overgenomen), later blijken dit 5 te zijn.

autopassagier worden hiervoor vaste motiefafhankelijke fracties gebruikt. Alleen voor autobestuurders wordt het dagdeel modelmatig bepaald.

In onderstaand schema wordt de nesting nogmaals op een andere wijze weergegeven:



Kosten

Kosten(in euro) voor de verschillende vervoerwijzen zijn als volgt in het nutsfuncties opgenomen:

$$\begin{cases} \beta_1 * (kosten) / e & \text{als } kosten < e \\ \beta_1 * \ln(kosten) & \text{als } kosten \geq e \end{cases}$$

Het getal "e" is hierbij het grondtal van de natuurlijk logaritme (2,71).

De kostencoëfficiënt wordt voor het prognosejaar aangepast op basis van de algemene welvaarts-groei. Daarnaast wordt de kostencoëfficiënt voor woon-werk en zakelijke reizen aangepast op basis van de (kilometerafhankelijke) vergoeding die wordt ontvangen van de werkgever. Voor het prognosejaar is de totale schaafactor gelijk aan:

$$Fac_{prog}^{vergoeding} = \frac{1}{\sqrt{GWI_{prog} + \frac{Fund_m}{Netdayinc_{prog}}}}$$

Waarbij:

$Fund_m$ = Werkgeversvergoeding (dagbasis) voor de reis voor een motief (invoer).

$Netdayinc$ = Netto dagelijks inkomen in het prognosejaar. Dit is het netto jaarinkomen gedeeld door 365.

GWI = Welvaarts-groei, de GWI wordt berekend door het programma QUAD (deze is voor het basisjaar gelijk aan 1).

Voor de vervoerwijze auto zijn de kosten deels afhankelijk van het reismotief. Voor ieder motief worden meegenomen:

- Brandstofkosten per kilometer;
- Tolkosten.

Voor de motief woon-zakelijk worden tevens uit de GM-schil overige variabele kosten per kilometer ingelezen (afschrijvingen, ROB (Reparatie, Onderhoud en Banden)). Daarnaast worden voor het motief woon-zakelijk ook vaste kosten per kilometer ingelezen vanuit de Schil.

Voor het vervoermiddel BTM komen de kosten rechtstreeks uit de bereikbaarheidskwaliteit BTM. Op de voltariefkosten vindt in de relevante gevallen een reductie plaats i.v.m. abonnementen of leeftijdskortingen volgens onderstaand schema:

Motief	Segment	Veronderstelde kaartsoort	Reductie
Woonwerk	Voltijdwerkers	Maand-sterabonnement	15%
Educatie	Leeftijd 12-18 jaar	Maand-sterabonnement reductietarief	45%
Winkelen, Overig, Kindmotieven	Leeftijd onder 12 jaar of 65+	15-strippenkaart reductietarief	35%
Alle	Studenten	OV-studentenkaart	95%

Voor het vervoermiddel trein bestaan de kosten van de reis uit:

- Kosten van de treinreis;
- Kosten van het voortransport;
- Kosten van het natransport.

Het alternatief trein komt via een logsom in de vervoerwijzekeuze terecht. In tegenstelling tot andere kostenvariabelen zijn de kosten in het treinkeuzemodel lineair. Ook hier vindt op de voltariefkosten (2^e klas retour) in de relevante gevallen een reductie plaats i.v.m. abonnementen of leeftijdskortingen volgens onderstaand schema:

Segment		Reductiefactor trein	VOT Trein ⁴³	Vergoeding
Woon-Werk	Studenten	0.045	8.38	100%
	Niet-studenten	0.730	8.38	100%
Woon-Zakelijk	Studenten	0.045	17.76	100%
	Niet-studenten	0.760	17.76	100%
Woon-Educatie	Studenten	0.045	5.17	0%
	Niet-studenten	0.721	5.17	0%
Woon-Winkelen	Studenten	0.045	5.17	0%
	Overig, jonger dan 65	0.740	5.17	0%
	Overig, 65 jaar of ouder	0.380	5.17	0%
Woon-Overig	Studenten	0.045	5.17	0%
	Overig, jonger dan 65	0.669	5.17	0%
	Overig, 65 jaar of ouder	0.330	5.17	0%

De VoT waarden die worden gebruikt om tot gegeneraliseerde reistijden te komen zijn afkomstig van RWS.

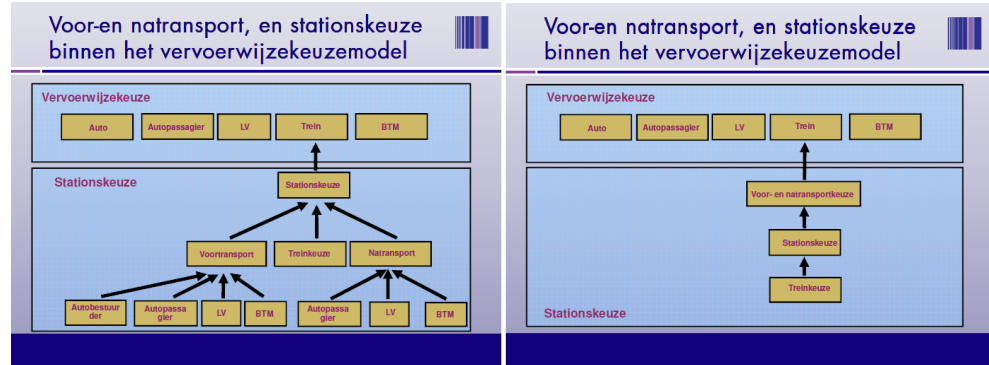
2.3.6.4 Stationskeuze Specificatie

Het stationskeuzemodel bestaat uit een aantal deelmodellen:

- Voor- en natransportmodel
- Stationskeuze(sub)model
- Treinkeuzemodel

In de ontwikkelingfase is gestart met de nesting zoals weergegeven in het linker deel van figuur 2.4. In de herijkingfase is tot de nesting gekomen die in het rechter deel van figuur 2.4 staat weergegeven (de verschillende vervoerwijzen zijn in de figuur weggelaten). In januari 2010 heeft een herschatting plaatsgevonden naar

aanleiding van verbeteringen in BTM voor- en natransportgegevens en het autonetwerk. Het definitieve model is in november 2010 geschat, als gevolg van het herschatten van het vervoerwijze/bestemmings/dagdeelkeuzemodel. Relevante wijzigingen daarin zijn in het stationskeuzemodel overgenomen.



Figuur 2.4: Oorspronkelijke (L) en uiteindelijke (R) nesting

In het voortransport zijn alle vervoermiddelen beschikbaar, in het natransport is autobestuurder niet beschikbaar als vervoermiddel. De level of service van auto, BTM, fiets en lopen (langzaam verkeer) worden zowel gebruikt voor het hoofdvervoerwijze keuzemodel als voor de voor- en natransport keuzemodellen (maar dan op basis van de herkomstzone naar instapstation en uitstapstation naar bestemmingszone). Tezamen met de dienstregeling van de NS voor een gegeven jaar wordt vervolgens door het stationskeuze submodel de level of service voor de trein afgeleid.

Voor het voor- en natransport worden kosten en reistijd samengevoegd tot een gegeneraliseerde reistijd (met behulp van een VOT waarde per motief en vervoerwijze). Bij auto en BTM wordt voor het prognosejaar de VOT waarde geschaald op basis van de welvaartsgroei (bij lopen en fietsen zijn geen kosten). De gevoeligheid voor BTM kosten hangt bij de motieven woon-werk en woonzakelijk mede af van het al dan niet verkrijgen van reiskostenvergoeding. Bij auto als voortransportmiddel is dit niet het geval.

Onderstaand schema geeft een overzicht van de reductiefactoren en VoT waarden die in het treinmodel worden gehanteerd voor BTM in het voor- en natransport:

Segment		Reductiefactor BTM	VOT BTM ⁴⁰	Vergoeding
Woon-Werk	Studenten	0.049	7.81	100%
	Full-timers	0.85	7.81	100%
	Overig	1	7.81	100%
Woon-Zakelijk	Studenten ⁴¹	0.049	13.61	100%
	Overig	1	13.61	100%
Woon-Educatie	Studenten	0.049	4.94	0%
	Overig, jonger dan 18	0.55	4.94	0%
	Overig, 18 jaar of ouder	1	4.94	0%
Woon-Winkel Woon-Overig	Studenten	0.049	4.94	0%
	Overig, jonger dan 65	1	4.94	0%
	Overig, 65 jaar of ouder	0.66	4.94	0%

Ook hier wordt de kostencoëfficiënt voor woon-werk en zakelijke reizen aangepast op basis van de (kilometerafhankelijke) vergoeding die wordt ontvangen van de

werkgever. De VoT waarden die worden gebruikt om tot gegeneraliseerde reistijden te komen zijn afkomstig van RWS.

In het stationskeuze submodel wordt met behulp van een logit model een keuze gemodelleerd tussen stationsparen; d.w.z. een instap- en een uitstapstation. Deze keuze is een functie van:

- Gegeneraliseerde tijd vortransport trein (in minuten)
- Gegeneraliseerde natransport trein (in minuten)
- Totaal aantal verbindingen vanuit het herkomststation gedeeld door het totaal aantal stations in Nederland.
- Totaal aantal verbindingen vanuit het bestemmingsstation gedeeld door het totaal aantal stations in Nederland.

Het nut van de stationskeuze werkt via een logsom door in de voor- natransport keuze.

Het treinkeuze model is eveneens een logit model en een functie van:

- de reistijd (min) in de trein.
- de kosten (Euro) van de treinreis.
- de reistijdwaardering (Euro/min).
- wachttijd (min; initiële wachttijd plus overstapwachttijd).
- aantal overstappen (waarbij een overstappenalty van 5 minuten is verondersteld).

Evenals in het voor/natransport model is er in het treinkeuzemodel één coëfficiënt voor gegeneraliseerde reistijd. De VoT waarde waarmee wordt gerekend wordt voor het prognosejaar geschaald op basis ontwikkelingen in welvaartsgroei en treinkosten voor de motieven woon-werk en woon-zakelijk indien een werkgeversvergoeding wordt verkregen.

Het nut van het treinkeuze model werkt via een logsom door in het stationskeuze model.

Schatting stationskeuze en voor/natransportkeuze

De stationskeuze en voor/natransportkeuze modellen zijn simultaan geschat op basis van data uit het MON2004. In tegenstelling tot de andere SES onderdelen is hier voor gebruik van 2004 data gekozen doordat van dit jaar gedetailleerde stations- en treininformatie beschikbaar was. Gegevens over de beschikbaarheid van parkeerplaatsen en fietsenstallingen per station zijn echter uiteindelijk niet opgenomen in het model. De coëfficiënten bleken niet significant of het verkeerde teken te hebben.

In overleg met DVS is besloten om freeflow reistijden te gebruiken voor de auto als middel van vortransport. De genoemde reden hiervoor is dat het meenemen van congestie in het vortransport (= natransport op de terugweg) betekent dat ook deze autoverplaatsingen aan het netwerk moeten worden toegedeeld. Mede gezien de onbruikbaarheid van de parkeerplaatsgegevens is hiervan afgezien.

Mede om die reden is autobezit niet als verklarende factor in het vortransportmodel opgenomen. Een stijging van autobezit zou ook tot een stijging van gebruik van de auto als vortransportmiddel leiden, zonder dat dit beperkt

wordt door (eventuele) parkeerrestricties. In het voortransportmodel is bij het motief winkelen/overig voor het alternatief "bus" een (positieve) dummy voor 65+'ers opgenomen. Voor de rest is er met betrekking tot respondentkenmerken alleen variatie in (kosten)gevoeligheden ten gevolge van reducties voor abonnementhouders (fulltime werkenden), jongeren/studenten en 65+'ers en/of verschillen in VOT waarden per reismotief.

Het aantal reismotieven is, vanwege databeschikbaarheid, geaggregeerd tot drie, te weten 'Werk/zakelijk', 'Onderwijs' en 'Winkelen/Overig'. Voor ieder van deze geaggregeerde motieven is een apart model geschat. Eveneens vanwege databeschikbaarheid worden voor niet woninggebonden treinreizen (motief zakelijk en overig) dezelfde voortransport keuzemodellen gebruikt als voor de overeenkomstige woninggebonden motieven.

Schatting treinkostenmodel

Per motief is een coëfficiënt geschat voor gegeneraliseerde reistijd. In het treinkosten submodel is echter geen rekening gehouden met afstandsdegressie, er wordt met een vaste bedrag per kilometer gerekend plus een opstaptarief, gebaseerd op de gewogen kaartverkoop van NS. Dit is in het LMS2011 een doelbewuste keuze geweest om aan te sluiten bij het TRANS model van NS en Prorail. In de vorige LMS versie werd wel rekening gehouden met afstandsdegressie bij treinkosten. Echter, bij gebruik van een vast tarief per kilometer, gebaseerd op het "gemiddelde" kaartje, worden de kosten van lange treinreizen overschat (en het aantal treinreizen onderschat). Op basis van de 2004 treintarieven zijn de kosten per kilometer voor een retourreis 2^e klas vol tarief over 2*20 km (feitelijk: tariefeenheden, het verschil met kms is echter gering) 14,8 ct/km, bij 2*100 km 12,0 ct/km (-19% t.o.v. het tarief bij 20 km) en bij 2*200 km 9,0 ct/km (-39%) (bron: Kostenbarometer personenvervoer). Gebruik van een treintarief zonder afstanddegressie kan dus tot een overschatting leiden van autoverkeer op lange afstanden en een onderschatting op korte afstanden, en idem voor de bijbehorende bereikbaarheid die met QBLOK wordt berekend.

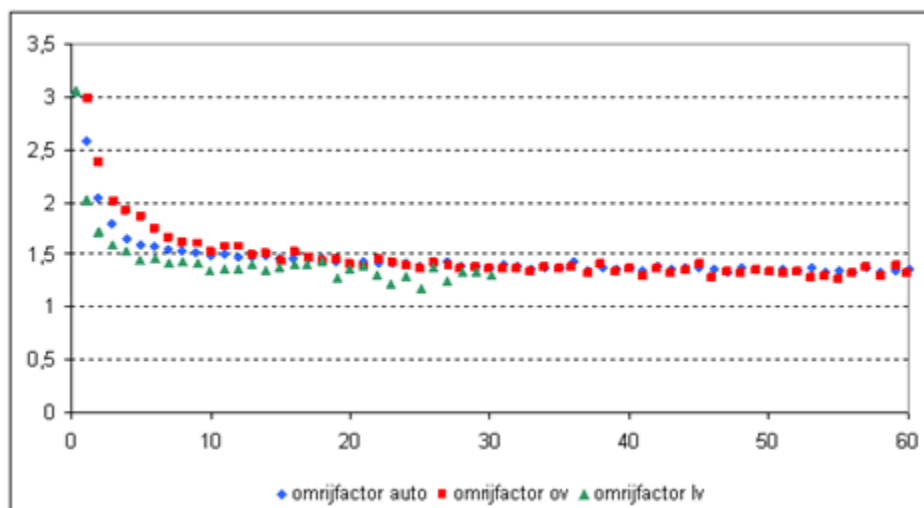
2.3.6.5 *Aandachtspunten SES*

Een aantal kenmerken/aandachtspunten van het model:

- Afstanden lopen/fietsen zijn o.b.v. het autonetwerk (zie hierna).
- Dagdeelkeuzefracties worden alleen modelmatig bepaald voor autobestuurders, voor autopassagiers, trein en BTM wordt gerekend met (vaste) motiefafhankelijke fracties.
- Geen kosten voor langzaam verkeer.
- Met reiskostenvergoedingen door werkgevers (woon-werk en woon-zakelijk) wordt rekening gehouden d.m.v. het aanpassen van de kostencoëfficiënt voor deze motieven, niet d.m.v. een aparte variabele (daar is voor getest, maar leverde geen bruikbare specificatie). Hoe meer vergoeding ten opzichte van het persoonlijke netto daginkomen, hoe minder gevoelig voor de kosten voor dit alternatief. In het treinmodel loopt dit via een aanpassing van de VOT, aangezien daar met gegeneraliseerde reistijden wordt gewerkt.
- Op vergelijkbare wijze wordt met welvaartsgroei rekening gehouden. Een hogere welvaartsgroei (meer inkomen) leidt tot een lagere kostengevoeligheid.

- De kostenfunctie voor overige autokosten heeft de functionele vorm van een lineaire functie tot 2.71 ("e") euro en een logaritmische functie voor 2.71 euro en hoger.
- Verschillende VoT waarden voor BTM in verschillende SES nesten (in voor/natransport model o.b.v. RWS, in hoofdvervoerwijze (impliciet) op basis van geschatte coëfficiënten).
- Geen parkeerkosten voor de motieven werk, zakelijk en educatie (alleen bij winkelen en overig).
- Geen afstanddegressie treinkosten.
- Free-flow bereikbaarheid voor de auto in het voortransport voor de trein.
- Geen parkeerkosten voor de auto in het voortransport voor de trein.
- De schattingen geven aanleiding tot een andere nesting voor het bestemming x treinkeuze nest. De geschatte nestcoëfficiënt is steeds > 1 en daarom op 1 gerestricteerd. Vanwege software en databelemmingen (SES o.b.v. OVG2002/2003, Trein o.b.v. MON2004) is dit (nog) niet uitgevoerd.
- Beleidsvariabelen zijn aan te passen via beleidsindices voor:
 - Vaste autokosten.
 - Brandstofkosten per kilometer.
 - Overige variabele autokosten.
 - Treinkosten.
 - BTM-kosten.

Deze indices worden via de "Schil" ingelezen in het LMS en hebben naast SES eveneens effect op andere modules waar deze kosten een rol spelen (CARMOD (vaste autokosten), QBLOK (brandstofkosten en overige variabele autokosten) en op het stationskeuzedeel van SES (treinkosten en kosten van voor/natransport).



Figuur 2.5: Omrijfactoren vervoerwijzen naar afstand

Dat de afstanden voor lopen en fietsen op basis van het autonetwerk worden bepaald kan leiden tot een overschatting van de afstanden van deze vervoermiddelen. Langzaam verkeer kan immers vaak van andere (kortere) routes gebruik maken t.o.v. de auto. Zeker in stedelijke gebieden en/of op korte afstanden (denk aan fietspaden/routes, doorsteekjes, enz.) zou dit nogal wat uit kunnen maken. Een recente studie in het kader van de bereikbaarheidsindicator van het

PlanBureau voor de Leefomgeving (PBL) toont t.a.v. korte afstanden aan dat de omrijfactor voor LV inderdaad kleiner lijkt te zijn dan die van de auto (figuur 2.5).

De met het LMS berekende gemiddelde loopafstanden liggen (ruim) boven die zoals deze met het MON berekend worden (4,2 vs. 2,15 km).

Hierbij moet wel worden opgemerkt dat deze "langzame verplaatsingen" relatief vaak op korte afstanden en (dus) intrazonaal zullen plaatsvinden. Een niet volledig juist bepaalde intrazonale vervoerwijzekeuze zal dan dus weinig effect hebben op de met QBLOK berekende bereikbaarheid.

2.3.7 *SECDEST*

SECDEST is een vereenvoudigde versie van SES. Hierin worden secundaire reizen bepaald, woninggebonden en niet-woninggebonden, van alleen autobestuurders uit de primaire reizen. De dagdeelkeuze wordt echter niet geschat, de secundaire reizen worden o.b.v. waargenomen fracties (per hoofdmotief en motief van de secundaire verplaatsing, heen of terugreis en periode van de primaire verplaatsing) toegewezen aan de drie dagdelen (bron: OVG).

Het aantal motieven voor de secundaire reis is beperkt tot vier (werk, zakelijk, winkelen en overig), waarbij een rangordering van motieven wordt gehanteerd (werk kan bijvoorbeeld niet het motief zijn van een secundaire reis, wanneer winkelen het motief van de primaire reis is) zodat 11 combinaties van motieven van primaire en secundaire reizen mogelijk zijn.

Een aantal kenmerken/aandachtpunten van het model:

- Vaste verdeling over dagdelen op basis van waargenomen verdeling.
- Werk is relatief vaak een nevenbestemming van een tour met als primair motief ook werk (5% in de schattingsdata). Waarschijnlijk is dit het gevolg van verkeerd vastgelegde motieven in de schattingsdata (OVG); bv een vertegenwoordiger die meerdere klanten bezoekt, waarbij bij elke rit als motief "werk" is opgegeven in plaats van "zakelijk".
- Alleen secundaire reizen voor autobestuurders van de primaire reis.
- De kans op het optreden van een secundaire reis hangt (mede) af van de free-flow reistijd van de primaire reis. Er wordt dus geen rekening gehouden met (mogelijke) congestie tijdens deze primaire reis. Dit kan zowel tot een overschatting leiden van het aantal secundaire reizen (iemand ziet af van een secundaire verplaatsing bij het optreden van congestie), een overschatting (iemand besluit juist eerder een secundaire verplaatsing te maken om de congestie te vermijden) of het plaatsvinden van deze verplaatsingen op een ander tijdstip (iemand besluit toch maar op de terugweg boodschappen te doen i.p.v. op de heenweg door de opgelopen vertraging).

2.3.8 *NHBTRIPS*

In de module NHBTRIPS worden tertiaire en quartaire reizen bepaald. De module werkt in grote lijnen vergelijkbaar als de module SECDEST. Vergelijkbare aandachtspunten als daar genoemd ten aanzien van gebruik van free-flow reistijd en alleen bij primaire autoverplaatsingen gelden dus ook hier.

2.3.9 *Samenvatting aandachtspunten vraagmodellering*

Bij het bestuderen van de verschillende modellen van de vraagmodellering van het LMS is een groot aantal aandachtspunten naar voren gekomen. In deze paragraaf vatten we deze samen en wordt, waar mogelijk, een eerste inschatting gemaakt van de mogelijke gevolgen op de (goede) werking van het LMS, en waar deze gevolgen zouden kunnen optreden. We merken hier met nadruk op dat het een eerste inschatting is, in fase 3 van de audit zal hier uitgebreider en explicieter naar gekeken worden.

- Algemeen:
 - Voor alle modellen in het vraagmodel geldt dat de basisstructuur van het LMS7 is gehandhaafd. Hierbinnen is weliswaar zeer uitgebreid naar verbeteringen gezocht met betrekking tot de op te nemen variabelen, de specificatie daarvan (o.a. de kostenfunctie), de nestingvolgorde en eventuele terugkoppelingen, maar er zijn geen geheel nieuwe structuren overwogen of getest. Dit is echter een bewuste keuze geweest bij de start van de ontwikkeling van een nieuwe versie.
 - De vervoerwijze langzaam verkeer is gesplitst in lopen en fietsen afzonderlijk in de verschillende modellen.
 - Het aantal (bestemmings)zones is uitgebreid, dit biedt de mogelijkheid tot een nauwkeuriger bestemmingskeuzen en afstandenbepaling.
- Luchthavenmodel (AIRACC):
 - Het luchthavenmodel is een uitbreiding ten opzichte van LMS7. Hiermee kan in principe de hoeveelheid verkeer van- en naar luchthavens beter gemodelleerd worden.
 - Het luchthavenmodel is op dit moment alleen geïmplementeerd voor Schiphol. Voor andere regionale luchthavens is het model in principe wel geschikt, maar nog niet geoperationaliseerd. Voor toepassing van het LMS/NRM op locaties waar effect verwacht mag worden van (sterke) ontwikkelingen van regionale luchthavens (bijvoorbeeld een verdere groei van Eindhoven of een sterke groei van Eelde na de baanverlenging) is de kans daarom aanwezig dat de hoeveelheid (extra) verkeer daar onderschat wordt.
 - In het luchthavenmodel worden in de vervoerwijzekeuze geen kosten gemodelleerd en er wordt geen rekening gehouden met de parkeersituatie (kosten en beschikbaarheid). Dit lijkt een beperking van het model, aangezien het model hiermee ongevoelig is voor prijsbeleid. Een verhoging van (bijvoorbeeld) trein- of parkeertarieven heeft geen effect op de vervoerwijzekeuze en daarmee evenmin op de (lokale) hoeveelheid verkeer en de congestie.
 - Dat het luchthavenmodel werkt met een statische time-of-day verdeling lijkt een kleinere beperking. Zoals in de documentatie ook al is aangegeven liggen de vertrektijden van vluchten en de verdeling hiervan min of meer vast, zodat reizigers van en naar luchthavens hierin een beperkte keuze hebben en vaak ook ruime marges inbouwen.
 - Van de keuze om uit te gaan van free-flow autotijden mag verwacht worden dat dit wel effect kan hebben op de (juiste) voorspelling van het aandeel auto. De vervoerwijzekeuze verdeling is nu gekalibreerd op de huidige, waargenomen, verdeling, dus inclusief het huidige congestieniveau. Wanneer het congestieniveau rondom Schiphol in de toekomst zou afnemen (bijvoorbeeld door capaciteitsuitbreidingen), of

juist toenemen, is er geen effect op de autotijden en daarmee ook niet op de vervoerwijzekeuze in het Schipholmodel.

- Buitenlandmodel (FOREIGN)
 - Het buitenlandmodel is nieuw in het LMS2011, in principe kan hiermee met name de hoeveelheid verkeer in de buurt van de grens beter gemodelleerd worden.
 - Een potentiële beperking van het buitenlandmodel is dat dit alleen voor autobestuurders geldt. Grensoverschrijdend verkeer per boot, trein of vliegtuig (m.u.v. Schiphol) en het bijbehorende voor- en natransport, wordt dus niet expliciet gemodelleerd. Gezien de relatief lage aantallen ten opzichte van binnenlands verkeer en het feit dat in de matrixkalibratie het totale volume van reizen wel wordt meegenomen zal het effect hiervan beperkt zijn. Slechts veranderingen (externe of beleidsmatige) die een (fors) effect op de omvang en/of vervoerwijzekeuze van grensoverschrijdend verkeer hebben zouden hierdoor tot een duidelijke onder- of overschatting van de hoeveelheid verkeer kunnen leiden van of naar bepaalde overstappunten (stations, luchthavens, havens).
 - Ook bij een (grote) verandering van het binnenlandse congestieniveau zou de hoeveelheid buitenlands autoverkeer kunnen worden over- dan wel onderschat, aangezien van free-flow reistijden wordt uitgegaan en er dus geen terugkoppeling is van bereikbaarheid naar de buitenlandmodule. Gezien de omvang van buitenlands verkeer (bij personenauto's minder dan 2% van alle personenauto kilometers - bron: Dynamo -) zal het effect hiervan echter gering zijn. Ditzelfde geldt ook voor de gevolgen van de statische t.o.d. bepaling.
- SES – Tourfrequenties:
 - In het LMS2011 is bereikbaarheid toegevoegd als één van de verklarende variabelen om het aantal tours te bepalen. Dit geldt echter alleen voor woninggebonden motieven. Werkgebonden reizen zijn derhalve nog onafhankelijk van (veranderingen in) bereikbaarheid.
- SES – Vervoerswijze x Bestemming x Periode:
 - In het LMS2011 is de dagdeelkeuze geïntegreerd met de vervoerswijze x bestemmingkeuze.
 - In SES is de dagdeelkeuze echter alleen gemodelleerd voor autobestuurders, voor andere vervoerswijzen wordt van vaste fracties op basis van waargenomen verdelingen uitgegaan. Veranderingen in bijvoorbeeld bereikbaarheid (kosten, tijd) hebben voor deze vervoerswijzen dus geen direct effect op de dagdeelkeuze (bijvoorbeeld bij een verhoging van treintarieven voor woon-werk (vaak in de spits) via de index in de schil). Wel kan er een indirect effect zijn op de totale dagdeelverdeling als de vervoerwijzekeuze hierdoor verandert (bijvoorbeeld minder trein in de spits en meer auto in het dal).
 - Binnen SES worden 9 afzonderlijke dagdelen onderscheiden voor autobestuurder, hiermee is een nauwkeuriger tot te modelleren. Deze dagdelen worden in de doorvoer naar andere modules geaggregeerd tot drie dagdelen.
 - Er wordt in het LMS2011 expliciet rekening gehouden met veranderingen in de hoogste van werkgeversvergoedingen in het zichtjaar ten opzichte van het basisjaar. De wijze waarop dit is geoperationaliseerd, via aanpassing van de *kostencoëfficiënt*, kan echter een ongewenst effect

hebben gehad op de resulterende elasticiteiten en Values of Time in het LMS (zie ook paragraaf 2.7).

- De afstanden voor lopen en fietsen worden bepaald op basis van het autonetwerk. Op vooral korte afstanden kan dit tot relatief grote afwijkingen leiden aangezien langzaam verkeer vaak van andere routes (doorsteekjes, fietspaden) gebruik kan maken dan de auto. Dit kan tot een onderschatting leiden van het aandeel langzaam verkeer. Aangezien dit echter relatief vaak intrazonale verplaatsingen zullen zijn mag verwacht worden dat het effect op de met QBLOK berekende bereikbaarheid beperkt is.
- Er worden geen parkeerkosten voor werk, zakelijke en educatieve motieven gemodelleerd. Gezien zakelijke parkeerkosten vrijwel altijd vergoed worden, slechts weinig werkenden betaald parkeren⁵ en het aandeel auto bij studenten relatief laag is (bij niet studenten is dit wel hoger) lijkt dit geen grote beperking van het model. Voor deze motieven geldt dus wel dat de hoogte van parkeertarieven geen effect heeft op de verschillende keuzes in de SES module.
- Schattingsuitkomsten geven aan dat de nestingvolgorde van modelonderdelen bij de vervoerwijzekeuze trein mogelijk niet correct is, met name in relatie tot de dagdeelkeuze. Er is (om praktische redenen) niet onderzocht of een andere nesting tot een verbeterd model zou hebben geleid. De consequenties van deze mogelijk foutieve nesting kunnen dus ook niet vastgesteld worden.
- SES – Treinmodel:
 - Het treinmodel van SES is fors uitgebreid met een voor/natransportmodel en stationsmodel.
 - In het treinmodel wordt geen rekening gehouden met afstanddegressie in de treinkosten, er wordt gerekend met een opstaptarief en een vast bedrag per tariefeenheid (kilometer) volgens de formule:

$$\text{Tarief} = 1,5 + 0,1 * \text{Reisafstand enkele reis.}$$
 Dit is een bewuste keuze geweest in de ontwikkeling van het LMS2011, in het LMS7 was deze degressie wel aanwezig. De consequentie is echter dat de treinkosten per kilometer op grotere afstanden worden overschat, hetzelfde geldt voor hele korte afstanden omdat daar het opstaptarief domineert. Het verschil met de werkelijke kilometerkosten kan fors oplopen voor lange reizen. Dit kan derhalve een effect hebben op met name de vervoerwijzekeuze die met SES wordt berekend (bij veranderingen in treinkosten), aangezien een procentuele verandering van treinkosten (via de index in de schil) absoluut gezien tot te grote veranderingen leidt op lange afstanden. In het model zijn het juist de absolute veranderingen in kosten die veranderingen in de vervoerwijzekeuze (mede) bepalen. Ook kan dit echter een reden zijn voor de lage kostenelasticiteit voor de trein (zie paragraaf 2.7).
 - In het voortransport is geen rekening gehouden met parkeerkosten en parkeerbelemmeringen voor de auto en belemmeringen ten aanzien van fietsparkeren. Tevens wordt bij de auto van free-flow tijden uitgegaan. Tijdens het specificatieonderzoek is wel getracht deze aspecten in het

⁵ In onderzoek voor MuConsult onder werknemers van bedrijven in de Stadsregio Arnhem Nijmegen geeft minder dan 5% expliciet aan dat men betaald parkeert. Dit aandeel is nog aanzienlijk lager dan hetgeen in de LMS documentatie genoemd wordt, maar hierbij moet wel worden opgemerkt dat dit geen (landelijk) representatieve steekproef van werknemers is.

model op te nemen maar werden geen bruikbare coëfficiënten gevonden of was de datakwaliteit hiervoor onvoldoende. Consequentie is dus dat de vervoerwijzekeuze in het voortransport niet afhangt van parkeerkosten, parkeer- en stallingbeschikbaarheid en congestie.

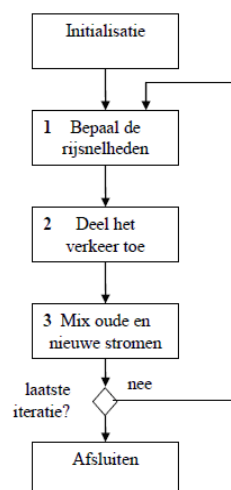
- De door de NS opgestelde stationsmatrices zijn invoer van het LMS/NRM. Er is beperkt gekeken naar de consistentie tussen de synthetische stationsmatrices trein en de NS-stationsmatrices (alleen naar het aantal instappers voor de top 10 stations), zodat geen uitspraken kunnen worden gedaan over de (in)consistentie 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 op HB-niveau tot niet reële prognoses leiden.
- SECDDEST en NHBTRIPS:
 - Secundaire en "hogere" reizen worden uitsluitend bepaald indien de primaire reis een woninggebonden reis met de auto (als bestuurder) is. Dit leidt dus tot een onderschatting van het totale aantal tours, aangezien deze reizen niet voor andere vervoermiddelen en niet voor niet-woninggebonden tours wordt gemaakt. In het laatste geval geldt dit dus ook voor (bijvoorbeeld) zakelijke autoreizen waarbij een secundaire reis wordt gemaakt.
 - Secundaire en hogere reizen zijn onafhankelijk van congestie en de dagdeelkeuze is statisch.

Ten slotte kan ten aanzien van het gehanteerde wensvraag principe (dat ook in andere modules, waaronder QBLOK, en in de kalibratie een rol speelt) worden opgemerkt dat dit de overdracht van de invoer- en uitvoergegevens van het LMS naar andere modellen en vervolgberekeningen bemoeilijkt 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.

2.4 Netwerkmodellering

In het LMS/NRM wordt alleen het (vracht)autoverkeer expliciet aan het netwerk toegedeeld. Deze paragraaf beschrijft daarom alleen de toedelingmodule (QBLOK) voor het personenauto- en vrachtautoverkeer van het GroeiModel (GM). Het doel van QBLOK is het bepalen van de wegbelasting, de congestie, en de bereikbaarheid (reistijden, afstanden, etc.) in het netwerk bij een confrontatie van de vervoersvraag met het wegeaanbod. QBLOK wordt gebruikt voor initiële netwerkweerstand voor de vraagmodellering en voor het toedelen van de HB-matrices aan diezelfde netwerken om de wegvakbelastingen te kunnen genereren. QBLOK is een statische congestiegevoelige toedelingstechniek: op basis van onder andere de aangeboden wegvakcapaciteit, de vervoersomvang en aannames omtrent het routekeuzegedrag vindt een verdeling van het verkeer plaats over het netwerk.

De werking van het model is op hoofdlijnen weergegeven in Figuur 2.6. Na de initialisatie worden de rijksnelheden bepaald. In de eerste iteratie gebeurt dit op basis van free-flow reistijden en in de latere iteraties wordt ook rekening met congestie gehouden. Het verkeer wordt aan de kortste route toegedeeld, waarbij met kortste route de route wordt bedoeld met de laagste gegeneraliseerde reistijd. De gegeneraliseerde kosten bestaan uit een combinatie van de reistijd, de afstandsgelateerde kosten en eventuele tolkosten. Vervolgens worden de stromen gemixt met de stromen uit de voorgaande iteraties. Waarbij de laatste iteratie voor $1/i$ (i = iteratienummer) meeweegt. Daarna worden de nieuwe rijksnelheden bepaald door naar de verkeersafwikkeling te kijken. Als voldoende iteraties worden uitgevoerd convergeert QBLOK op deze wijze naar een gebruikersevenwicht volgens het Wardrop-principe (Wardrop, 1952); dat wil zeggen dat alle gebruikte routes tussen een herkomst en bestemmingspaar dezelfde gegeneraliseerde reistijden hebben welke lager zijn dan alle niet gebruikte routes.



Figuur 2.6: Werking QBLOK (Bron: gm2011-d7-6.pdf)

Een groot verschil tussen QBLOK en andere statische evenwichtstoedelingen ligt in de berekening van de linktijden. Bij de bepaling van de reistijd op een link wordt namelijk enerzijds rekening gehouden met de instroom vanuit voorgaande links, en

anderzijds met blokkades op stroomafwaartse links. De instroom op de beschouwde link wordt beperkt wanneer op de voorgaande links een capaciteitsoverschrijding optreedt. Er wordt een wachtrij gemodelleerd voor de knelpunten die terugslaat op voorgaande links. Ook wordt bepaald of er blokkades optreden. Deze beperken de maximale uitstroom van een link, als gevolg van de terugslag van een file en beperkt daarmee de instroom op de filevrije uitgaande link. Daarbij wordt de volgende definitie voor een blokkade gehanteerd: er is sprake van een blokkade wanneer verkeer wordt opgehouden als gevolg van een knelpunt stroomafwaarts, terwijl dit verkeer zelf het knelpunt niet zal passeren.

In het vervolg van deze paragraaf wordt de invoer van QBLOK, de toedelingstechniek (methode) en de uitvoer van QBLOK verder toegelicht. De laatste subparagraaf gaat in op de discussiepunten.

2.4.1 Invoer QBLOK

De invoer van QBLOK is in tabel 2.20 weergegeven. In het oranje is de invoer van drie aanvullende modules weergegeven. Dit betreft een module waarmee trajectnelheden kunnen worden bepaald, een module waarmee selected link analyses kunnen worden uitgevoerd en een module waarmee betrouwbaarheidsberekeningen kunnen worden gemaakt. Aangezien deze modules niet tot de kern van QBLOK behoren, wordt de invoer voor deze modules in deze paragraaf niet verder uitgewerkt.

Tabel 2.20: Invoer QBLOK

Invoervariabelen	Invoer van
Netwerkknopen	Gebruikersinvoer/NETCONV
Netwerklincs	Gebruikersinvoer/NETCONV
Netwerkfrms	NETCONV
Afslagverboden	Gebruikersinvoer
Toedelingmatrix per gebruikersgroep per dagdeel	GM Basmat-SES-MATPROC-PIVOT
Restdag ⁶ I/C-ratio's	Restdag toedeling
Speed-flow curves	Gebruikersinvoer
Opzoektabel wachttijd en fileduur	Gebruikersinvoer
METRAN: controlfile trajectnelheden module	Onderdeel van METRAN
Links met gecongesteerde reistijden	Onderdeel van METRAN - uitvoer QBLOK of nettim
Omschrijving schaduwzoning	Onderdeel van METRAN - uitvoer QBLOK of nettim
Gebiedsindeling selected link analyse	Gebruikersinvoer
Screenlines selected links analyse	Gebruikersinvoer
Algemene kenmerken geladen netwerk	Onderdeel betrouwbaarheidsberekeningen uitvoer van Qblok
Gebiedsindeling	Onderdeel betrouwbaarheidsberekeningen
Opties (QBLOK kent meer dan 70 opties) onder te verdelen in:	
- opties algemeen (17)	Gebruikersinvoer
- opties voor het paden zoeken en het bepalen van de bereikbaarheid (10)	Gebruikersinvoer
- opties voor de congestiemodellering (12)	Gebruikersinvoer
- opties voor beprijzing (11)	Gebruikersinvoer
- opties voor selected link analyses (4)	Gebruikersinvoer

⁶ De restdag staat voor de periodes buiten de spitsperiodes die van 7.00 – 9.00 uur en 16.00 – 18.00 uur duren. In het model wordt gewerkt met een representatief restdaguur die met de factoren 12,19 voor personenauto's 10,53 voor vracht is op te hogen naar etmaalniveau.

- opties voor het bepalen van de betrouwbaarheid (9)	Gebruikersinvoer
- opties voor het bepalen van trajectnelheden (9)	Gebruikersinvoer

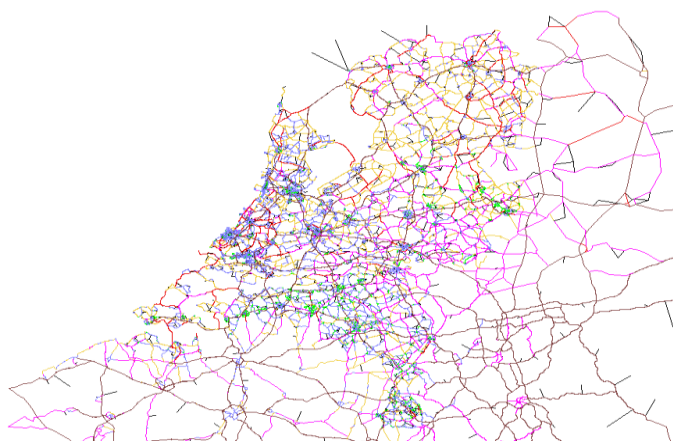
Netwerk (knopen, links, froms)

De kwaliteit van de resultaten van QBLOK wordt mede bepaald door de kwaliteit van het netwerk dat bestaat uit netwerkknopen, netwerklinks en netwerkfroms⁷. Het toetsen van de kwaliteit van deze netwerkgegevens maakt geen onderdeel uit van de onderliggende audit. Wel wordt hieronder een indicatie gegeven van het detailniveau van de netwerken en wordt nader ingegaan op de capaciteiten van een link, omdat dit van belang is bij de interpretatie van de uitkomsten en de werking van QBLOK.

De netwerken van het LMS en NRM-west zijn in Figuur 2.7 en Figuur 2.9 weergegeven. In het LMS is een deel van het stedelijk wegennet meegenomen. Voor Utrecht is dit weergegeven in Figuur 2.. In het NRM-handboek is aangegeven dat:

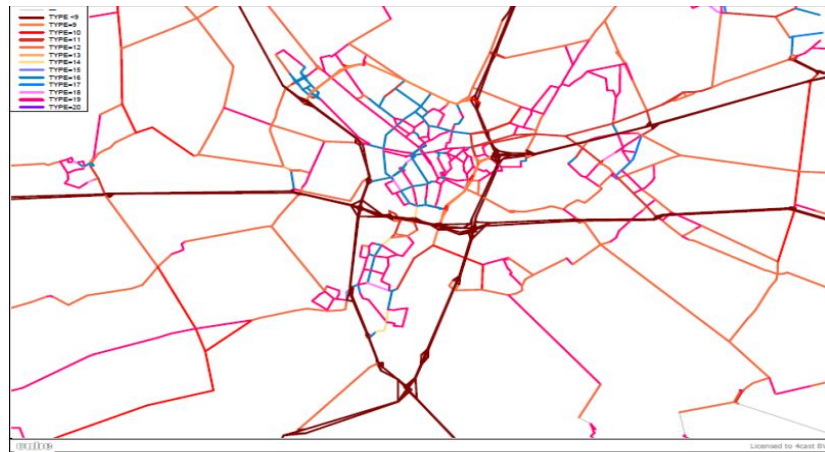
- Alle provinciale en rijkswegen in de netwerken opgenomen dienen te zijn. Van gemeentelijke wegen worden de hoofdroutes meegenomen;
- Het wegennet in het studiegebied van een NRM is gedetailleerd, aansluitend op de PC4-indeling. Voor het invloedsgebied geldt dit ook. In het buitengebied is de infrastructuur op het detailniveau van het LMS aanwezig.
- Kruispuntvormen zijn in de netwerken conform werkelijke vormgeving opgenomen (NWB-niveau).

Daarnaast is in het NRM-handboek aangegeven dat de NRM-zones in principe met 1 voedingslink op het autonetwerk ontsloten worden. In de huidige versies van de netwerken heeft een deel van de zones echter een groter aantal voedingslinks.

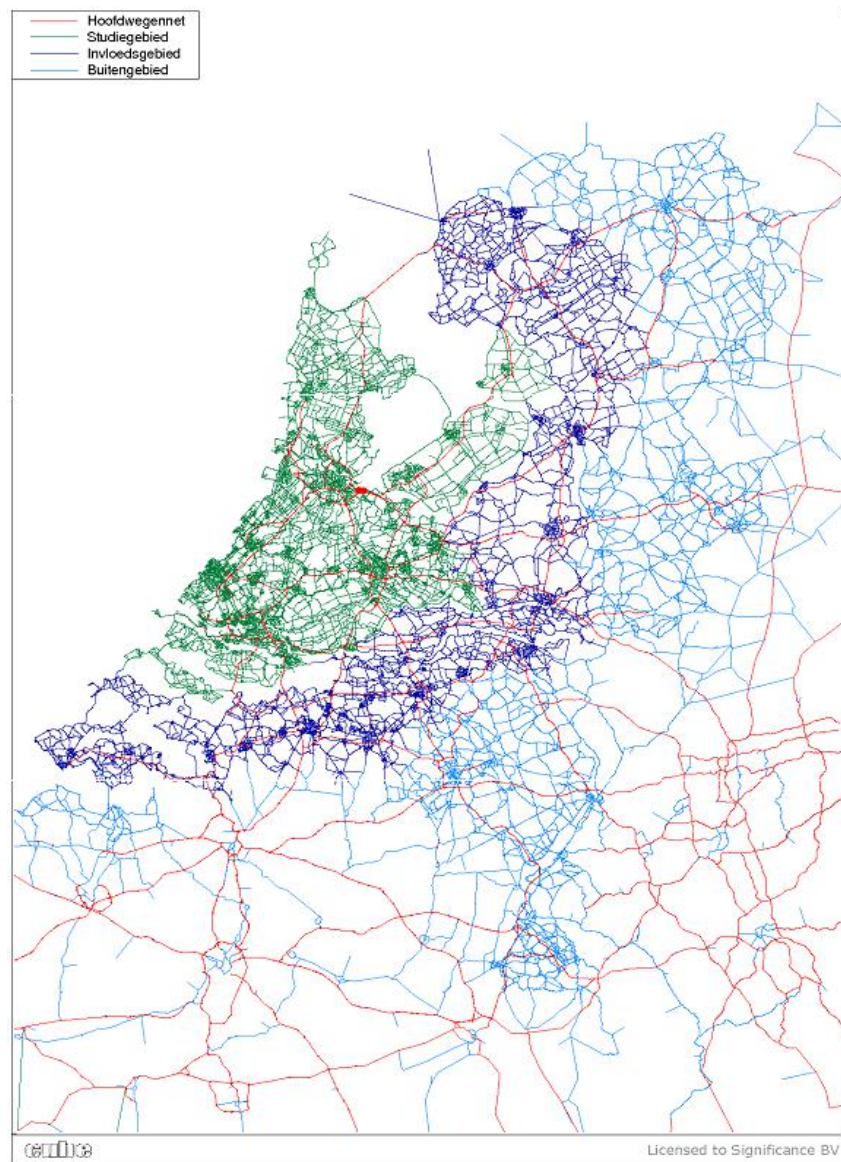


Figuur 2.7: Netwerk LMS (buitenland niet volledig weergegeven)

⁷ Netwerkfroms specificeren voor iedere link de inkomende links



Figuur 2.8: Network LMS Utrecht (Linktypering volgens speedflow-curves QBLOK)



Figuur 2.9: Network NRM-west

Capaciteiten

Voor alle links (wegvakken) in het netwerk is een capaciteit vastgesteld. Voor knooppunten is er geen capaciteit vastgesteld. De capaciteit van knooppunten wordt dus bepaald de capaciteit van de links waaruit het knooppunt is opgebouwd. De capaciteit van de links is gebaseerd op het aantal rijstroken en het wegtype. Hieronder wordt de capaciteit bij weefvakken nader toegelicht en wordt ingegaan op de buffercapaciteit van links.

Bij weefvakken geldt een verlaagde capaciteit. Een automatisch detectiealgoritme bepaalt voor een selectie van wegvakken en wegtypes waar de weefvakken in het netwerk zitten. Voor de bepaling van de reductie van de capaciteit wordt gekeken naar de totale stroom, de I/C-ratio, de grootste inkomende stroom, de grootste uitgaande stroom en de lengte van het weefvak. De parameters voor het bepalen van de capaciteit zijn .bepaald op basis van het het handboek Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen en simulaties met Fosim. Voor een aantal voorbeeldsituaties zijn de parameters bepaald door te kijken naar de stromen (instromen en uitgaande stromen) en de bijbehorende congestie. Deze situaties zijn vervolgens geautomatiseerd overal toegepast.

Om congestie goed te kunnen modelleren is de buffercapaciteit van wegvakken van belang. De buffercapaciteit bepaald hoeveel voertuigen er op een wegvak kunnen staan en is daarmee bepalend voor de lengte van files en dus hoever files terugslaan. In het netwerk zijn congestiebuffers op het knelpunt opgenomen en hebben de links zelf een bepaalde buffercapaciteit (pae/strookkm). Er bestaat een mogelijkheid om extra bufferstroken aan het netwerk toe te voegen, maar dat gebeurt in praktijk niet.

In theorie zou de congestiebuffer (buffercapaciteit in het knelpunt) nul pae/km moeten zijn, omdat de file voor het knelpunt staat. Om te voorkomen dat er te gemakkelijk via een af- en oprit of parallelle routes wordt gereden als er file ontstaat is een congestiebuffer gedefinieerd. De bufferruimte voor de congestiebuffer is onafhankelijk van de linklengte op 250 meter gesteld. In een aantal specifieke situaties zal de filestroom voor het knelpunt het overige verkeer niet zwaar vertragen. In die gevallen is er voor gekozen om de file voor een groter deel op het knelpunt zelf te modelleren, om te simuleren dat de file alleen op afslaande rijstroken van het wegvak ervoor staat. Voor deze situaties wordt de congestiebuffer opgehoogd door meer bufferstroken te veronderstellen.

Bij een iteratieve toedeling kan er in de eerste iteraties een extreem hoog congestieniveau optreden. De lange files die daarbij ontstaan kunnen leiden tot een onlogische routekeuze. Daarom wordt in de eerste iteraties de buffercapaciteit tijdelijk verhoogd.

Afslagverboden

In QBLOK is de mogelijkheid ingebouwd om afslagbewegingen te blokkeren. Dit kan nodig zijn om te voorkomen dat bij congestie de route op een snelweg via een afrit-oprit loopt in plaats van gewoon via de snelweg. Door de verbinding van de afrit-link naar de oprit-link niet toe te staan kan dit worden voorkomen. Afslagverboden moeten handmatig worden ingebracht. In praktijk blijkt het slechts nodig om enkele afslagverboden handmatig in te voeren.

Toedelingmatrix per gebruikersgroep per dagdeel

De invoermatrices voor QBLOK bestaan uit een matrix voor de ochtendspits, avondspits en restdag. Daarnaast wordt onderscheid gemaakt naar motief: werk, zakelijk, overig, vracht.

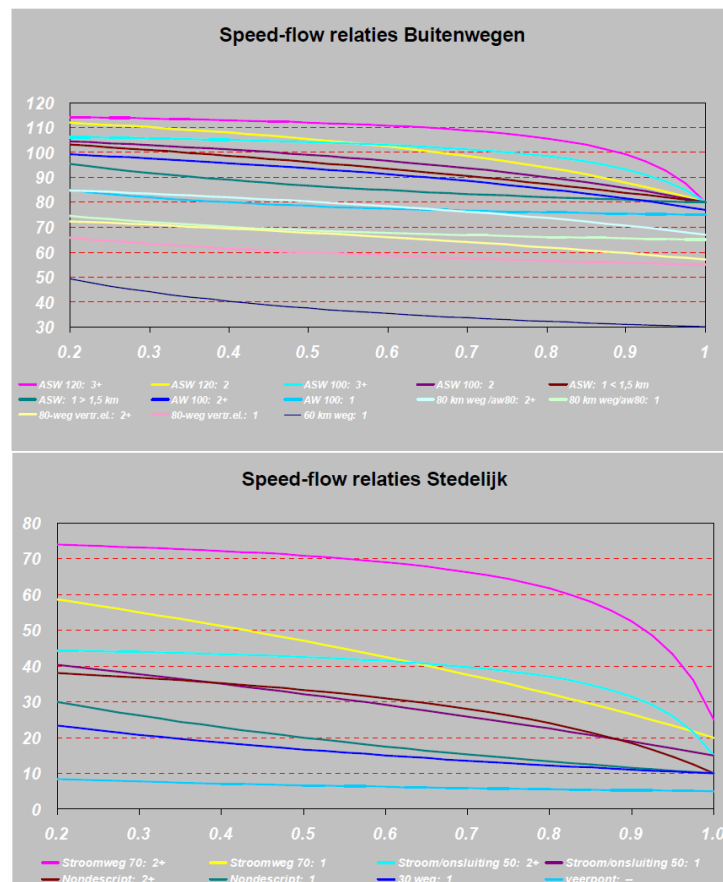
De spitsmatrices bevatten de wensvraag. Dit betekent dat deze matrices niet alleen het verkeer bevatten dat in de spits wordt afgewikkeld, maar ook het verkeer dat in de spits afgewikkeld had willen worden als er geen congestie was geweest. Dit is het verkeersvolume dat de file veroorzaakt.

Restdag I/C-ratio's

De QBLOK-toedeling voor de spits maakt gebruik van de I/C-ratio's in de restdag om te bepalen hoe lang het duurt om het verkeer dat niet in de spits kan worden afgewikkeld in de schouders van de spits af te wikkelen. De I/C-ratio's voor de restdag zijn afkomstig uit een toedeling met QBLOK voor de restdag.

Speed-flow curves

QBLOK maakt gebruik van speed-flow curves om de reistijd te bepalen bij vrije doorstroming ($I/C < 1$). Als er congestie optreedt wordt via wachttijden de extra vertraging bepaald die wordt opgeteld bij de vertraging die met behulp van de speed-flow curve wordt bepaald. In Figuur 2.10 zijn de speedflow-curves weergegeven. Deze curves zijn gekalibreerd op basis van data.



Figuur 2.10: Speed-flowcurves (Bron: gm2011_d7-6.pdf).

Opzoektabel wachttijd en fileduur

In QBLOK wordt gebruik gemaakt van uitgebreide tabellen met wachttijden en fileduur. Voor alle combinaties van I/C-ratio in de spits en de restdag is aan de hand van een wachtrijmodel bepaald wat de wachttijd is en wat de fileduur is. In bijlage C zijn deze wachttijden en fileduur weergegeven. De fileduur is de duur dat een knelpunt met de capaciteit draait. Dit is dus ten eerste de periode dat de aanbodscurve uitkomt boven de capaciteit, plus vervolgens de tijd die het neemt om de opgebouwde wachtrij weer weg te werken. De wachttijd is de tijd die gemiddeld in de spits door één voertuig gewacht moet worden als gevolg van een capaciteitsoverschreiding. In feite is het aantal onverwerkte voertuigen berekend als functie van de tijd, en dit wordt gedeeld door de capaciteit om de wachttijd te verkrijgen.

Omdat er in praktijk wel verkeer in de schouders van de spits rijdt, zijn de wachttijden weergegeven voor verschillende combinaties van I/C-ratio's in de spits en restdag. Daarnaast ervaren niet alle voertuigen dezelfde wachttijd. Hiervoor is in de tabellen een correctie uitgevoerd. De wachttijden worden niet rechtstreeks bij de reistijden opgeteld, maar worden gebruikt bij het bepalen van de instroom en uitstroom op een link, waar vervolgens weer de reistijd uit wordt afgeleid.

In de tabellen met wachttijden en fileduur komen waarden voor die kunnen oplopen tot respectievelijk 9 uur en 10 uur. In praktijk worden de tabellen echter niet in volle omvang gebruikt. De maximale I/C-ratio van de restdag is 0,52 met een bijbehorende maximale wachttijd van ongeveer 1,5 uur en fileduur van ongeveer 6,6 uur. Bij hoge I/C-ratio's in de restdag (>0,55) is de fileduur hoger in de avondspits dan in de ochtendspits. Dit heeft vermoedelijk te maken met het feit dat de avondspits in praktijk langer duurt dan de ochtendspits.

Opties (zie bijlage D)

Voor het hoofdgedeelte van QBLOK en de drie aanvullende modules kunnen 73 opties ingesteld worden, die allemaal het eindresultaat in meer of mindere mate beïnvloeden. Het merendeel is echter vast bepaald voor toepassing binnen het groeimodel aan de hand van experimenten. Dit betreft algemene opties (17), opties ten aanzien van de congestiomodellering (12), opties voor het paden zoeken en de bereikbaarheid (10), opties voor selected link analyses (4), opties voor de berekening van trajectsnelheden (10), opties voor beprijzing (11) en opties voor betrouwbaarheid (9).

2.4.2 Methode QBLOK

2.4.2.1 Gegeneraliseerde reistijd

De totale reistijd op een link wordt default bepaald door de som van de freeflow-tijd (linktype specifiek), de vertraagde afwikkeling onder de capaciteit op basis van de speed-flow curves en wachttijd als gevolg van congestie. Voor vrachtverkeer geldt een aparte linktypespecifieke maximumsnelheid voor vertraagde afwikkeling.

Uit de wachttijd- en de fileduurtabellen wordt een wachtrij afgeleid. Deze werkt stroomopwaarts door in het QBLOK-algoritme wat uiteindelijk leidt tot wachttijden die bij het maximum van de freeflow-reistijd en de vertraagde reistijd (ivm vrachtverkeer) wordt opgeteld.

Bij de reistijd worden kosten op basis van gereden afstand en eventuele additionele (tol)kosten opgeteld. De kosten worden op basis van een gebruikersgroepafhankelijke reistijdwaarderingen omgerekend naar tijden.

2.4.2.2 *Routekeuze*

Voor de routekeuze wordt gebruik gemaakt van een kortste paden algoritme dat is gebaseerd op een methode die bekend staat als het algoritme van Moore-Dijkstra en is beschreven in Van Grol (1988). In QBLOK worden de kortste paden bepaald op basis van gegeneraliseerde reistijden. Default houdt dat in een combinatie van reistijden en additionele (tol)kosten op basis van gebruikersgroep afhankelijke reistijdwaarderingen. Ook kunnen er kosten worden meegenomen op basis van de gereden afstand. Voor elke gebruikersgroep worden de bij deze gebruikersgroep behorende kortste paden bepaald. Hierbij wordt rekening gehouden met doelgroepstroken. Wanneer er echter geen verschillen zijn in de karakteristieken tussen gebruikersgroepen, dan worden de paden niet opnieuw bepaald.

In iedere iteratie wordt opnieuw het verkeer toegedeeld op basis van de kortste paden (paden met laagste gegeneraliseerde reistijd) waarna de stromen gemixt worden met het verkeer uit de voorgaande iteraties. Op deze wijze wordt naar een deterministisch gebruikersevenwicht toegewerkt.

2.4.2.3 *Verkeersafwikkeling:*

De bepaling van de verkeersafwikkeling vindt plaats in drie stappen:

1. Bepaal op basis van de capaciteit over het netwerk de maximale instroom van een link.
2. Bepaal de wachtrijen volgens het principe van vrije doorstroming op stroomopwaartse links – er is een buffercapaciteit op de stroomopwaartse links, maar ook op de link zelf (cbuf) om onnodige terugslag te voorkomen.
3. Bepaal of er blokkades zijn die secundaire stromen blokkeren. De mogelijkheid bestaat om de blokkademodellering uit te zetten waardoor stromen vrij langs elkaar kunnen worden afgewikkeld. Als er een file staat voor rechtsafslaand verkeer, wordt het doorgaande verkeer en het verkeer dat naar links gaat niet geblokkeerd.

QBLOK houdt dus rekening met het feit dat de instroom op links wordt beperkt door knelpunten stroomopwaarts. Daarnaast wordt er een wachtrij gemodelleerd voor knelpunten die terugslaat naar voorgaande links (stroomopwaarts). Ook wordt rekening gehouden met blokkades (= fileterugslag). Deze beperken de maximale uitstroom van een link en de instroom op de filevrije uitgaande link. QBLOK houdt geen rekening met schokgolven.

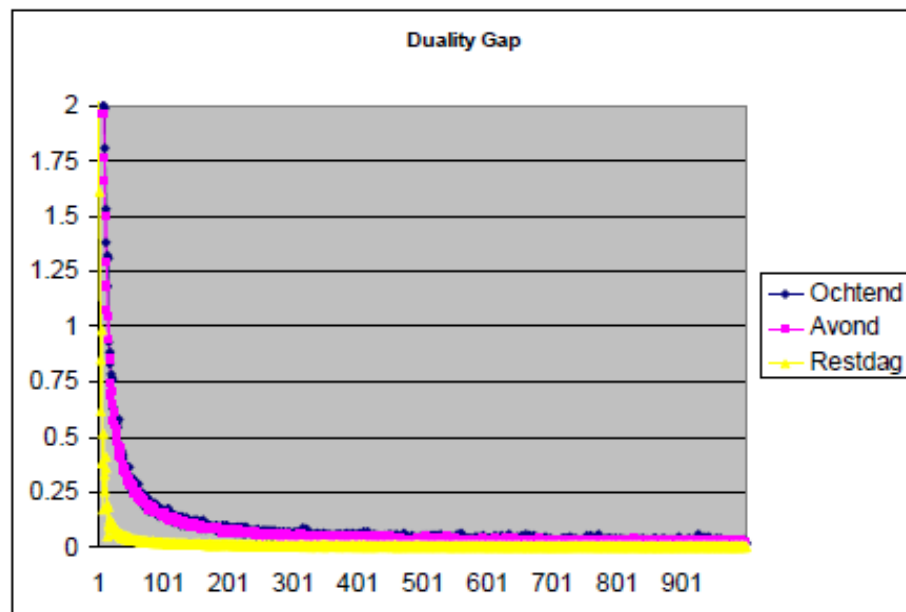
De congestiomodellering kan op lagere orde wegen of in bepaalde gebieden (bijvoorbeeld buitenland) worden afgezwakt of uitgeschakeld. Daarnaast worden blokkades meestal alleen op het hoofdwegennet gemodelleerd.

2.4.2.4 Convergentie

QBLOK kan naar een gebruikersevenwicht op basis van gegeneraliseerde reistijden itereren, maar in praktijk wordt een maximaal aantal iteraties als stopcriterium gebruikt. De resultaten van opeenvolgende iteraties worden daarbij gecombineerd op basis van gewichten. Een zuivere toepassing van een evenwichtstoedeling betekent dat deze gewichten worden bepaald op basis van technieken voor het minimaliseren van een convexe doelstellingsfunctie. Het nadeel van deze technieken is dat bij toepassing in omvangrijke netwerken met een hoog congestie niveau veel rekentijd nodig is om het evenwicht te bereiken. In QBLOK (net als bij veel toedelingmodellen) is daarom gekozen voor een heuristische benadering voor het bepalen van het evenwichtspunt: er wordt gebruik gemaakt van een van tevoren vastgesteld aantal iteraties en een gewicht per iteratie dat afhankelijk is van het iteratienummer. Er zijn verschillende convergentiecriteria die laten zien in hoeverre convergentie bereikt is. Dit betreft de:

- Duality Gap: het gat dat bestaat tussen enerzijds de som van alle linktijden en de som van de padtijden (gewogen naar aantallen gebruikers)..
- Kwadratische afwijking: gemiddelde verandering van de toegedeelde stroom over alle links.
- Maximale verandering linkvolume.

In Figuur 2.11 is de ontwikkeling van duality gap te zien tot 1000 iteraties. Aan de absolute waarde van de dualitygap kan weinig waarde worden gehecht omdat deze sterk wordt bepaald door de verhouding van locaties met congestie (deel van de lagere orde wegen en buitenlandse wegen) ten opzichte van de rest van het netwerk. De afname van de duality gap laat in ieder geval wel zien dat er convergentie optreedt.



Figuur 2.11: ontwikkeling duality gap tot 1000 iteraties (Bron: 4Cast (2010)).

2.4.2.5 QBLOK op het onderliggend wegennetwerk

Op het onderliggend wegennetwerk hanteert QBLOK de speedflowcurves zoals weergegeven in Figuur 2.10. Voor het onderliggend wegennetwerk zijn deze gebaseerd op het onderzoek 'Autoreistijdmetingen Luteijn 2004' waarbij over diverse trajecten binnen de provincie Utrecht (zowel binnen als buiten de bebouwde kom) reistijden zijn gemeten door testrijders. In het najaar van 2004 is op een aantal dagen in de ochtend- en avondspits door meerdere testrijders een bepaald traject afgelegd. De reistijd en gemiddelde snelheid zijn per deeltraject vastgelegd. Ter referentie is eveneens een rit in de daluren gemaakt.

Op de X-as van de speed-flowcurves staat de I/C verhouding. Het is daarom van belang dat de capaciteiten goed worden gekozen voor de verschillende wegtypes. Dit is uiteraard ook van belang voor de congestiemodellering. Bij de bepaling van de capaciteiten op lagere orde wegen is rekening gehouden met type kruispunten (ongelijkvloers, VRI-geregelde kruispunten, rotondes etc.), de aanwezigheid van langzaam verkeer, erfaansluitingen etc.

Naast vertragingen die op basis van de speed-flow curves worden berekend, wordt via de filemodellering extra congestie berekend. Zodra de I/C-ratio's hoger wordt dan 1 treedt er extra reistijdverlies op. Bij lagere I/C-ratio's kan dit, mede afhankelijk van de drukte in de restdag, echter ook al gebeuren. Wanneer er sprake is van een zeer gepiekte spits kan bij een gemiddelde 2-uurs (intensiteit < capaciteit) toch sprake zijn van congestie gedurende een korte periode. In de documentatie staat dat de filemodellering op lagere orde wegen of in bepaalde gebieden (bijvoorbeeld buitenland) kan worden afgezwakt of uitgeschakeld. Per linktype kan worden aangegeven welke vorm van filemodellering wordt gekozen. Er zijn vier mechanismen ingebouwd om de filemodellering op niet-auto(snel)wegen af te zwakken:

- De blokkademodellering kan worden uitgezet. Er is sprake van een blokkade wanneer verkeer wordt opgehouden als gevolg van een knelpunt stroomafwaarts dat zelf niet het knelpunt zal passeren. Voorwaarde hierbij is echter wel dat dit verkeer niet direct geconfronteerd wordt met een ander congestiepunt. Vanaf linktype 9 en lager is de blokkademodellering standaard uitgezet.
- Er is een mogelijkheid om de buffercapaciteit met een factor te verhogen. Dit wordt standaard niet gedaan.
- Er is een mogelijkheid om het aantal bufferstroken te verhogen ongeacht of de stroken in praktijk aanwezig zijn. Voor de lagere orde wegen (vanaf linktype 5) is deze verhoogd naar minimaal 2 rijstroken.
- Op éénstrookswegen binnen de bebouwde kom (NRM type 6) met een snelheid van minder dan 60 km/u en op alle wijkontsluitingswegen (NRM type 7) is het mogelijk om bij de congestiemodellering de capaciteit te verdubbelen. Dit in de veronderstelling dat deze wegen in het modelnetwerk meerdere wegen representeren. Deze capaciteitsuitbreiding kan gebiedspecifiek worden toegepast. Voor de berekening van de vertraging op basis van de speedflow curves wordt uitgegaan van de oorspronkelijke capaciteiten. (Herziening QBLOK pag. 31)

Tot slot is generiek gekozen voor het niet blokkeren van stromen als de blokkerende stroom minder dan 33% van het totale verkeersvolume op een link

betreft. Een afrit van 1 strook zal zo niet een rijbaan van 3 stroken volledig blokkeren.

2.4.2.6 *Gebruikersklassen*

In QBLOK wordt een multi-user class toedeling uitgevoerd. Voor iedere gebruikersklasse (werk, zakelijk, overig, vracht) wordt de route met de laagste gegeneraliseerde reistijd gekozen, waarbij de berekening van de gegeneraliseerde reistijden per gebruikersklasse kan verschillen doordat de free-flow reistijden per gebruikersgroep kunnen verschillen (vracht – en niet vracht) en door verschillende kosten per kilometer en andere reistijdwaarderingen. De speed-flow curves maken geen onderscheid naar gebruikersgroep. Voor vracht wordt dus slechts een andere free-flowsnelheid gehanteerd.

Koppeling modules/procedures:

Aan QBLOK zijn drie module toegevoegd:

- METRAN: (methodiek trajectsnelheden NRM): dit is een module waarmee informatie kan worden verkregen over trajecten.
- Selected link analyse: Met de 'select link' procedure in QBLOK kunnen de herkomst-bestemmingsrelaties die een punt of screenline in het netwerk passeren bepaald worden. Daarnaast kan per screenline bepaald worden welke routes er gevolgd worden.
- Betrouwbaarheid: In 2004 is QBLOK uitgebreid met de mogelijkheid om indicatoren indicatoren voor de betrouwbaarheid van reistijd te berekenen. Deze module is echter niet operationeel.

2.4.3 *Uitvoer QBLOK*

De belangrijkste uitvoer van QBLOK is de bereikbaarheidskwaliteit (reistijd/afstand/kosten tussen zones van het netwerk). Dit is input voor de vraagmodule van het groeimodel. Daarnaast is het 'geladen netwerk' belangrijke uitvoer van QBLOK. Hierin staan de filelocaties, snelheden, intensiteiten etc.

Van secundair belang zijn de trajectsnelheden en de resultaten van selected link analyses (vooral voor kalibratie van de basis matrices).

Reistijden, afstanden en kosten per herkomst-bestemmingspaar.

De gerapporteerde reiskosten, reisafstanden en reistijden zijn een gewogen gemiddelde van de routes tussen de herkomsten en bestemmingen.

In QBLOK worden de drie dagdelen afzonderlijk toegedeeld. Daarbij is het aanbod voor de spitsen bepaald op basis van de tonenmethodiek (wensvraag) en wordt de overloop naar de schouders van de spits bepaald, ofwel de file in de schouders als gevolg van de spits. Voor een juiste modellering van de dagdeelkeuze is de reistijd in de schouders van de spitsen (6.00-7.00, 9.00-10.00, 15.00-16.00 en 18.00-19.00) van belang. De reistijden in de schouders van de spitsen zijn een combinatie van de reistijden in de spits en de reistijden in de restdag. De weging wordt bepaald door de fileduur, die aangeeft hoelang de spitscongestie doorloopt in de schouders.

Intensiteiten

In de uitvoer van QBLOK worden verschillende intensiteiten gerapporteerd. Dit betreft de berekende intensiteit op basis van de wensvraag, maar ook de daadwerkelijk afgewikkelde stroom in spitsblok rekening houdend met uitstroombeperkingen, fileterugslag en blokkades. Deze laatste is de meest realistische en wordt gebruikt in vervolgberekeningen. Deze intensiteit kan nooit hoger zijn dan de capaciteit. De berekende intensiteit wordt echter ook niet lager naarmate het drukker wordt. In praktijk gaan intensiteiten omlaag na een bepaald congestieniveau. In QBLOK geldt dat als sprake is van congestie de uitstroom van een wegvak gelijk is aan de gehanteerde capaciteit. Dit maakt een vergelijking met data en toepassing in vervolgberekeningen moeilijk.

2.4.4 *Maatregelen*

Via de volgende variabelen kunnen beleidsmaatregelen worden doorgerekend:

- Aanpassingen in de infrastructuur – per link of via een algemene capaciteitsfactor (voor snelwegen)
- Aanpassingen in de kosten – tolkosten per tolpunt of per km per gebruikersgroep De kosten per km worden voor twee groepen wegen apart opgegeven (onderverdeling op basis van linktype).

2.4.5 *Discussie*

Deze paragraaf gaat in op de belangrijkste discussiepunten ten aanzien van het modelmechanisme van QBLOK. In paragraaf 2.8 wordt nader in gegaan op de modeluitkomsten van het LMS en NRM op netwerkniveau. Deze uitkomsten zeggen deels iets over de kwaliteit van QBLOK, maar worden ook grotendeels bepaald door andere aspecten van het modelsysteem (invoer, systeemarchitectuur, vraagmodellering en kalibratie). Daarom worden ze in een aparte paragraaf besproken.

2.4.5.1 *Gegeneraliseerde reistijden*

De routekeuze van QBLOK is gebaseerd op gegeneraliseerde reistijden. Het is echter niet bekend in hoeverre mensen in praktijk hun routekeuze baseren op dezelfde verhouding tussen reistijd en reiskosten als in het model wordt verondersteld. Doordat geen kalibratie en validatie op de routekeuze heeft plaatsgevonden is dit niet te toetsen.

2.4.5.2 *Routekeuze*

Doordat gebruik wordt gemaakt van een deterministische routekeuze is het lastig om een realistische modellering van de verkeersstromen bij gelijkwaardige routes te realiseren. Problemen die zich voordoen zouden met meer iteraties opgelost kunnen worden, maar praktisch is dat vaak onhaalbaar. Met een stochastische modellering kan dit worden verbeterd. Dit is wel overwogen, maar nooit uitgevoerd. De vraag is wat de consequentie is van deze vorm van routekeuze.

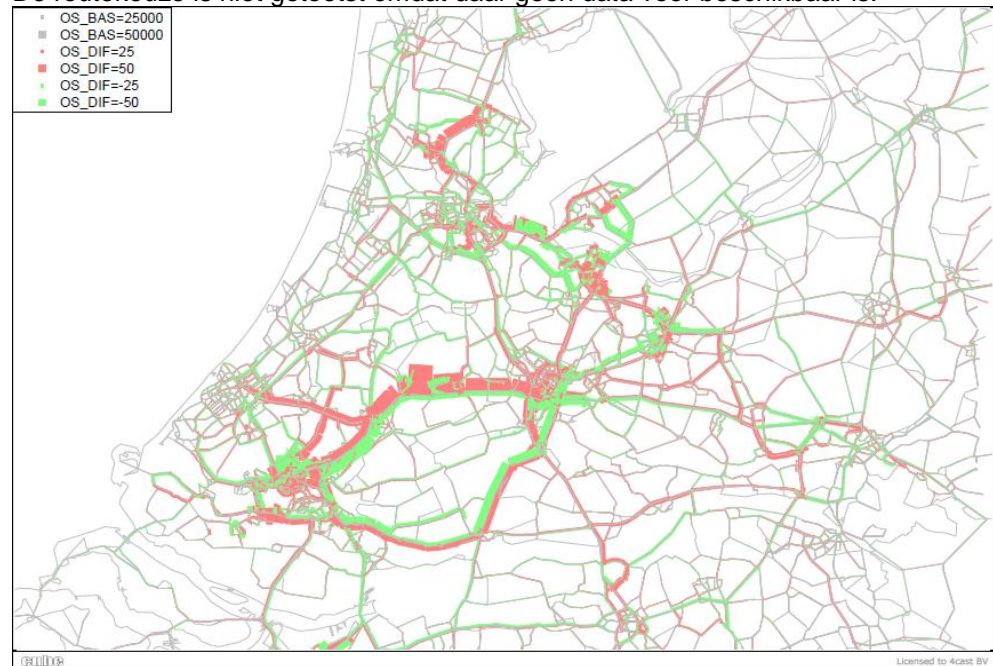
De toetsen die in het rapport Toetsen robuustheid QBLOK (2010) lijken onder andere aan te geven dat kleine veranderingen (in de capaciteit, vervoervraag, kosten of parameters) op gelijkwaardige routes snel tot verschuivingen in

routekeuze leiden. Deze conclusie is echter niet met 100% zekerheid te trekken omdat de resultaten door congestie en het aantal uitgevoerde iteraties worden beïnvloed.

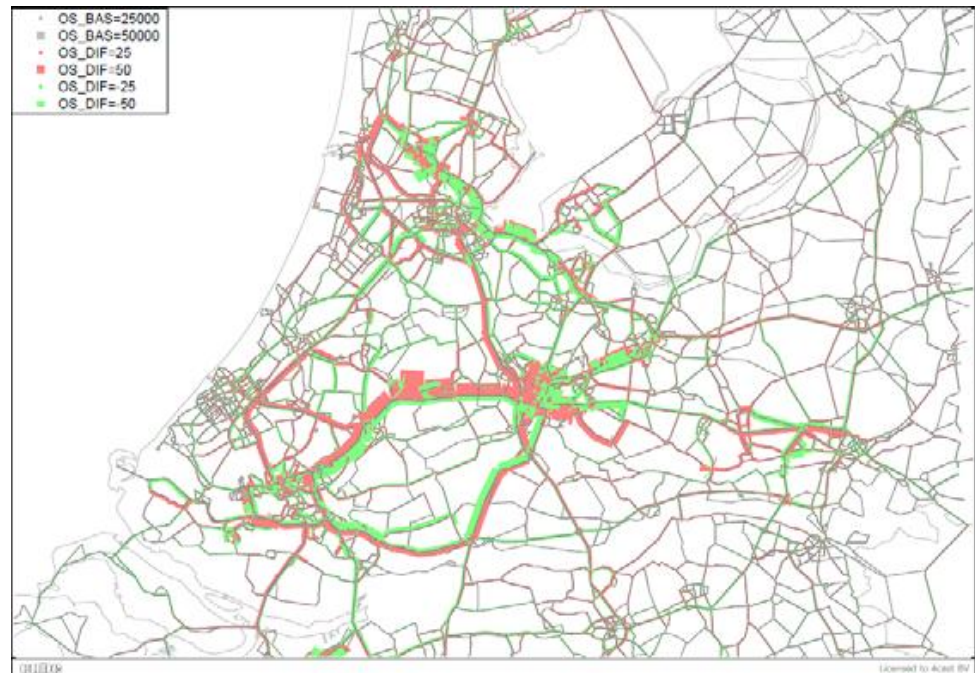
Het onderstaande voorbeeld geeft aan dat dit desondanks toch een punt van aandacht is. Als het vrachtverkeer op de corridor Rotterdam – Ruhrgebied (+achterland) bijvoorbeeld toeneemt met 7 pae/uur, dan treedt er een verschuiving op van de route via de A12 naar de route via de A15 en andersom. In de ochtendspits is dit effect echter sterker dan in de avondspits. In de ochtendspits zijn er ongeveer 7 Pae/uur toegevoegd op de corridor Rotterdam-Ruhrgebied. Dit leidt in de ochtendspits bij 50 iteraties tot een verschuiving van 50-100 Pae/uur tussen de A15/A27 en de A12. In de avondspits zijn de veranderingen als gevolg van de toegevoegde 7 pae/uur veel minder. De verdeling tussen de twee routes A15/A27 en de A12 wordt minder gestuurd door congestie dan in de ochtendspits.

Vergelijkbare verschuivingen in routekeuze treden op bij veranderingen in het aantal iteraties met verhoogde buffercapaciteit (zie Figuur 2.12). Deze aanpassing zou niet tot een ander resultaat mogen leiden, maar is mogelijk gerelateerd aan het aantal uitgevoerde iteraties.

De routekeuze is niet getoetst omdat daar geen data voor beschikbaar is.



Figuur 2.12: Verandering uurintensiteiten ochtendspits bij 50 iteraties als gevolg van een toename van het vrachtverkeer tussen Rotterdam en het Ruhrgebied met 50 pae/uur (bron: Toetsen robuustheid QBLOK (2010))



Figuur 2.13: Verandering uursintensiteiten ochtendspits bij een verandering van het aantal iteraties met verhoogde buffercapaciteit (bron: Toetsen robuustheid QBLOK (2010))

2.4.5.3 Verkeersafwikkeling

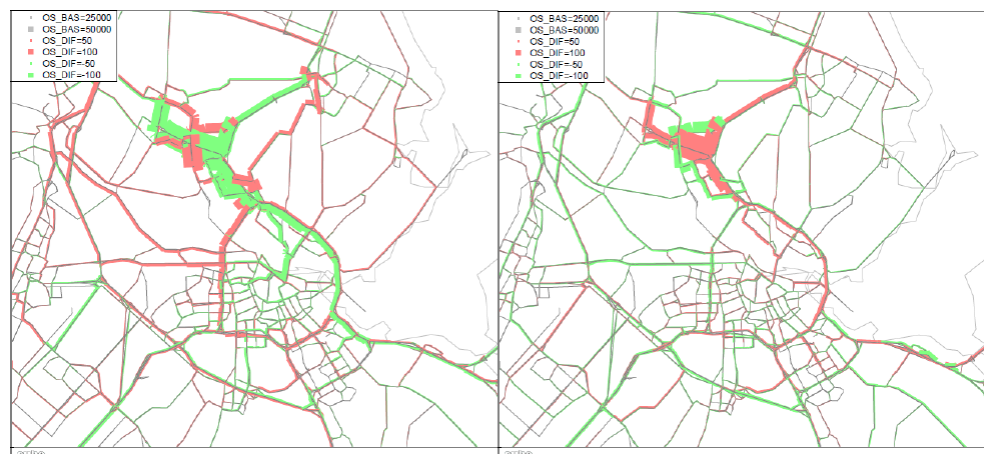
QBLOK is een model dat al geruime tijd in ontwikkeling is (ongeveer 20 jaar). In loop der jaren is daarmee een model ontstaan dat rekening houdt met belangrijke principes uit de verkeersstroomtheorie. Zoals eerder is vermeld, wordt de instroom op de beschouwde link beperkt wanneer op de voorgaande links een capaciteitsoverschrijding optreedt. Er wordt een wachtrij gemodelleerd voor de knelpunten die terugslaat op voorgaande links en ook wordt bepaald of er blokkades optreden.

QBLOK heeft veel invoer en de doorvoer bestaat uit een aaneenschakeling van een heleboel stappen die op zich logisch lijken, maar door de veelheid en complexiteit van die stappen is niet goed te voorzien in hoeverre dit realistisch uitkomsten oplevert. Komen de files bijvoorbeeld op de juiste plek te staan, met de juiste duur en mate van fileterugslag en met het juiste reistijdverlies. Zijn de berekende intensiteiten, reistijden en routekeuze plausibel? Hoe goed werkt QBLOK op het onderliggend wegennetwerk? Etc.

Bovenstaande aspecten kunnen deels beoordeeld worden aan de hand van voorbeeldberekeningen die met QBLOK zijn gemaakt. QBLOK is toegepast op een aantal kleine realistische netwerken om te zien of op realistische wijze files worden gemodelleerd en om de parameters/opties bij te stellen. De betreft onder andere de buffercapaciteit in een knelpunt en het aantal voertuigen dat per strook kan worden gebufferd. Nadat is gebleken dat QBLOK voor deze kleine netwerken goed werkt, is het model van toepassing verklaard op heel Nederland. Dat files op kleine netwerken goed kunnen worden gereproduceerd, betekent echter niet automatisch dat het model zich ook goed gedraagt in andere omstandigheden.

De gevoeligheid van het model voor wijzigingen in parameters geeft aanvullend inzicht in de plausibiliteit van de resultaten. In het rapport Toetsen robuustheid QBLOK (2010) zijn de invoerparameters van QBLOK met betrekking tot de filemodellering gevarieerd: de buffercapaciteit, de buffercapaciteit in het knelpunt, het aantal iteraties met verhoogde buffercapaciteit en het maximum en minimum aantal links dat wordt terug gekeken. Over het algemeen laten deze analyse plausibele resultaten zien, maar soms doen zich toch onverwachte fenomenen voor die lokaal een relatief groot effect kunnen. Dit wordt hieronder geïllustreerd voor de variatie van de buffercapaciteit.

De buffercapaciteit bepaalt het aantal voertuigen in file dat op een link verwerkt kan worden. Een hogere waarde betekent meer auto's per kilometer in de file en daardoor minder terugslag. Minder terugslag betekent minder kans op een blokkade. Een lagere waarde geeft een langere file en dus meer blokkades. Standaard staat deze parameter op 100 Pae per strookkilometer. De waarde 100 is gemotiveerd in de functionele specificatie van QBLOK. Onderzocht is het effect op de eindtoedeling wanneer deze default waarde voor de BUFPAE verlaagd wordt naar 95 of verhoogd wordt naar 105. De hypothese is dat deze veranderingen met name effect hebben op de verliesuren als gevolg van blokkades, maar verder niet leiden tot substantiële veranderingen. De verlaging van buffercapaciteit gaf plausibele resultaten, maar een verhoging van de buffercapaciteit leidde tot een onverwacht effect. Bij een hogere waarde voor de buffercapaciteit zou je verwachten dat er minder blokkades zouden zijn en daardoor minder congestie. Het beeld is echter niet helemaal eenduidig. In de ochtendspits staan er minder voertuigen in de file (-0,65%), maar ze veroorzaken in totaal iets meer file-uren (+0,71%). Het aantal file-uren in blokkades neemt wel af (-2,69%). De toename van de file-uren kan komen doordat de toedeling onvoldoende geconvergeerd is. Dit is echter niet verder onderzocht. De avondspits geeft een nette afname van het totaal aantal file-uren, maar het aantal file-uren in blokkades neemt toe (+5,02%).



Figuur 2.14: Verandering intensiteit, ochtendspits: links buffercapaciteit 95 rechts 105 (Bron: Toetsen robuustheid QBLOK (2010))

Aangezien dit effect kan worden veroorzaakt doordat het algoritme nog niet helemaal is geconvergeerd na 50 iteraties, is het niet mogelijk om te beoordelen van een verandering in de buffercapaciteit tot plausibele resultaten leidt. De totale veranderingen zijn klein, maar lokaal kunnen dit toch grote verschillen zijn en kunnen er hierdoor routekeuzeverschillen ontstaan zoals in figuur 2.14 is te zien.

Op de A7 is een afname van 100 pae/uur (2,3%) te zien bij een lagere buffercapaciteit en een toename van 80 pae/uur bij een hogere buffercapaciteit op een totale stroom van 4300 pae (1,9%).

Feit is dat in praktijk vaak niet meer dan 50 iteraties worden uitgevoerd waardoor deze fenomenen zich kunnen voordoen.

2.4.5.4 *Convergentie*

Convergentie is belangrijk voor de stabiliteit van de uitkomsten. Als naar het effect van maatregelen wordt gekeken, moet zeker zijn dat het effect toe te schrijven is aan de maatregelen en niet aan de mate van convergentie. In Toetsen robuustheid QBLOK (2010) is de invloed van het aantal iteraties en dus de mate van convergentie onderzocht op de resultaten van QBLOK. Hieruit is gebleken dat QBLOK bij 50 iteraties onvoldoende is geconvergeerd om de effecten van kleine veranderingen in de matrices te bepalen. Ter indicatie: bij 50 iteraties heeft iedere iteratie een bijdrage van 2%, wat inhoudt dat een wijziging van de routekeuze bij één iteratiestap een verschil van 2% van de stromen op de herkomst bestemming relatie tot gevolg kan hebben. Op wegvakniveau kan het verschil groter zijn. Daarbij geldt dat 2% verschuiving vanaf het hoofdwegennetwerk naar het onderliggend wegennetwerk op het onderliggend wegennetwerk veel meer dan 2% verschil maken.

De analyse van een groot aantal iteraties laat zien dat bij 50 iteraties de toedeling nog niet geconvergeerd is. In totale reistijd en het aantal file-uren is de verandering tussen 50 en 1000 iteraties minder dan 1%. De verandering in linkintensiteiten neemt pas af na 100 iteraties. Dat is ook te zien in de convergentiematen. In de spitsen neemt de dualitygap en de convergentiefactor na de 50ste iteraties nog fors af. Dit duidt erop dat er bij 50 iteraties nog een forse marge in de uitkomsten is.

Voor de terugkoppeling naar het groeiemodel zijn de padkosten van belang. Op geaggregeerd niveau is te zien dat 50 iteraties echt een ondergrens is.

2.4.5.5 *Effect van maatregelen*

In Toetsen robuustheid QBLOK (2010) is het effect van drie type maatregelen geanalyseerd: een uitbreiding van de capaciteit, een verandering in de vervoervraag op een aantal relaties en beprijzen. Hieruit is gebleken dat lokale uitbreiding van infrastructuur een plausibel beeld geeft. Op en rond de uitbreiding zijn grote veranderingen, daarbuiten slechts kleine veranderingen. Ook bij de toename van de vervoersvraag op drukke relaties zijn de veranderingen buiten deze relaties beperkt.

Ten aanzien van beprijzen concludeert het rapport: *“De invloed van beprijzen is groot. Bij het basistarief van 6.25 ct/km nemen de kosten op het HWN toe met 81% en op het OWN met 62.5%. Het basistarief zorgt ervoor dat kortere routes relatief aantrekkelijker worden, waardoor een deel van het verkeer van de snelwegen af gaat. In het LMS wordt binnenstedelijk de congestiemodellering beperkt om voldoende ontsluiting van zones te krijgen. Daardoor kan het zijn dat er meer doorgaand verkeer door de steden gaat zonder dat dit tot extreme congestie leidt. Dit zou een overschatting betekenen van het effect van de basisheffing. De*

congestieheffing van 7.47 ct/km zorgt voor een extra stijging van de kosten op de heffingslocaties met 53.5% op het HWN en 46% op het OWN. De veranderingen als gevolg van een congestieheffing kunnen lokaal groter zijn dan die als gevolg van de basisheffing. Dit is sterk afhankelijk of er op de alternatieve routes geheven wordt of niet. Het beprijzen van één traject heeft grote gevolgen voor de routekeuze. De case A27L Lunetten- Everdingen laat zien dat wanneer er ruimte op de alternatieve routes is er veel verkeer voor die andere routes zal kiezen.”

2.4.6 Samenvatting belangrijkste aandachtspunten QBLOK

Deze paragraaf vat de belangrijkste aandachtspunten voor het modelmechanisme van QBLOK samen:

- Gegeneraliseerde reistijden: de routekeuze van QBLOK is gebaseerd op gegeneraliseerde reistijden. Het is echter niet bekend in hoeverre mensen in praktijk hun routekeuze baseren op dezelfde verhouding tussen reistijd en reiskosten als in het model wordt verondersteld. Doordat geen kalibratie en validatie op de routekeuze heeft plaatsgevonden is dit niet te toetsen.
- Routekeuze: Doordat gebruik wordt gemaakt van een deterministische routekeuze is het lastig om een realistische modellering van de verkeersstromen bij gelijkwaardige routes te realiseren. Problemen die zich voordoen zouden met meer iteraties opgelost kunnen worden, maar praktisch is dat vaak onhaalbaar. Met een stochastische modellering kan dit worden verbeterd.
- Verkeersafwikkeling: QBLOK houdt met belangrijke principes uit de verkeersstroomtheorie rekening: de instroom in een link wordt beperkt wanneer op de voorgaande links een capaciteitsoverschrijding optreedt. Er wordt een wachtrij gemodelleerd voor de knelpunten die terugslaat op voorgaande links en ook wordt bepaald of er blokkades optreden. QBLOK heeft veel invoer en de doorvoer bestaat uit een aaneenschakeling van een heleboel stappen die op basis van de documentatie moeilijk te doorgronden zijn maar op zich wel logisch lijken. Door de veelheid en complexiteit van die stappen is echter niet goed te voorzien in hoeverre dit realistisch uitkomsten oplevert. Testen van de filemodellering op kleine netwerken laten plausibele resultaten zien. Dat files op kleine netwerken goed kunnen worden gereproduceerd, betekent echter niet automatisch dat het model zich ook goed gedraagt in andere omstandigheden. Paragraaf 2.8 gaat nader in de modeluitkomsten in het hele netwerk van het LMS en NRM.
- Intensiteiten: In de uitvoer van QBLOK worden verschillende intensiteiten gerapporteerd. Dit betreft de berekende intensiteit op basis van de wensvraag, maar ook de daadwerkelijk afgewikkelde stroom in spitsblok rekening houdend met uitstroombeperkingen, fileterugslag en blokkades. Deze laatste is de meest realistische en wordt gebruikt in vervolgberekeningen. Deze intensiteit kan nooit hoger zijn dan de capaciteit. De berekende intensiteit wordt echter ook niet lager naarmate het drukker wordt. In praktijk gaan intensiteiten omlaag na een bepaald congestieniveau. In QBLOK geldt dat naarmate de congestie toeneemt de I/C-ratio dichter naar 1 gaat (dit is inherent aan een statisch model, maar maakt vergelijking met data wel moeilijk).
- Onderliggend wegennetwerk:
 - de speed-flowcurves op het onderliggend wegennetwerk zijn gebaseerd op metingen van testrijders op diverse trajecten binnen de provincie Utrecht (zowel binnen als buiten de bebouwde kom) op een

- aantal dagen in de ochtend- en avondspits. Deze zijn vervolgens zonder validatie van toepassing verklaard op de rest van Nederland.
- Bij de bepaling van de capaciteiten op lagere orde wegen is rekening gehouden met type kruispunten (ongelijkvloers, VRI-geregelde kruispunten, rotondes etc.), de aanwezigheid van langzaam verkeer, erfaansluitingen etc.
 - De filemodellering op lagere orde wegen of in bepaalde gebieden (bijvoorbeeld buitenland) kan worden afgezwakt of uitgeschakeld o.a. door de (buffer)capaciteit of het aantal bufferstroken kunstmatig te verhogen.

De bovenstaande constatering leidt er toe dat de resultaten van QBLOK in termen van reistijden, intensiteiten en filelocaties op het onderliggend wegennetwerk vermoedelijk een grote onnauwkeurigheidsmarge kennen. Dit is echter niet gevalideerd omdat de data hiervoor ontbreekt. Dit betekent dat bij maatregelen waarbij uitwisseling van verkeer tussen het onderliggend wegennetwerk en het hoofdwegennetwerk van belang is mogelijk te grote of te kleine verschuivingen van en naar het onderliggend wegennetwerk op kunnen treden.

- **Convergentie:** QBLOK is bij 50 iteraties onvoldoende geconvergeerd om de effecten van kleine veranderingen in de matrices te bepalen. Bij kosten-batenanalyses worden meer iteraties uitgevoerd (100), waardoor convergentieproblemen daarbij niet of nauwelijks nog optreden, maar bij andere toepassingen kan dit dus wel een probleem zijn. Ter indicatie: bij 50 iteraties heeft iedere iteratie een bijdrage van 2%, wat inhoudt dat een wijziging van de routekeuze bij één iteratiestap een verschil van 2% van de stromen op de herkomst bestemming relatie tot gevolg kan hebben. Op wegvakniveau kan het verschil groter zijn. Daarbij geldt dat 2% verschuiving vanaf het hoofdwegennetwerk naar het onderliggend wegennetwerk op het onderliggend wegennetwerk veel meer dan 2% verschil maken.
- **Gevoeligheid:** Over het algemeen laten de uitgevoerde gevoeligheidsanalyses plausibele resultaten zien, maar soms doen zich toch onverwachte fenomenen voor die lokaal een relatief groot effect kunnen hebben.

2.4.7 Referenties

- 4Cast, Transpute, Rand Europe (2008), Herziening QBLOK: functionele specificatie, een rapport voor Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart, P06-0044
- 4Cast, Transpute, Rand Europe (2009), Herziening QBLOK: eindrapportage, een rapport voor dienst Verkeer en Scheepvaart, P06-0044
- 4Cast (2010), LMS/NRM kwaliteit, Eindtoedelingen basisjaar Fase 2, bijzondere onderdelen, Projectnummer: p10-9014
- 4Cast (2010), Toetsen robuustheid QBLOK, een rapport voor Dienst Verkeer en Scheepvaart, november 2010 P09-9060.
- 4Cast (2012), QBLOK2004 versie 1_93 memo_4cast
- Transpute (2007), Functionele specificatie nieuwe versie Q-blok algoritme, Memo_Qblok_20070404.pdf
- Transpute (2006), Speed-Flow relaties, SpeedFlow_20061215.pdf
- Transpute (2008), Update Speed-Flow relaties, SpeedFlow_2008_upd.pdf
- Transpute (2011), Memo Speed-flow curve 130, 20110414 Memo Speed Flowcurve 130.pdf

gm2011-d7-6.pdf, Documentatie van GM 2011, Deel D7-6, Programma QBLOK, 20 juni 2011

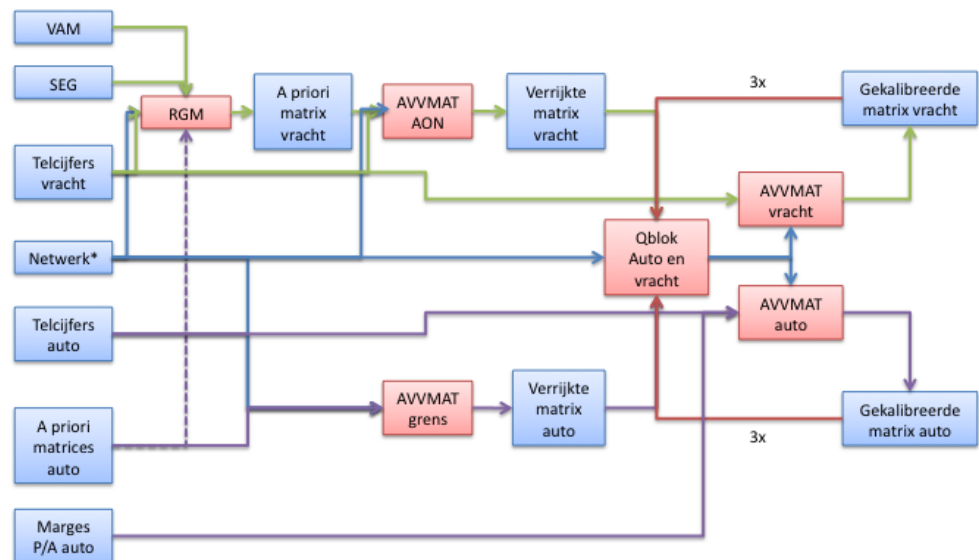
Gesprek Dick Bakker, Jaap van Toorenborg

2.5 Matrixkalibratie personenauto en vracht

2.5.1 Inleiding

Het onderdeel matrixkalibratie wijkt deels af van de voorgaande analyses. In dit deel worden niet zozeer de gebruikte programma's geanalyseerd, maar ligt het accent op het proces. Dit proces bestaat voor zowel het LMS als de 4 NRM's uit drie fasen:

1. De constructie van de a priori-matrices, voor vrachtauto's met behulp van het Regionaal Groeimodel (RGM) en voor personenauto's met het Groeimodel (GM);
2. Verrijking van de a-priorimatrices op basis van lokale informatie, voor vrachtauto's een eerste matrixkalibratie op basis van een alles of niets toedeling, voor personenauto's een aanpassing van de a-priorimatrices aan de telcijfers op de grens;
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 a-priorimatrices 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.



* Bij derde iteratie nieuwe versie

Figuur 2.15: Hoofdpijnen matrixkalibratie vrachtverkeer en personenauto
 Blauw blok: data, Roze blok: programma; groene lijn: vracht; blauwe lijn: netwerken; paarse lijn: personenauto; rood: terugkoppeling

Eerst worden in de volgende drie subparagrafen de 3 fasen nader beschreven. Basis hiervoor zijn de rapportages over 5 kalibratiestudies (LMS en 4 NRM's). Deze 5 studies zijn parallel uitgevoerd, zijn alle met hetzelfde stappenplan doorlopen en gebruik makend van (delen van) dezelfde data. Aan het eind van het proces in de matrixschatting is bovendien een synchronisatieslag uitgevoerd wat betreft netwerken en telcijfers. Het stappenplan is gebaseerd op het Handboek Kalibratie en de ervaring in een eerste ronde met matrixkalibratie voor NRM West en NRM Noord.

Het toedelingprogramma Qblok wordt in elke fase toegepast. In de fasen 2 en 3 wordt het matrixschattingsprogramma AVVMAT gebruikt. Qblok is in de voorgaande paragraaf besproken. In 2.5.4 wordt ingegaan op de voornaamste kenmerken van het programma AVVMAT. Tot slot worden de belangrijkste discussiepunten van de matrixkalibratie besproken. In de tekst wordt de term kalibratie gebruikt voor het gehele proces en de term matrixschatting voor de toepassing van het programma AVVMAT.

2.5.2 Genereren a-priorimatrices

2.5.2.1 Vrachtverkeer

De a-priorimatrix voor het vrachtverkeer wordt afgeleid uit de landelijke Vrachtautomatrix (VAM). Deze matrix is afgeleid uit de basisbestanden goederenvervoer en beschrijft het ruimtelijk verplaatsingspatroon voor het basisjaar op een grover niveau dan LMS en NRM's (413 zones binnen Nederland). In het RGM wordt deze HB-matrix verfijnd naar de fijnere gebiedsindeling. De zones van het LMS en NRM's worden gekoppeld aan zones van de VAM en verdeeld met een verdeelsleutel voor het aantal vertrekken en aankomsten per zone gebaseerd op een regressieformule met de aantallen arbeidsplaatsen voor landbouw, industrie, detailhandel en overig. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar 4 landsdelen.

Tabel 2.21: Proces genereren a-priorimatrices vrachtverkeer

		Opmerking
Invoer	Landelijke vrachtautomatrix	Vrachtauto's per jaar Afkomstig uit landelijke goederenvervoerstudie
	Sociaal-economische gegevens	Basisdata LMS en/of NRM
	Autonetwerk	Netwerk LMS en/of NRM
	Telcijfers vracht	Omgezet naar wensvraag ⁸
Proces	Verdeling naar fijnere zones op basis van soorten arbeidsplaatsen (landbouw, industrie, detailhandel en	Empirische regressieformules

⁸ In het LMS en NRM wordt het principe van wensvraag gebruikt. De HB-matrices beschrijven het verkeer dat in de spits wil reizen. In Qblok wordt vervolgens berekend welke deel door congestie verdrongen wordt naar de schouders van de spits. Bij de bepaling van de belasting per link wordt zowel de wensvraag als de feitelijke uitstroom berekend.

	overig) en onderscheid landsdeel	
	Bepaling gemiddelde werkdag en aandelen ochtend- en avondspits	Empirische percentages
	Bepaling volume door vergelijking totaal van waargenomen belastingen van telpunten met totaal van berekende belastingen	Op basis van simultane toedeling van vrachtverkeer en personenauto met Qblok Gebruik van a-priorimatrix personenauto's (afkomstig uit eerste ronde matrixkalibratie)
Uitvoer	A-priorimatrixes vrachtauto etmaal, ochtendspits, avondspits en restdag	Wensvraag

De tweede stap is de omrekening van de jaarbasis naar een gemiddelde werkdag en de bepaling van de matrices voor de ochtend- en avondspits. Hiervoor worden vaste factoren gebruikt (omrekenfactor van jaar naar etmaal: 247, aandeel ochtendspits 12,1%, avondspits 11,3% en rest dag 76,6%).

De derde en laatste stap is het op niveau brengen van het volume van de vrachtmatrices. Hiervoor worden de vrachtmatrices met een beschikbare HB-matrices personenauto's (oudere a-priorimatrixes (januari 2009 i.p.v. mei 2009)) toegeedeeld met Qblok. Vervolgens is per dagdeel een vergelijking gemaakt van het totaal van de tellingen voor het vrachtverkeer en het totaal aan berekende vrachtauto's voor deze telpunten. De vrachtmatrices worden per dagdeel integraal met een dusdanige factor vermenigvuldigd dat beide waarden gelijk zijn. De orde van grootte van deze factoren plus of min 5% (NRM Zuid is hierop een uitzondering met factoren groter dan 10%).

2.5.2.2 *Personenauto's*

De a-priorimatrixes voor de personenauto zijn geleverd door Stratelligence (mei 2009). Hierbij zijn reistijden afgeleid uit de netwerken van LMS en NRM 2004 plus de vertragingstijden op basis van het congestieniveau uit het oude LMS (LMS 7). Samen met de Sociaal-economische gegevens zijn met het Groeimodel zoals dat in 2009 beschikbaar was de a-priorimatrixes (3 dagdelen en 7 motieven) berekend. In het toenmalige Groeimodel was het wensvraagconcept nog niet beschikbaar. Het feit dat het veronderstelde congestieniveau lager is dan dat voor 2004 leidt ertoe dat er wat meer langeafstandsverplaatsingen zijn gegenereerd en de spitsperioden relatief veel verkeer hebben. Anderzijds lijkt het volume voor andere motieven dan werk of zakelijk lager dan in het OVG. In de matrixschatting moet voor deze beperkingen worden gecorrigeerd. Overigens is het feit dat juist meer verkeer is gegenereerd ook als positief argument genoemd, omdat bij de matrixschatting dit gemakkelijker is te corrigeren dan te weinig verkeer. Opvallend punt is verder dat bij het LMS het buitenland-buitenlandverkeer substantieel lager is dan bij de NRM's. Alhoewel het hier vooral gaat om intrazonaal verkeer (dit zijn immers grote zones) kan dit in de vervolgfases consequenties hebben.

2.5.3 *Verrijkingfase*

In de oorspronkelijke opzet voor de matrixkalibratie (Handboek Basmat) was een groter aantal stappen voorzien, dan in de feitelijke verrijking is uitgevoerd. De eerste basismatrixschattingen lieten zien dat een deel van deze wensen praktisch

gezien niet haalbaar is, onder andere door gebrek aan regionale data van voldoende kwaliteit.

Vracht

De verrijking van de vrachtmatrix beoogt een betere overeenkomst met de waargenomen belastingen op de wegen te realiseren op etmaalniveau. Hierbij wordt met behulp van AVVMAT en een Alles-of-niets toedeling een matrixkalibratie uitgevoerd. Dit leidt tot een forse verbetering van de overeenkomst tussen telcijfers en belastingen. De consequenties voor de vrachtmatrixes zelf zijn echter niet in beeld gebracht.

Tabel 2.22: Proces verrijking a-priorimatrixes vrachtverkeer

		Opmerking
Invoer	A-priorimatrixes vrachtauto etmaal, ochtendspits, avondspits en restdag	
	Autonetwerk	Netwerk LMS en/of NRM
	Telcijfers vracht	Omgezet naar wensvraag
Proces	Analyse matrixes en beoordeling resultaat toedeling	Hoektotaal (studiegebied en totaal), matrix geaggregeerd niveau (provincieniveau en bij NRM's op COROP-niveau), overeenkomst met telcijfers (T-waarde), percentage vrachtverkeer en toedelingresultaat. Toetsing vooral expert judgement
	Bepalen relatie tussen HB-matrix en telpunten	Alles-of-niets toedeling met Qblok
	Kalibreren van HB-matrixes op basis van telcijfers etmaal	Met AVVMAT Geen analyse effecten op de HB-matrixes
Uitvoer	Verrijkte HB-matrixes vrachtauto etmaal, ochtendspits, avondspits en restdag	Zelfde correctiefactor voor elke periode

Personenauto

De eerste stap bij de personenautomatrixes is een vergelijking met OVG statistieken, zoals de motiefverdeling (vereenvoudigd tot de hoofdmotieven werk, zakelijk en overig), periode en ritlengte. Deze vergelijking laat zien dat de spitsen in de a-priorimatrixes te hoog zijn. Zoals eerder gezegd, zijn de veronderstelde congestieniveaus te laag geweest. Verder zijn bij een aantal NRM's afwijkingen per hoofdmotief van 10% geconstateerd. Qua ritlengte is het beeld vaak als redelijk beoordeeld al is er soms sprake van teveel of te weinig verplaatsingen bij de korte, midden en lange afstanden. Verder wordt gekeken naar matrixkarakteristieken als aandeel lege cellen en (a)symmetrie, en naar het resultaat van de toedeling (vergelijking met telcijfers (T-waarde⁹), filelocaties, totaalbeeld toedeling).

Tabel 2.23: Proces verrijking a-priorimatrixes personenauto

⁹
$$T = \ln \left(\frac{(T_m - T_c)^2}{T_c} \right)$$
 met T_m is modelwaarde en T_c is telwaarde. De T-waarde is een empirische formule voor de mate waarin een berekende intensiteit overeenkomt met de getelde intensiteit.

		Opmerking
Invoer	A-priorimatrices personenauto etmaal, ochtendspits, avondspits en restdag	Hierbij is nog geen rekening gehouden met het wensvraagconcept
	Controlegegevens MON	Totalen per hoofdmotief per dagdeel voor studiegebied en totaal Nederland, ritlengteverdeling
	Autonetwerk	Netwerk LMS en/of NRM
	Telcijfers personenauto grensovergangen	Omgezet naar wensvraag Systematiek selectie van gebruikte telpunten varieert tussen NRM's
Proces	Analyse matrices en beoordeling resultaat toedeling	Hoektotalen (studiegebied en totaal), symmetrie, lege cellen, ritlengteverdeling, matrix geaggregeerd niveau (provincieniveau en bij NRM's op COROP-niveau), overeenkomst met telcijfers (T-waarde), filelocaties en toedelingresultaat. Toetsing vooral expert judgement
	Bepalen relatie tussen HB-matrix en telpunten grensovergangen	Alles-of-niets toedeling met Qblok
	Kalibreren van HB-matrices op basis van telcijfers etmaal	Met AVVMAT In het algemeen geen analyse effecten op de HB-matrices Verschilplot NRM West laat ook veranderingen in Randstad zien
Uitvoer	Verrijkte HB-matrices personen-auto etmaal, ochtendspits, avondspits en restdag	Zelfde correctiefactor voor elke periode

Bij de verrijking voor de personenauto wordt vervolgens alleen gekeken naar het landsgrensoverschrijdend verkeer op etmaalniveau. Toedeling van de a-priorimatrices laat zien dat op grensposten circa 50% van het verkeer wordt beschreven. Ook hier wordt met AVVMAT en een Alles-of-niets toedeling een matrixkalibratie uitgevoerd. Overigens zijn in sommige studies zijn hiervoor correctiefactoren uit de vorige ronde van de matrixkalibratie gebruikt. De resultaten voor de grenslocaties zijn door deze correctie sterk verbeterd. Ook hier zijn de consequenties voor de HB-matrix niet in beeld gebracht. Wel mag worden verwacht dat deze effecten van een duidelijk lagere orde zijn dan die bij de verrijking van de vrachtmatrix.

2.5.4 *Matrixschatting*

Net als bij de matrixverrijking was hier oorspronkelijk een uitgebreider proces voorzien. Het gaat met name om het idee om eerst op screenlines te kalibreren en dan op telpunten en om de ritlengteverdeling als randvoorwaarde in AVVMAT mee te nemen. Beide bleken niet mogelijk. Bij de beschikbare telpunten bleek het onmogelijk om voldoende screenlines van voldoende omvang (aantal telpunten) te definiëren. Ook was er twijfel of bij de voorgestelde aanpak de kalibratie op telpunten niet het resultaat van de kalibratie op screenlines teniet zou doen. Bij de

analyses met AVVMAT in de eerste ronde matrixkalibratie bij NRM West liet zien dat directe kalibratie op telpunten tot betere resultaten leidde, zowel wat betreft de overeenkomst met de telgegevens als de structuur van de matrix. Tweede resultaat van de analyses met het NRM West is dat de extra randvoorwaarde van de ritlengteverdeling te lange rekentijden tot gevolg had. Bij NRM Noord was het wel mogelijk de ritlengte mee te nemen. Analyse van de resultaten bij NRM Noord liet zien dat de ritlengteverdeling in het kalibratieproces beperkt verandert.

In deze derde fase worden de verrijkte HB-matrices gekalibreerd met het programma AVVMAT. Hierbij wordt met behulp van een simultane toedeling van personenauto en vracht met Qblok de relatie vastgelegd tussen telpunten en HB-paren. Vervolgens past AVVMAT de waarden van de HB-paren zodanig aan dat er een zo goed mogelijke overeenstemming is met de gegeven randvoorwaarden (rekening houdend met de gegeven betrouwbaarheden (gespecificeerd in de vorm van standaard deviaties variërend tussen 2,5 en 50%)). Bij het kalibreren van de vrachtmatrices zijn dit alleen telgegevens met een standaard deviatie, bij de personenauto tellingen met een standaarddeviatie plus vertrekken en aankomsten met een standaard deviatie per zone per hoofdmotief. Na een iteratie met AVVMAT worden de matrices uitgebreid geanalyseerd op kenmerken als hoektotaal (studiegebied en totaal), symmetrie, lege cellen, ritlengteverdeling (alleen personenauto), veranderingen op geaggregeerd niveau (provincieniveau en bij NRM's op COROP-niveau), overeenkomst met telcijfers (T-waarde), filelocaties en toedelingresultaat.

Na de eerste iteratie wordt opnieuw met Qblok de relatie tussen telpunten en HB-relaties bepaald, door de veranderingen in de HB-matrix verandert immers het gebruik van het netwerk, waarna een nieuwe iteratie met AVVMAT wordt uitgevoerd. Het resultaat wordt weer op dezelfde punten geanalyseerd. Bij alle studies blijken de veranderingen in deze stap duidelijk kleiner dan in de eerste iteratie, terwijl de overeenkomst met de tellingen beter wordt.

Na de tweede iteratie zijn de netwerken en telcijfers van de 5 studies gesynchroniseerd, d.w.z. dat de correcties die tijdens de eerdere stappen zijn bij elke studie apart zijn doorgevoerd nu ook bij alle andere modellen worden aangepast. Verder wordt ook overgestapt op de laatste versie van Qblok (1.94 i.p.v. 1.9.1). Tegelijkertijd is besloten de te gebruiken capaciteitswaarde te verhogen. In de iteraties 1 en 2 is een reductie op de oorspronkelijke intensiteit van 10% toegepast (bij de in de netwerken opgenomen capaciteiten ontstond te weinig congestie), voor iteratie 3 is deze reductie teruggebracht naar 5%. Met deze nieuwe gegevens is de derde slag met Qblok en AVVMAT doorlopen. De effecten op de HB-matrices zijn beperkt, terwijl de overeenkomst met de telcijfers nog verder verbetert.

De laatste stap is een analyse van de verschillen tussen de uiteindelijke matrices en de verrijkte a-priorimatrices op de eerder genoemde kenmerken. Ook een verschilplot van wegvakbelastingen wordt hierbij gebruikt. Ook wordt een globale vergelijking gemaakt met andere databronnen zoals wegenquêtes.

Tabel 2.24: Proces matrixschatting vrachtverkeer en personenauto

		Opmerking
Invoer	Verrijkte a-priorimatrices vracht en personenauto etmaal, ochtendspits, avondspits en restdag c.q. HB-matrices uit vorige iteratie	
	Marges productie en attractie personenauto per hoofdmotief	Afkomstig uit PADRE terwijl productie en attractie zelf afkomstig zijn uit de verrijkte a-priorimatrices
	Autonetwerk	Netwerk LMS en/of NRM Synchronisatieslag bij 3 ^{de} iteratie
	Telcijfers personenauto en vracht	Omgezet naar wensvraag Bij alle studies MTR telgegevens (HWN) Verder groot aantal telgegevens van andere overheden. Wel strenge eisen aan kwaliteit telgegevens Synchronisatieslag bij 3 ^{de} iteratie
Proces	Analyse matrices en beoordeling resultaat toedeling	Alleen bij de eerste iteratie Zie laatste stap voor analysepunten
	Bepalen relatie tussen HB-matrices en telpunten personenauto c.q. vracht	Simultane toedeling met Qblok
	Kalibreren van HB-matrices op basis van telcijfers voor etmaal en spitsen en bij personenauto op productie/attractie per zone per hoofdmotief	Met AVVMAT Personenauto en vracht apart
	Analyse matrices en beoordeling resultaat toedeling	Hoektotaal (studiegebied en totaal), symmetrie, lege cellen, ritlengteverdeling, matrix geaggregeerd niveau (provincieniveau en bij NRM's op COROP-niveau), overeenkomst met telcijfers (T-waarde), filelocaties en toedelingresultaat. Toetsing vooral expert judgement
	Analyse resultaat t.o.v. verrijkte a-priorimatrices	Vergelijking met verrijkte a-priorimatrices laat het netto effect van de matrixkalibratie zien. Naast de eerder genoemde analyse gegevens is ook een verschilplot toegevoegd.
	Vergelijking met andere bronnen zoals wegenquêtes of huishoudenquêtes	De (optionele) vergelijking met andere bronnen is een vrij globale vergelijking op ruimtelijk patroon. Overigens blijken niet alle opgevoerde bronnen bruikbaar (bv huishoudenquête Amsterdam)
Uitvoer	Gekalibreerde HB-matrices vracht en personenauto etmaal, ochtendspits, avondspits en restdag	

In deze fase worden etmaal en dagdelen in samenhang geschat. Gestart wordt met de schatting voor het etmaal. Hierbij wordt voor de relatie tussen HB-paren en telpunten rekening gehouden met de routes tijdens en buiten de spitsperioden. Op basis van de dan bekende verhoudingen spits/dal worden a priori spitsmatrices afgeleid, die vervolgens als invoer voor de matrixschatting met AVVMAT worden gebruikt. De restdagmatrices zijn verschil tussen etmaal en de beide spitsmatrices. Bij de volgende iteratie wordt dit proces herhaald, alleen worden nu de spits/etmaalpercentages van de voorgaande iteratie gebruikt.

In alle vijf de studies wordt geconstateerd dat een goed resultaat is behaald: goede overeenkomst met de telcijfers, plausibel beeld bij de vergelijking met de a-priorimatrices en duidelijke convergentie van de procedure. Bij de meeste studies wordt echter ook een opmerking gemaakt dat er sprake is van structuurveranderingen ten opzichte van de verrijkte a-priorimatrices: duidelijke aanpassing van de spitsaandelen en op geaggregeerd niveau vrij grote veranderingen in de HB-matrices (> 5000 en >10% op provincieniveau). Deze structuurveranderingen hebben deels te maken met de veronderstelde vertragingstijden bij de generatie van de a-priorimatrices personenauto. Verder valt op dat bij de NRM's er meer veranderingen in de relaties met het buitenland worden gevonden dan bij het LMS. Hier kan mogelijk het verschil in het aantal vertrekken en aankomsten voor de buitenlandzones van invloed zijn: het LMS heeft duidelijk minder buitenland-buitenland verkeer dan de NRM's.

2.5.5 AVVMAT

Het programma AVVMAT is door HCG ontwikkeld in 1997-1997 ten bate van het LMS. Voor het gebruik in het LMS en NRM 2004 traject is het programma geschikt gemaakt voor grotere modellen.

Het wiskundige model voor HB-matrixschatting op basis van telcijfers is gebaseerd op een model geformuleerd door Moshe Ben Akiva en uitgebreid met extra randvoorwaarden voor matrixgroepen (bv. vertrekken, aankomsten, bloktotalen of ritlengteklassen) gebaseerd op een idee van Hugh Gunn. De koppeling tussen HB-relaties en telgegevens wordt bepaald met behulp van Qblok. Hierbij wordt expliciet rekening gehouden met welk aandeel van een HB-relatie een telpunt wordt belast. Het wiskundige concept gaat uit van een multiplicatief model en een poissonverdeling van de HB-relaties. Wat betreft de randvoorwaarden wordt een standaard deviatie gebruikt om aan te geven hoe betrouwbaar de randvoorwaarde is. AVVMAT minimaliseert een verschilmaat tussen de geschatte en a-priorimatrices gegeven de gespecificeerde randvoorwaarden. Voor de schatting is voor een maximum likelihoodmethode gekozen en het gebruik van standaard algoritmes (in principe de Broyden–Fletcher–Goldfarb–Shanno (BFGS) methode en als check op lokale optima de Fletcher-Reeves-Polak-Ribiere methode).

2.5.6 Discussie

2.5.6.1 Invoergegevens

Netwerken

De gebruikte netwerken zijn gebaseerd op een centrale database. In het Handboek Autonetwerken zijn de voornaamste karakteristieken hiervan vastgelegd. De

capaciteitswaarden zijn gebaseerd op het Handboek Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen. Toepassing van deze waarden in de toedeling gaf een duidelijk lager congestieniveau aan dan in werkelijkheid. Vandaar dat is besloten de capaciteiten systematisch te reduceren. In eerste instantie zijn alle capaciteiten met 10% verlaagd en na verdere studie uiteindelijk met 5%.

De gebruikte netwerken zijn erg groot qua aantallen knooppunten en links (LMS 74.000 links, NRM West 130.000 links). Dit betekent dat er altijd netwerkfouten zullen zijn. Tijdens de kalibratie zijn nog diverse netwerkfouten geconstateerd die voorafgaand aan het schattingsproces zijn verwerkt. Bij de 3^{de} iteratie zijn de correcties van alle 5 de studies verwerkt. Desondanks is er een reële kans dat er bij toepassingen nog netwerkfouten worden gevonden. Ander punt is welke functie dit detailniveau heeft. Tussen de 15 en 20% van de links wordt op 1 of meer dagdelen niet gebruikt. Alleen kijkend naar toe- en afritten en naar overgangsbogen, wordt circa 7 tot 20% van de links niet gebruikt (spitsperioden). Deze gegevens suggereren dat de gebruikte netwerken gedetailleerder zijn dan puur voor hun toepassing noodzakelijk is.

Het Handboek autonetwerken gaat niet uitgebreid in op wegen in stedelijk omgeving. In het bestand zijn maximum snelheden opgenomen. In Qblok wordt wel op basis van speed-flow curves een aangepast snelheid gehanteerd die duidelijk lager kan zijn dan de wettelijke snelheid. LMS en NRM kennen verder geen kruispuntweerstand. Het is mogelijk dat het stedelijke netwerk in sommige situaties te aantrekkelijk is.

Op basis van Qblok is geconstateerd dat in sommige situaties afslagverboden noodzakelijk zijn om onlogische routes tijdens het iteratieproces in Qblok te voorkomen. Het aantal hiervan is beperkt en wordt ook centraal beheerd. Opgemerkt moet worden dat hiermee niet gegarandeerd kan worden dat er geen onlogische routes meer voorkomen.

Telgegevens

Bij de telgegevens wordt de tonenmethodiek van Transpute toegepast om de wensvraag te bepalen, oftewel welk deel van het verkeer in de schouders van de spitsen in de spitsperiode had willen reizen. Indien goede intensiteitsprofielen beschikbaar kan dit nauwkeurig gebeuren. Wel heeft de tonenmethodiek door de beperking tot 3 tonen of tijdsfuncties problemen met smalle spitspieken en hoge dalintensiteiten. Hiervoor zijn pragmatische oplossingen voorgesteld. Een ander probleem treedt op in situaties waarin het intensiteitsprofiel uit fase loopt met de tonen of tijdsfuncties, bv. bij locaties waar veel langeafstandsverplaatsingen worden gemaakt. Hier is geen oplossing voor gevonden. (Toorenburg et al., 2008a) De tonenmethodiek is in principe ontwikkeld voor het hoofdwegennet maar lijkt ook bruikbaar voor het onderliggend wegennet (Toorenburg et al., 2008b).

In de kalibratieprocedure wordt Qblok gebruikt om de HB-relaties te koppelen aan de telpunten. Hierbij wordt ook de wensvraag gebruikt. In deze toepassing wordt een pragmatische toepassing gebruikt: de piek van de spits wordt midden in de spitsperiode geplaatst en de vorm van de spits is symmetrisch. Verder is de verdeling over de dag puur bepaald door de gegeven HB-matrices, d.w.z. ochtendspits, avonds spits en restdag.

Het verschil tussen het (soms beperkte) detailniveau bij de verwerking van de tonenmethodiek bij de telgegevens en de pragmatische invulling binnen Qblok is een punt van aandacht en moet worden gezien in het licht van de keuze voor het wensvraagconcept als uitgangspunt van LMS en NRM.

De selectie van telpuntlocaties is deels systematisch (alle MTR punten (Maandelijkse Telpuntrapportages) bij alle modellen) en deels pragmatisch (wat is beschikbaar aan echte telgegevens). Dit laatste is van toepassing op telpunten op het onderliggend wegennet. Soms zijn er systematisch telpunten op de toevoerwegen naar het hoofdwegennet en soms weer niet (met name bij stedelijke omgevingen). Bij sommige steden zijn er veel telpunten beschikbaar (Rotterdam) en bij sommigen relatief weinig (Amsterdam, deel van de telgegevens daar zijn feitelijk het resultaat van extrapolaties op basis van modelstudies). In de praktijk hebben de telgegevens voor de stedelijke netwerken vaak een hoge standaard deviatie. Enerzijds is het roeien met de riemen die je hebt, maar aan de andere kant kan het ontbreken van een systematische strategie voor telpunten op het onderliggend wegennet (met name bij stedelijk gebied) consequenties hebben bij toepassingsstudies. Overigens moet worden opgemerkt dat het aantal gebruikte telpunten hoog is. Het aantal tellocaties varieert tussen 1600 (LMS) en 2900 locaties (NRM West).

In de oorspronkelijke opzet van de BASMAT procedure werd nadrukkelijk uitgegaan van het gebruik van screenlines. Op die manier hebben beperkingen in de routekeuzemodellering minder effect op het kalibratieresultaat. Om praktische redenen, met de beschikbare telpunten is het erg lastig duidelijke screenlines met een redelijk aantal telpunten te definiëren, is dit concept verlaten. Ook de netwerk configuratie (hoge netwerkdichtheden in verstedelijkt gebied) maakt het lastig om screenlines te bepalen. In de uiteindelijke schattingen zijn screenlines dan ook in beperkte mate toegepast.

A-priorimatrices

De a-priorimatrices zijn gebaseerd op de free flow reistijden van de bijbehorende LMS en NRM netwerken plus de vertragingstijden uit een eerdere LMS analyse (LMS 7) en op basis van het Groeimodel zoals dat op dat moment was ontwikkeld. De kalibratieprocessen laten duidelijk zien dat de gebruikte vertragingstijden te laag waren waardoor de spitsen te veel vraag hadden. Dit is in de afzonderlijke schattingsprocessen met behulp van AVVMAT iteraties aangepast. Aangezien het om een systematische fout gaat had het de voorkeur verdiend dit integraal in de verrijkingfase aan te pakken, bv. door een correctiefactor (op grof matrixniveau) op basis van de toedelingen in de spitsperiode (zie ook het RGM).

Het feit dat het Groeimodel na de bepaling van de a-priorimatrices nog verder is ontwikkeld betekent dat naast het verschil tussen a-priorimatrix en kalibratieresultaat, wat uitgebreid is geanalyseerd, er ook een verschil is tussen de gebruikte a-priorimatrices en de a-priorimatrices die nu met het Groeimodel zouden worden gemaakt.

Marges voor productie en attractie

In het kalibratieproces is na de eerste analyses besloten geen productie en attractie op basis van het OVG als randvoorwaarde te gebruiken (af te leiden met het programma PADRE), maar de productie en attractie uit de a-priorimatrices als

randvoorwaarde in het schattingsproces te gebruiken. Bij AVVMAT wordt ook rekening gehouden met de nauwkeurigheid van de randvoorwaarden door per randvoorwaarde een standaard deviatie te specificeren. De gebruikte standaard deviatie is wel gebaseerd op de resultaten van de PADRE-analyse.

In deze discussie komt een belangrijk aspect niet genoeg aan bod. Het Groeimodel is tour-based en is daarmee ook singly constrained. In het verleden heeft dit soms ook tot aparte uitkomsten geleid. Consequentie is dat de woningzijde van de verplaatsingen betrouwbaarder is dan de activiteitszijde. Bij de matrixkalibratie zou het wenselijk zijn met dit verschil tussen woningzijde en activiteitszijde rekening te houden. De betrouwbaarheden vanuit PADRE maken hier echter geen onderscheid tussen.

2.5.6.2 *Proces*

Verrijking

In de verrijkingsfase voor vracht en personenauto wordt AVVMAT gebruikt in combinatie met een alles of niets toedeling. Dit kan worden gezien als een pragmatische keuze voor het verwerken van gerichte verbeteringen. Bij de toepassing voor vrachtverkeer is het echter de vraag of het om een gerichte verbetering gaat. Hier wordt feitelijk de HB-matrix met AVVMAT gekalibreerd op de telcijfers. De verschillen in overeenkomst met de telcijfers zijn dermate groot dat ook de veranderingen in de matrix groot moeten zijn. Deze zijn echter niet gerapporteerd. Anderzijds kan worden gesteld dat de kwaliteit van de a-priorimatrix vrachtverkeer van een andere orde is dan die voor de matrices personenauto, zodat grotere veranderingen ook reëel zijn. Analyse voor de vrachtmatrix van het LMS op provincieniveau laat zien dat de grootte van de veranderingen in de verrijking zijn groter dan die in matrixschatting. De netto veranderingen zijn veelal te vinden zijn op de diagonaal en op relaties met het buitenland.

Bij de verrijking van de a-priorimatrix personenauto is bij de verschillende NRM-studies een verschillende selectie aan telpunten gebruikt: natuurlijk gedetailleerder nabij het studiegebied, maar verschillende keuzen voor verder weggelegen telpunten. Dit kan bijvoorbeeld consequenties hebben voor matrixveranderingen in het buitengebied tijdens het schattingsproces. Een meer systematische benadering van het grensoverschrijdend verkeer kan dit voorkomen. Ook in deze stap wordt AVVMAT gebruikt en ook hier worden de veranderingen in de matrices niet geanalyseerd. Wel mag worden verwacht dat deze veranderingen zich toespitsen op het grensoverschrijdend verkeer en dat ze beperkt van omvang zijn. Overigens laat verschilplots bij diverse NRM's ook (kleine) veranderingen in de Randstad zien, wat aangeeft dat dit punt aandacht behoeft.

Matrixschattingsproces

In de opeenvolgende iteratiestappen in het matrixschattingsproces wordt steeds de matrix uit de vorige stap als invoer gebruikt. Het proces werkt eigenlijk als een soort pijplijn en de relatie met de oorspronkelijke a-priorimatrix wordt hierbij steeds dunner. Anderzijds is in de tweede stap vaak zichtbaar dat matrixveranderingen uit de eerste stap deels teniet worden gedaan (op provincie-provincie niveau). Dit suggereert dat de eerste iteratiestap te ver is doorgevoerd. Het is te overwegen in dit schattingsproces een genuanceerdere benadering toe te passen, bv. door het resultaat van een iteratie te wegen met de gebruikte invoer (vergelijk de MSA benadering bij toedelingen).

Om de overeenkomst met de telcijfers te beoordelen wordt in de analyse de T-waarde gebruikt. Streven is dat bij de spitsperioden 80% van de telpunten een T-waarde kleiner dan 3,5 en 95% kleiner dan 4,5. Voor het etmaal is het doel 80% een T-waarde lager dan 4,5 en 95% lager dan 5,5. Deze streefwaarden worden duidelijk gehaald: voor de spitsperioden 92 tot 96% van de telpunten een T-waarde kleiner dan 3,5 en voor het etmaal 95 tot 98% kleiner dan 4,5. Bij deze T-waarde toetsing wordt echter geen rekening gehouden met de betrouwbaarheid van de telwaarde zelf. Bij nauwkeurige tellingen (d.w.z. kleine standaard deviatie) zijn de streefwaarden reëel, maar als de nauwkeurigheid afneemt betekent een T-waarde van 3,5 een erg hoge mate van precisie. Het betrouwbaarheidsinterval rond de telwaarde is namelijk fors groter. Verder zou ook een overzicht van T-waarden per type weg een relevant criterium kunnen zijn.

Bij het genereren van de a-priorimatrices is geconstateerd dat het motief werk in vergelijking met OVG een te hoog aandeel heeft. Oorzaak is het relatief lage congestieniveau dat is verondersteld. In alle studies met uitzondering van NRM West neemt het aantal woon-werkverplaatsingen af. Dit suggereert dat de overschatting van de spitsen het ontbreken van het wensvraagconcept bij de generatie van de a-priorimatrices deels compenseert. Wel blijft het niveau duidelijk hoger dan in het OVG. Verder is opvallend dat in alle studies het motief zakelijk met ruim 10% toe (7 tot 21%). Het hoofdmotief zakelijk is weliswaar het kleinste motief (10% van de verplaatsingen) maar het is ook het motief met de meeste langeafstandsverplaatsingen en dus de minste 0-cellen. Aangezien in sommige studies een tekort aan langeafstandsverplaatsingen is geconstateerd, is het aanpassen van zakelijke verplaatsingen vaak de enige mogelijkheid voor AVVMAT. Temeer daar het hoofdmotief met het grootste aandeel, motief overig, juist het grootste aandeel 0-cellen heeft.

In de studies wordt geen analyse gemaakt van de veranderingen in productie en attractie. Ook is, in tegenstelling tot de generatie van de a-priorimatrices, geen analyse gemaakt van de consistentie van de 5 gekalibreerde basismatrices.

Alle studies concluderen dat het eindresultaat goed past bij de telgegevens. De vraag die kan worden gesteld is of deze overeenkomst niet te goed is. In de memo over de uiteindelijke gebruikte BASMAT-procedure wordt dit ook genoemd. De prijs voor een goede match met telgegevens is vaak verlies aan structuur (betrouwbaarheid?) van de HB-matrices. Idealiter zijn de veranderingen in het schattingsproces een vertaling van de stochastiek van het transportsysteem. Dit zijn in principe bij een goede kwaliteit van de (verrijkte) a-priorimatrices relatief beperkte veranderingen. Indien sprake is van specifieke bijzonderheden zoals bijvoorbeeld een beperktere nauwkeurigheid van attractie of van langeafstandsverplaatsingen die de tijdgrenzen overschrijden, zijn natuurlijk grotere effecten te verwachten. Daarnaast kan het schattingsproces bijzondere relatiepatronen in de matrices aanbrengen. Standaardvoorbeeld is de relatie tussen Zoetermeer en Den Haag. In de analyse van de veranderingen tussen a-priorimatrices en gekalibreerde matrices wordt aan de systematiek van deze grotere veranderingen weinig of geen aandacht besteed. Verder is in het schattingsproces geen randvoorwaarde opgenomen voor de maximale verandering op HB-relatieniveau. Bij diverse studies wordt opgemerkt dat er HB-relaties fors veranderen, vaak met de kanttekening dat het HB-relaties van een beperkte omvang betreft. De combinatie van deze drie constatering

rechtvaardigen een klein vraagteken bij de kwaliteit van de uiteindelijke HB-matrices. De vraag hoe dit uitwerkt bij prognoses en toepassingen kan feitelijk alleen worden beantwoord door een analyse van toepassingen van het LMS of een NRM.

2.5.7 *Referenties*

- 4Cast (2008), Gebruikershandleiding RGM 2.1, 4Cast, Leiden
- 4Cast (2008), Handboek Kalibratie, DVS, Delft
- 4Cast (2010) LMS 2004, Technische rapportage 04, Basismatrices 2004, 4Cast, Leiden
- 4Cast (2010), LMS/NRM kwaliteit, Eindtoedelingen basisjaar Fase 2, bijzondere onderdelen, 4Cast, Leiden
- DHV (2010), NRM kalibratie basismatrices Noord-Nederland, RGM toepassing 2010 (fase 3), DHV, Amersfoort
- DHV (2010), NRM Noord Nederland 2004, Technische rapportage 04, Basismatrices 2004, DHV, Amersfoort
- Goudappel Coffeng, DVS (2010), NRM Oost: Regionaal Goederenvervoer Model (RGM versie 2.3), Rapportage, Goudappel Coffeng, Deventer
- Goudappel Coffeng, DVS (2010), NRM Oost-Nederland 2004, Technische rapportage 04, Basismatrices 2004 versie 1.0, Goudappel Coffeng, Deventer
- Lindveld C. (2006) OD-matrix estimation using the combined calibration method as applied to the LMS/NRM, Imperial College London/4Cast, Londen
- NEA (2010), NRM Zuid Nederland 2004, Technische rapportage 04, Basismatrices 2004, NEA, Zoetermeer
- NEA (2010), RGM 2.3 Procedure NRM Zuid, NEA, Zoetermeer
- Pieters M. (2009), Opstellen en toetsing 2de ronde a-priorimatrices, Stratelligence Decision Support, Leiden
- Rijkswaterstaat (2011), NRM Handboek autonetwerken, Rijkswaterstaat, Den Haag
- Schoemakers A. (2009), Memo NRM BASMAT def kalibratie keuzes en werkzaamheden, DVS, Delft
- Significance (2010), NRM West 2004, Technische rapportage 04, Basismatrices 2004, Significance, Den Haag
- Significance (2010), Toepassing RGM 2.3 voor NRM Randstad, Significance, Den Haag
- Smit R., H. Flikkema (2010), Quality assessment of the Dutch National and Regional models, European Transport Conference 2010
- Toorenburg J. van, A. Nijenhuis, N. Kijk in de Vegte (2008a), Verbetering verkeersaanbodsschatting met behulp van de tonenmethodiek, Transpute, Amersfoort
- Toorenburg J. van, A. Nijenhuis, N. Kijk in de Vegte, B. Elbers (2008b), Toetsen geschiktheid van de tonenmethodiek voor het OWN, Transpute, Amersfoort

2.6 LMS/NRM uitvoer

Tabel 2.25 geeft een overzicht van welke output standaard door het LMS/NRM wordt geproduceerd. Naast deze basis output kan ook tijdens het uitvoeren van de verschillende stappen in een LMW/NRM run extra output (bestanden) bekeken worden ter controle.

Tabel 2.25: Uitvoerbestanden LMS/NRM

Variabele/bestand	Uit module	Opmerking
Totalen per huidhoudcategorie	QUAD	
Totalen per huishouden	QUAD	
Totalen per zone	QUAD	
Algemene kenmerken geladen netwerk (Systematische doorrekening)	QBLOK	
Interzonale bereikbaarheidskwiteit auto	QBLOK	
Linkvolumes per gebruikersgroep	QBLOK	
Link bestand met gegevens over trajecten	QBLOK	
Mogelijke probleempunten trajectlabels	QBLOK	
Prognosematrix	QBLOK	
Trajectinformatie op vaste trajecten	QBLOK	
Reizen SES autopassagier	SES	3 dagdelen per HB
Reizen SES BTM	SES	3 dagdelen per HB
Reizen SES voetganger	SES	etmaal per HB
Reizen SES fietser	SES	etmaal per HB
Reizen SES trein	SES	3 dagdelen per HB
Reizen SES voortransport	SES	3 dagdelen per H-station
Reizen SES natransport	SES	3 dagdelen per station-B
SES Tabel < Vervoerwijze >	SES	
SES Tabel < Motief >	SES	
Groefactormatrix	PIVOT	Zone-Zone
Stationsrelatiematrix prognosejaar	PIVOT	Station-Station
QBLOK Tabel toedeeltotalen	SKIMTAB	
QBLOK Tabel toedeeltotalen	LOADNET	

De uitvoer van het LMS bestaat in grote lijnen uit een drietal typen uitvoer:

- Prognosematrices. De prognosematrices bevatten de geraamde aantallen herkomst-bestemmings verplaatsingen in het prognosejaar. De celvulling van deze matrices komt tot stand door vermenigvuldiging van de basismatrix met de groeifactoren. In een aantal gevallen bevat de cel van een prognosematrix een zogenaamde synthetische waarde. Dit is een absolute waarde die door het groeimodel wordt berekend. Soms is het overnemen van absolute waarden noodzakelijk omdat de basismatrix geen celvulling heeft (nulwaarde) of omdat de groeifactoren een extreem hoge of lage waarde hebben.
- Netwerk uitkomsten.
- Tabelbestanden (uitlezing via groeimodel schil)
 - QUAD huishoudens
 - SES vervoerwijze-bestemmingskeuze. Deze uitkomsten kunnen ook per persoonsstypen worden weggeschreven.
 - QBLOK toedeelresultaten.
 - Voor alle vervoerwijzen synthetische matrices.

2.7 Elasticiteiten en Value of Time

2.7.1 *Inleiding*

In de LMS2011 documentatie wordt een groot aantal (output) elasticiteiten gegeven van het groeimodel. Directe elasticiteiten zijn bepaald met behulp van de (totale) SES module en op basis van de schattingsdata¹⁰, daarnaast zijn kruiselasticiteiten en VoT waarden bepaald op basis van alleen de schattingsdata¹¹. In alle gevallen zijn de elasticiteiten bepaald door de desbetreffende kosten of tijdvariabele van een vervoermiddel met 10% te verhogen en het effect op het aantal tours en kilometers met dit vervoermiddel te bepalen.

Bij het bepalen van elasticiteiten op basis van de schattingsdata wordt dus geen rekening gehouden met de terugkoppeling die er binnen de SES module is met het tourfrequentiemodel. Bij de elasticiteiten op basis van de gehele SES module is dit wel het geval. Aangezien ook bij de met SES berekende elasticiteiten geen terugkoppeling is met andere LMS modules moeten ook deze elasticiteiten nog als "eerste orde" elasticiteiten worden beschouwd, er wordt bijvoorbeeld nog geen rekening gehouden met congestie en het effect daarop op tours en kilometers (zoals dat middels de terugkoppeling met QBLOK in het totale LMS-systeem wel het geval is).

Een deel van de LMS2011 elasticiteiten wordt in de documentatie vergeleken met de elasticiteiten van het LMS7. In deze paragraaf maken we tevens een vergelijking met de elasticiteiten zoals ze in een aantal (meta)studies zijn gevonden. Om deze vergelijking te kunnen maken zijn de in de LMS documentatie vermelde waarden per motief gewogen opgeteld op basis van de motiefverdelingen (o.b.v. verplaatsingen, afstand of tijd) in het MON2004, aangezien in de literatuur veelal alleen overall elasticiteiten gepresenteerd worden.

Ten slotte worden ook de in de LMS documentatie vermelde Values of Time (VoT's) waarde vergeleken met externe bronnen.

¹⁰ "Documentatie van GM 2011 - Deel D7-1 Programma SES", Significance 20 juni 2011 en "10055-M03-elasticiteiten na herijking v01", Significance 30 november 2010.

¹¹ "07002-R1-Schatting keuzemodellen_eindrapport_v1.0", Significance, 17 juni 2010.

2.7.2 Directe elasticiteiten LMS2011 vs. LMS7 (schattingsdata)

Tabel 2.26 geeft een overzicht van de overeenkomstige elasticiteiten in het LMS7 en LMS2011 ("eindmodel") zoals deze in de LMS2011 documentatie staan vermeld. Om een beeld te krijgen van de veranderingen in deze elasticiteiten is de ratio van beide elasticiteiten hieraan toegevoegd. Elasticiteiten voor de trein zijn niet bepaald op basis van schattingsdata in het LMS2011.

Tabel 2.26: Elasticiteiten LMS2011 vs. LMS7 (schattingsdata)

Elasticiteit	Tours			Reizigerskilometers		
	LMS7	LMS2011	Ratio	LMS7	LMS2011	Ratio
<i>Woon-werk</i>						
Auto reistijd Bestuurder	-0,28	-0,13	0,46	-1,05	-0,95	0,90
Auto reistijd Passagier	-0,58	-0,35	0,60	-1,45	-1,30	0,90
Auto kosten Bestuurder	-0,16	-0,07	0,44	-0,24	-0,25	1,04
BTM prijs	-0,51	-0,25	0,49	-0,51	-0,13	0,25
<i>Woninggebonden zakelijk</i>						
Auto reistijd Bestuurder	-0,04	-0,03	0,75	-0,56	-0,76	1,36
Auto reistijd Passagier	-0,32	-0,24	0,75	-1,20	-0,94	0,78
Auto kosten Bestuurder	-0,04	-0,03	0,75	-0,06	-0,08	1,33
BTM prijs	-0,89	-0,30	0,34	-0,87	-0,26	0,30
<i>Woninggebonden educatie</i>						
Auto reistijd Bestuurder	-0,69	-0,28	0,41	-1,53	-1,32	0,86
Auto reistijd Passagier	-0,97	-0,49	0,51	-1,84	-1,42	0,77
Auto kosten Bestuurder	-0,22	-0,03	0,14	-0,28	-0,09	0,32
BTM prijs	-0,20	-0,05	0,25	-0,19	-0,04	0,21
<i>Woninggebonden winkelen</i>						
Auto reistijd Bestuurder	-0,07	-0,17	2,43	-0,79	-1,11	1,41
Auto reistijd Passagier	-0,18	-0,46	2,56	-1,03	-1,84	1,79
Auto kosten Bestuurder	-0,16	-0,09	0,56	-0,48	-0,50	1,04
BTM prijs	-0,44	-0,36	0,82	-0,51	-0,16	0,31
<i>Overig woninggebonden</i>						
Auto reistijd Bestuurder	-0,03	-0,04	1,33	-0,67	-0,99	1,48
Auto reistijd Passagier	-0,07	-0,12	1,71	-1,06	-1,46	1,38
Auto kosten Bestuurder	-0,10	-0,03	0,30	-0,49	-0,46	0,94
BTM prijs	-0,22	-0,11	0,50	-0,28	-0,17	0,61
<i>Kind woninggebonden school</i>						
Auto reistijd Passagier	-0,07	-0,61	8,71	-0,48	-1,90	3,96
<i>Kind overig woninggebonden</i>						
Auto reistijd Passagier	-0,07	-0,13	1,86	-0,38	-1,64	4,32
BTM prijs	-1,40	-0,17	0,12	-1,52	-0,22	0,14

bron: documentatie LMS, bewerkingen MuConsult

We zien dat de tour-elasticiteiten in het LMS2011 in vrijwel alle gevallen lager zijn (in absolute zin) dan die in het LMS7. Uitzonderingen zijn de reistijdelasticiteiten voor de auto (bestuurder en passagier) voor de motieven winkelen en overig en de beide kindmotieven (autopassagier).

Bij de kilometerelasticiteiten is het beeld minder eenduidig, ruim de helft van alle vermelde elasticiteiten is in het LMS2011 lager geworden, de rest groter. Wanneer de tourelasticiteit in absolute zin is gestegen dan geldt in alle gevallen dat ook de kilometerelasticiteit is gestegen. In een aantal situaties geldt echter dat een daling in de tourelasticiteit samengaat met een stijging in de kilometerelasticiteit. In al deze gevallen ligt de tourelasticiteit echter relatief dicht bij nul. Wat verder opvalt is dat men name de kilometerelasticiteit voor BTM kosten fors is gedaald en (evenals bij tours) de auto-elasticiteiten van beide kindmotieven fors zijn gestegen.

In een aantal gevallen is de BTM kilometerelasticiteit in het LMS2011 ruim lager dan de tourelasticiteit, terwijl in het LMS7 in slechts 2 gevallen de kilometerelasticiteit (net) lager was dan de tourelasticiteit. Voor alle overige

vermelde elasticiteiten geldt voor zowel het LMS7 als het LMS2011 dat de kilometerelasticiteit groter is dan de tourelasticiteit, zoals verwacht mag worden.

2.7.3 Directe elasticiteiten LMS2011 SES module (vs. schattingsdata)

Tabel 2.27 geeft het overzicht van elasticiteiten zoals deze met de SES module zijn bepaald. Ter vergelijking zijn hier de overeenkomstige elasticiteiten op basis van de schattingsdata weer aan toegevoegd (voor zover beschikbaar) en is de ratio tussen beide bepaald.

Tabel 2.27: Elasticiteiten LMS2011 SES vs. LMS2011 schattingsdata

Elasticiteit	Tours			Reizigerskilometers		
	SES	Schat.	Ratio	SES	Schat.	Ratio
<i>Woon-werk</i>						
Auto kosten Bestuurder	-0,083	-0,073	1,14	-0,262	-0,250	1,05
Auto reistijd Bestuurder	-0,146	-0,126	1,16	-0,982	-0,954	1,03
Auto reistijd Passagier	-0,382	-0,352	1,09	-1,329	-1,30	1,02
BTM tarief	-0,268	-0,251	1,07	-0,298	-0,13	2,29
BTM reistijd (in vehicle)	-0,234	-0,223	1,05	-0,796	-0,30	2,65
Trein tarief	-0,170			-0,405		
Trein reistijd (in vehicle)	-0,232			-0,599		
<i>Woninggebonden zakelijk</i>						
Auto kosten Bestuurder	-0,029	-0,029	1,00	-0,075	-0,075	1,00
Auto reistijd Bestuurder	-0,028	-0,027	1,04	-0,751	-0,756	0,99
Auto reistijd Passagier	-0,251	-0,240	1,05	-0,939	-0,94	1,00
BTM tarief	-0,318	-0,297	1,07	-0,358	-0,26	1,38
BTM reistijd (in vehicle)	-0,190	-0,197	0,96	-0,796	-0,55	1,45
Trein tarief	-0,050			-0,106		
Trein reistijd (in vehicle)	-0,212			-0,454		
<i>Woninggebonden educatie</i>						
Auto kosten Bestuurder	-0,037	-0,034	1,09	-0,095	-0,094	1,01
Auto reistijd Bestuurder	-0,325	-0,281	1,16	-1,360	-1,319	1,03
Auto reistijd Passagier	-0,502	-0,488	1,03	-1,430	-1,42	1,01
BTM tarief	-0,041	-0,046	0,89	-0,058	-0,04	1,45
BTM reistijd (in vehicle)	-0,217	-0,238	0,91	-0,749	-0,49	1,53
Trein tarief	-0,044			-0,092		
Trein reistijd (in vehicle)	-0,198			-0,536		
<i>Woninggebonden winkelen</i>						
Auto kosten Bestuurder	-0,114	-0,094	1,21	-0,532	-0,502	1,06
Auto reistijd Bestuurder	-0,230	-0,175	1,31	-1,183	-1,112	1,06
Auto reistijd Passagier	-0,499	-0,459	1,09	-1,883	-1,84	1,02
BTM tarief	-0,396	-0,361	1,10	-0,531	-0,16	3,32
BTM reistijd (in vehicle)	-0,066	-0,060	1,10	-0,267	-0,07	3,81
Trein tarief	-0,141			-0,318		
Trein reistijd (in vehicle)	-0,148			-0,346		
<i>Overig woninggebonden</i>						
Auto kosten Bestuurder	-0,043	-0,032	1,34	-0,474	-0,458	1,03
Auto reistijd Bestuurder	-0,062	-0,038	1,63	-1,024	-0,995	1,03
Auto reistijd Passagier	-0,144	-0,122	1,18	-1,483	-1,46	1,02
BTM tarief	-0,113	-0,113	1,00	-0,240	-0,17	1,41
BTM reistijd (in vehicle)	-0,043	-0,042	1,02	-0,486	-0,31	1,57
Trein tarief	-0,045			-0,221		
Trein reistijd (in vehicle)	-0,050			-0,259		

bron: documentatie LMS, bewerkingen MuConsult

In vrijwel alle gevallen zijn de tourelasticiteiten zoals deze met de SES module zijn bepaald (in absolute zin) iets groter dan die op basis van de schattingsdata. Dit is, zoals ook in de documentatie wordt opgemerkt, te verwachten gezien de terugkoppeling die aanwezig is binnen SES tussen het tourfrequentie model en de bereikbaarheid. Deze terugkoppeling speelt geen rol bij de elasticiteiten die op basis van de schattingsdata zijn bepaald.

Met betrekking tot de kilometerelasticiteiten geldt dat de auto-elasticiteiten zoals deze op basis van de SES module zijn bepaald in vrijwel alle gevallen ook iets groter zijn dan die op basis van de schattingsdata.

Bij de BTM elasticiteiten zijn de SES elasticiteiten in alle gevallen echter aanzienlijk groter dan die op basis van de schattingsdata. Opvallend hierbij is wel dat bij de vergelijking met het LMS7 de BTM kilometer elasticiteiten op basis van de schattingsdata (fors) lager waren, maar dat binnen de totale SES module het effect voor BTM kosten weer fors toeneemt (de kilometerelasticiteiten voor BTM kosten liggen echter nog steeds wel onder die van het LMS7(schattingsdata)).

Volgens Significance is dit verschil in BTM kilometerelasticiteiten het gevolg van het feit dat bij het bepalen van de BTM elasticiteiten op basis van de schattingsdata gebruik is gemaakt van afstand uit het geskimde autonetwerk en niet op basis van de afstanden afkomstig uit de BTM LOS bestanden. Wanneer in de schattingsdata wel gebruik wordt gemaakt van de "LOS-afstanden" worden wel vergelijkbare elasticiteiten verkregen voor zowel schattingsdata als SES. Aangezien het bepalen van elasticiteiten in de schattingsdata op basis van de LOS bestanden nogal een bewerkelijke exercitie is, wordt dit echter niet standaard uitgevoerd.

De tourelasticiteiten voor de trein zijn met betrekking tot reistijd steeds van dezelfde orde grootte als die van BTM. Ten aanzien van het treintarief zijn deze elasticiteiten lager (m.u.v. educatie) vergeleken met BTM. Ten aanzien van de kilometerelasticiteiten voor treintarieven is het beeld minder eenduidig (vergeleken met BTM). Voor de tijdelasticiteiten geldt dat deze (m.u.v. winkelen) steeds lager zijn.

In alle hier vermelde gevallen (dus ook voor BTM) zijn de met SES berekende kilometerelasticiteiten groter dan de tourelasticiteiten.

2.7.4 Directe elasticiteiten LMS2011 SES module (vs. externe bronnen)

2.7.4.1 Auto

Tabel 2.28 geeft de elasticiteiten die in het LMS7 en het LMS2011 zijn gevonden voor autotijden en autokosten. Deze worden vergeleken met waarden die in de literatuur worden gemeld. Getracht is hiervoor zo recent mogelijke waarden te gebruiken. Dit bleek echter niet altijd mogelijk, waardoor in enkele gevallen van oude(re) studies gebruik is gemaakt. Daarbij wordt verwacht (zie ook review van de experts op prijsgevoeligheden¹²) dat oudere bronnen de prijsgevoeligheid wat overschatten; er mag een daling in de prijsgevoeligheden voor de auto worden verwacht.

Tabel 2.28: Elasticiteiten autokilometers LMS en literatuur (Lange Termijn waarden)

Elasticiteit	LMS7 (LT) ^a	LMS2011 ^b	Literatuur ^d
Autokosten (bestuurder)			
Woon-Werk	-0,240	-0,262	E: -0,23
Woninggebonden Zakelijk	-0,600	-0,075	E: -0,20
Woninggebonden Educatie	-0,280	-0,095	E: -0,41
Woninggebonden Winkelen	-0,480	-0,532	E: -0,29
Overig woninggebonden	-0,490	-0,474	E: -0,29
Totaal	-0,31 ^e	-0,358 ^c	A: -0,2 tot -0,4 B: -0,3 tot -0,5
Autotijd (bestuurder)			
Woon-Werk	-1,050	-0,982	E: -0,63
Woninggebonden Zakelijk	-0,560	-0,751	E: -0,61
Woninggebonden Educatie	-1,530	-1,360	E: -0,76
Woninggebonden Winkelen	-0,790	-1,183	E: -0,85
Overig woninggebonden	-0,670	-1,024	E: -0,85
Totaal	-0,88	-1,020 ^c	E: -0,74
Autotijd (passagier)			
Woon-Werk	-1,450	-1,329	
Woninggebonden Zakelijk	-1,200	-0,939	
Woninggebonden Educatie	-1,840	-1,430	
Woninggebonden Winkelen	-1,030	-1,883	
Overig woninggebonden	-1,060	-1,483	
Totaal	-1,00	-1,527 ^c	

a: Modelschattingen LMS versie 7, HGC 2010 (bijlage C) dit betreft schattingen met de NSES module (Lange Termijn waarden).

b: LMS2011 systeemdocumentatie (gm2011_d7-1.pdf, tabel 2.4).

c: Bewerking MuConsult o.b.v. OVG1995/MON2004 (gewogen optelling over de motieven)

d: A = Geilenkirchen et al. (2010), waarden voor Nederland
B = Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, (2012) , waarden voor Nederland
E = de Jong and Gunn (2001) , internationale waarden

e: Bron: Meurs, Koopmans, van Wee (2010). LMS7: Gemiddelde brandstofkosten/km; LMS2011, variabele autokosten

De belangrijkste bevindingen uit tabel 2.28 zijn:

¹² H. Meurs, C. Koopmans en B. van Wee, "Review prijsgevoeligheden LMS/NRM", 2 juli 2010.

- De (overall) elasticiteit voor variabele autokosten op autokilometers in het LMS2011 ligt **binnen de ranges** die hiervoor in de literatuur zijn gevonden.
- De (overall) elasticiteit voor autoreistijd op het autokilometrage voor autobestuurders in het LMS2011 lijkt **aan de hoge kant**, vergeleken met de waarde die in de literatuur wordt gevonden. Hier kan bij worden aangetekend dat een wat hogere tijdgevoeligheid verwacht mag worden in LMS2011 dan in LMS7 door stijgende inkomens.
- Voor de (overall) elasticiteit voor autoreistijd op het autokilometrage voor autopassagiers zijn **geen externe bronnen** gevonden. Wel is het opvallend dat deze gevoeligheid voor werk en zakelijk motief groter is dan die van autobestuurders. Dit komt niet overeen met de verwachting.
- Met name de kostenelasticiteit voor de motieven woninggebonden zakelijk en woninggebonden educatie zijn in het LMS2011 lager dan die in het LMS7. De tijdelasticiteiten voor de motieven woninggebonden winkelen en overig woninggebonden zijn daarentegen groter dan in het LMS7, voor zowel autobestuurders als autopassagiers. Bij het motief educatie is de tijdelasticiteit in het LMS2011 voor autopassagiers lager dan in het LMS7. Er is dus sprake van **wisselingen** in de verhoudingen van ordegroottes tussen de LMS7 en LMS2011 elasticiteiten.

In de LMS documentatie wordt tevens nog een waarde voor de elasticiteiten van parkeerkosten op het aantal autokilometers en tours (bestuurder) genoemd (o.b.v. schattingsdata, zie ook bijlage E). In beide gevallen bedraagt deze -0,01. De Jong et al. (1999) geeft voor de tourelasticiteit een waarde van -0,3 en voor de kilometerelasticiteit een waarde van -0,15. De LMS2011 waarde lijkt derhalve aan de lage kant. In hoeverre deze waarde als te laag kan worden aangemerkt kan op basis van deze ene bron echter niet goed vastgesteld worden.

2.7.4.2 OV

Tabel 2.29 geeft de elasticiteiten in het LMS7, LMS2011 en de literatuur voor het OV. Getracht is wederom voor de literatuur zo recent mogelijke waarden te gebruiken. Dit bleek echter niet altijd mogelijk, waardoor in enkele gevallen van oude(re) studies gebruik is gemaakt voor de vergelijking.

Het recente artikel van Wardman (2011) betreft een meta-analyse van een zeer groot aantal studies uit de literatuur met betrekking tot tijdgevoeligheden. Op basis hiervan is een model opgesteld waarmee voor verschillende vervoerwijzen en situaties de elasticiteit bepaald kan worden. De aangegeven range bij deze referentie is op basis van modeluitkomsten, de laagste waarde geldt voor een reis van 2 mijl, de hoogste bij 200 mijl.

Tabel 2.29: Elasticiteiten OV kilometers LMS en literatuur (Lange Termijn waarden)

Elasticiteit	LMS7 (LT) ^a	LMS2011 ^b	Literatuur ^d
BTM kosten			
Woon-Werk	-0,510	-0,298	
Woninggebonden Zakelijk	-0,870	-0,358	
Woninggebonden Educatie	-0,190	-0,058	
Woninggebonden Winkelen	-0,510	-0,531	
Overig woninggebonden	-0,280	-0,240	
Totaal	-0,345 ^c	-0,246 ^c	A: -0,6 tot -1,0 C: -0,4 tot -0,6 D: -0,51 tot -0,80
BTM tijd (in-vehicle)^f			
Woon-Werk	-0,790 ¹³	-0,796	
Woninggebonden Zakelijk	-0,530	-0,796	
Woninggebonden Educatie	-0,800	-0,749	
Woninggebonden Winkelen	-0,310	-0,267	
Overig woninggebonden	-0,270	-0,486	
Totaal	-0,495 ^c	-0,593 ^c	C: -1,1 tot -1,3 G: -0,63 (-0,57 tot -1,32)
Trein tarief			
Woon-Werk	-0,590	-0,405	
Woninggebonden Zakelijk	-1,080	-0,106	
Woninggebonden Educatie	-0,330	-0,092	
Woninggebonden Winkelen	-0,480	-0,318	
Overig woninggebonden	-0,320	-0,221	
Totaal	-0,441 ^e	-0,253 ^c	A: -0,6 tot -1,1
Trein tijd (in-vehicle)			
Woon-Werk	-1,070	-0,599	
Woninggebonden Zakelijk	-0,470	-0,454	
Woninggebonden Educatie	-1,460	-0,536	
Woninggebonden Winkelen	-0,530	-0,346	
Overig woninggebonden	-0,060	-0,259	
Totaal	-0,812 ^e	-0,439 ^c	F: -0,5 tot -0,6 G: -0,69 (-0,4 tot -1,3)

a: Modelschattingen LMS versie 7, HGC 2010 (bijlage C)

b: LMS2011 systeemdokumentatie (gm2011_d7-1.pdf, tabel 2.4)

c: Bewerking MuConsult o.b.v. OVG1995/MON2004 (gewogen optelling over de motieven)

d: Lange termijn elasticiteiten

A = Geilenkirchen et al. (2010), waarden voor Nederland

C = de Beer et al. (2011), waarden voor Nederland

D = Hanly et al. (2002), internationaal

F = MuConsult 2003, waarden voor Nederland

G = Wardman 2011, waarden voor UK, *cursieve waarde tussen haken* o.b.v. modelberekeningen. Laagste waarde geldt bij 2 mijl, hoogste bij 200 mijl.

e: Handboek elasticiteiten voor het treingebruik afgeleid met het LMS, 4Cast, 2005

f: Elasticiteiten LMS7 o.b.v. "De rijtijd van het overig openbaar vervoer te versnellen via de BTM maatregel: 10% < 5 km, afnemend naar 5% bij 15 km, 5% > 15km - btm".

De belangrijkste bevindingen uit tabel 2.29 zijn:

¹³ LMS 7 waarden zijn o.b.v. een *versnelling* van de reistijd (zie tabelnoot f), de oorspronkelijke waarden in de LMS7 documentatie hebben een plusteken.

- De (overall) kosten en tijdelasticiteit voor bus, tram en metro en de (overall) kostenelasticiteit voor de trein liggen **onder** de waarden die in de literatuur zijn gevonden.
- De (overall) tijdelasticiteit voor de trein ligt **buiten de range** die in de literatuur is gevonden en de lagere waarden zijn ook niet conform de verwachting dat deze elasticiteiten hoger zouden worden in de tijd (o.a. door toegenomen autobezit). Eventuele effecten van het beter kunnen werken in de trein t.g.v. de introductie van o.a. stiltecoupes, stopcontacten (1^e klas) en wifi zullen nog niet zichtbaar zijn in de LMS2011 schattingsdata, aangezien deze zaken pas vanaf respectievelijk 2003, 2007 en 2009 zijn geïntroduceerd (in slechts een deel van het materieel);
- Ten opzichte van het LMS7 zijn de BTM kostenelasticiteiten voor woninggebonden winkelen en overig woninggebonden van dezelfde ordegrrootte, voor de overige motieven zijn deze in het LMS2011 **lager**.
- Ten opzichte van het LMS7 zijn de BTM tijdelasticiteiten van dezelfde ordegrrootte.
- Ten opzichte van het LMS7 zijn de trein kostenelasticiteiten voor woninggebonden winkelen en overig woninggebonden van dezelfde ordegrrootte, voor de overige motieven zijn deze in het LMS2011 **lager**.
- Ten opzichte van het LMS7 zijn de trein tijdelasticiteiten per motief soms hoger en soms lager.

Bij het vergelijken met Wardman (2011) moet bedacht worden dat deze studie op het Verenigd Koninkrijk is gericht en de tijd-elasticiteiten daarom niet direct van toepassing hoeven te zijn voor de Nederlandse situatie (zie ook onderstaand kader). Zo geldt met name voor de bus dat elasticiteiten in Nederland vaak groter zijn aangezien de fiets veel vaker een alternatief is voor een (korte) reis met de bus en er dus eerder van vervoerwijze gewisseld kan worden. Hoewel de LMS2011 waarde dicht bij het in deze bron genoemde gemiddelde ligt (op basis van de literatuurstudie) en binnen de gerapporteerde range (op basis van modeluitkomsten), blijft de constatering dat de (voor Nederland geldende) LMS2011 waarden voor bustijden aan de lage kant zijn.

Wardman (2011) geeft OV tijdelasticiteiten per afstand op basis van modeluitkomsten:

<i>OV tijdelasticiteiten (Wardman 2011)</i>		
Afstand (mile)	Rail time	Bus time
2	-0,42	-0,57
10	-0,63	-0,57
25	-0,78	-1,32
50	-0,93	-1,32
100	-1,11	-1,32
200	-1,31	-1,32

Voor een gemiddelde afstand van een treinverplaatsing in NL (45km deur-tot-deur, bron: MON2004) en vergelijkbare overig omstandigheden zou de elasticiteit dan een waarde van ongeveer -0,75 hebben en voor een gemiddelde BTM afstand in NL (11 km deur-tot-deur, bron: MON2004) -0,57.

2.7.5 *Kruiselasticiteiten*

Tabel 2.30 geeft een overzicht van een deel van de kruiselasticiteiten zoals deze in de LMS2011 documentatie wordt vermeld¹⁴ (zie bijlage E voor een uitgebreider overzicht). Dit betreft elasticiteiten op basis van de schattingsdata, dus zonder terugkoppeling naar het tourfrequentiemodel. De directe elasticiteiten wijken dan ook af van de waarden zoals vermeld in tabel 2.28 en 2.29, aangezien die elasticiteiten voor het LMS2011 zijn gebaseerd op de gehele SES module. Voor de auto-elasticiteiten is het verschil beperkt, voor BTM echter in een aantal gevallen zoals eerder opgemerkt aanzienlijk.

Tabel 2.30 geeft alleen de waarden voor veranderingen in autotijden en autokosten op kilometers met andere vervoerwijzen. De kruiselasticiteiten voor veranderingen in BTM kosten en tijden op autokilometers van autobestuurders zijn steeds maximaal 0,01 (m.u.v. het motief educatie, de kruiselasticiteit is daar 0,05 voor BTM reistijd). Kruiselasticiteiten voor veranderingen in treintijden en kosten worden niet gegeven in de LMS2011 documentatie. Er kan dus niet worden vastgesteld of de effecten van veranderingen in treintijden en –kosten op het autogebruik plausibel zijn. Gezien de ordegrrootte van de directe elasticiteiten en de wel bekende kruiselasticiteiten voor BTM en auto mag verwacht worden dat deze ook laag zullen zijn (lager dan LMS7).

Tabel 2.30: Kruiselasticiteiten van veranderingen in autotijden en autokosten op kilometers met andere vervoerwijzen (o.b.v. schattingsdata)

Kruis-elasticiteit	Pass.	Trein	BTM	Fietsen	Lopen
Auto reistijd					
Woon-Werk	-1,30	0,27	0,19	0,26	0,26
Woninggebonden Zakelijk	-0,94	0,22	0,14	0,12	0,17
Woninggebonden Educatie	-1,42	0,12	0,09	0,05	0,05
Woninggebonden Winkelen	-1,84	0,13	0,13	0,24	0,23
Overig woninggebonden	-1,46	0,05	0,05	0,07	0,07
Werkgebonden zakelijk	-1,81	0,74	0,32	0,56	0,75
Overig werkgebonden	-2,52	0,00	0,30	0,23	0,42
Variabele auto kosten					
Woon-Werk	0,13	0,11	0,08	0,11	0,11
Woninggebonden Zakelijk	0,10	0,09	0,05	0,05	0,07
Woninggebonden Educatie	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00
Woninggebonden Winkelen	0,06	0,02	0,03	0,06	0,06
Overig woninggebonden	0,02	0,01	0,01	0,02	0,03
Werkgebonden zakelijk	0,22	0,19	0,10	0,13	0,20
Overig werkgebonden	0,22	0,00	0,14	0,06	0,16

In de (recente) literatuur zijn nauwelijks bronnen beschikbaar waarmee de ordegrrootte van de kruiselasticiteiten in het LMS2011 goed vergeleken kunnen worden¹⁵. Een vergelijking met het LMS7¹⁶ laat echter zien dat de LMS2011 kruiselasticiteiten voor autotijden ongeveer half zo groot zijn, en voor autokosten ongeveer een factor 0,7. Uitzonderingen zijn de kruiselasticiteiten voor autokosten voor het motief educatie, deze zijn in het LMS2011 een factor 0,2 kleiner en de

¹⁴ 07002-R1-Schatting keuzemodellen_eindrapport_v1.0, pg 116-121.

¹⁵ Hierbij speelt ook een rol dat kruiselasticiteiten in logit-modellen een specifieke vorm hebben die met de eigenschappen van dit model te maken hebben.

¹⁶ Modellschattingen LMS versie 7, HGC 2010 (bijlage C).

autotijd kruiselasticiteiten voor het motief winkelen en overig woninggebonden, deze zijn in het LMS2011 ongeveer een factor 3 zo groot. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat het hierbij in absolute zin om zeer kleine waarden gaat. Tevens geldt dat de LMS7 kruiselasticiteiten waarmee de LMS2011 kruiselasticiteiten hier zijn vergeleken gebaseerd zijn op de gehele NSES module van het LMS7. Mogelijk zijn de LMS2011 kruiselasticiteiten gebaseerd op de gehele SES module wat hoger dan op basis van de schattingsdata. Of en in hoeverre dit het geval is kan met de beschikbare documentatie echter niet worden vastgesteld.

De belangrijkste bevindingen t.a.v. kruiselasticiteiten in het LMS2011 zijn:

- Veranderingen in autokosten en -tijden hebben ook een **beperkt effect** op kilometers met OV en langzaam verkeer.
- Kruiselasticiteiten van veranderingen in autotijden hebben voor autopassagiers hetzelfde teken als voor bestuurder. De ordegraote van deze kruiselasticiteiten lijken aan de **hoge kant** (maar er is geen bron gevonden om deze mee te verifiëren). Voor autokosten liggen deze waarden in lijn met die van andere vervoerwijzen.
- Veranderingen in BTM tijden en kosten hebben slechts een **zeer beperkt effect** op het aantal autokilometers.
- De kruiselasticiteiten voor autotijden en kosten zijn in het LMS2011 i.h.a. **lager** dan die in het LMS7.

2.7.6 *Ontwikkelingen in elasticiteiten t.g.v. externe ontwikkelingen*

In deze subparagraaf kijken we naar een aantal algemene ontwikkelingen en ontwikkelingen in de OV populatie die mogelijk een rol kunnen hebben gespeeld in de ontwikkeling van de ordegraote van OV-prijselasticiteiten in de periode 1996-2005 (de jaren op basis waarvan de modellen voor het LMS7 en LMS2011 zijn geschat), en mogelijk een verklaring geven voor de daling van elasticiteiten tussen beide versies.

2.7.6.1 *Prijsgevoeligheid in de tijd*

In het rapport van Geilenkirchen et al (2010), waarin een groot aantal studies naar prijsgevoeligheden onder de loep wordt genomen, wordt een aantal ontwikkelingen en verschillen beschreven met betrekking tot OV prijs-elasticiteiten:

- Prijselasticiteiten zijn tegenwoordig vaak hoger, wat onder meer het gevolg is van toegenomen autobezit.
- De prijsgevoeligheid van de trein is groter dan bij de bus, dit is mogelijk het gevolg van een groter aandeel reizigers met een sociaal-recreatief reismotief. Een tweede genoemde mogelijke reden is dat de kosten van een treinreis over het algemeen hoger liggen.
- Buiten de spits is de prijsgevoeligheid groter dan in de spits, voornamelijk ten gevolge van het verschil in reismotieven.
- Op het platteland is de prijsgevoeligheid groter dan in stedelijke gebieden, door een groter autobezit en omdat de auto een beter alternatief is voor het OV.
- De prijselasticiteit van het OV is hoger naarmate het huishoudinkomen stijgt.
- Ouderen worden vaak prijsgevoeliger verondersteld, niet in alle studies wordt dit echter aangetoond. Mogelijk is dit een gevolg dat bij ouderen sprake zowel sprake is van een lager autobezit en lagere inkomens (minder prijsgevoelig)

als van een groter aandeel sociaal-recreatieve reizen (meer prijsgevoelig). Het netto effect kan verschillend uitpakken.

- Er is geen duidelijke relatie tussen het soort vervoerbewijs (losse kaartjes of abonnementen) en de grootte van de prijselasticiteit.
- Eerste klas (trein)reizigers zijn minder prijsgevoelig. Ook hier ligt weer een link met het reismotief (reizen voor zakelijke en woon-werk motieven zijn minder prijsgevoelig).
- De omvang van een tariefverhoging speelt mogelijk een rol, grotere verhogingen leiden tot grotere gevoeligheden. Het beeld in de literatuur is echter niet volledig eenduidig.

In tabel 2.31 kijken we naar een aantal ontwikkelingen in de periode 1996-2005 (bron: CBS statline, OVG, KiM (2007)) en geven, op basis van het bovenstaande, een *inschatting* van het mogelijke effect hiervan op de ontwikkeling van de orde-grootte van OV-prijselasticiteiten in deze periode.

Op basis van tabel 2.31 kunnen we constateren dat er in de periode 1996-2005 sprake is van een aantal ontwikkeling die tot een *grotere* prijsgevoeligheid kunnen hebben geleid in het OV, en een aantal die tot een *kleinere* prijsgevoeligheid kunnen hebben geleid. Het netto effect van deze ontwikkelingen is niet met volledige zekerheid in te schatten. De ontwikkelingen in autobezit en inkomen lijken echter een grotere impact te kunnen hebben gehad dan overige ontwikkelingen, waardoor mogelijk eerder sprake zou moeten zijn van een stijging van de kostengevoeligheid in het OV dan van een daling in de periode 1996-2005.

Tabel 2.31: Ontwikkelingen OV prijsgevoeligheid

Ontwikkeling 1996-2003/2005	Effect op OV-prijsgevoeligheid
<i>Generieke ontwikkelingen (bron: CBS)</i>	
Stijging autobezit (totaal: 23%, per 1.000 inwoners: 17%)	Groter (++)
Vergrijzing totaal	?
Lager inkomen, lager autobezit (meer captives)	Lager (--)
Meer sociaal-recreatief reizen ^a / meer dalreizen	Groter (++)
Hoger autobezit bij ouderen dan vroeger	Groter (+)
Reële inkomensstijging (13%)	Groter (++)
Lagere (reële) ontwikkeling OV tarieven (trein 8%, bus 9%) vs. inkomensontwikkeling (13%)	Lager (-)
Relatief grote tariefverhoging trein 2003-2005 (gem. 5,1%)	Groter? (+)
<i>Motiefverdeling^b (bronnen: OVG 1996-2003¹⁷, KiM)</i>	
Daling aandeel SOV kaart trein '92-'02, stijging vanaf '03	? (eerst + dan -)
Stijging aandeel woon-werk kms in OV	Lager ^c (-)

a: Op theoretische gronden. Overall blijkt dit niet uit de ontwikkeling van het aandeel sociaal-recreatieve verplaatsingen en kilometers in het OV (bron OVG 1996-2003), zie ook figuur 2.16.

b: Dit heeft alleen effect op de gewogen optelling tot de overall waarde van de elasticiteit, niet op de ontwikkeling *binnen* de motieven tussen LMS7 en LMS2011.

c: Op theoretische gronden. Merk echter op dat in zowel het LMS7 als het LMS2011 de prijsgevoeligheid voor de trein voor woon-werk *groter* is dan voor sociaal-recreatieve motieven (zie tabel 1.2). De geconstateerde ontwikkeling van het aandeel woon-werk zou in het LMS dan tot een *grotere* overall prijselasticiteit moeten hebben geleid.

¹⁷ We beschouwen hier de jaren 2004/2005 niet, aangezien in deze jaren niet het OVG maar het MON van toepassing is, en er mogelijke sprake is van een trendbreuk met het OVG.

Ontwikkelingen in de SOV-kaart (bron: wikipedia)

- 1991: Introductie, hele week geldig en beschikbaar voor iedereen die onderwijs volgde (zowel studenten als scholieren) van 18 jaar en ouder.
- 1994: kiezen tussen een weekkaart (doordeweeks gratis reizen, in het weekend met korting) of een weekendkaart (in het weekend gratis reizen, doordeweeks met korting na de ochtendspits).
- 1996: (tegelijk met de invoering van de prestatiebeurs), alleen nog voor studenten van 18 jaar en ouder (middelbare scholieren niet meer).
- 2000: kosten kaart worden lening als niet binnen termijn van prestatiebeurt wordt afgestudeerd (voor nieuwe studenten per 1999).
- 2003: verruiming reismogelijkheden op vrijdag voor zowel SOV week- als weekendkaarthouders.

Mogelijk effect op prijsgevoeligheid in het OV:

Tot 2003 zijn de regels voor SOV kaart bezit en gebruik steeds verder aangescherpt, en in 2003 ten aanzien van gebruik weer iets verruimt. De ontwikkeling in het aandeel SOV-kaart in het treingebruik lijkt hiermee in overeenstemming. In het algemeen geldt dat een hoger aandeel SOV-kaart in het treingebruik tot een lagere overall prijselasticiteit leidt (en omgekeerd).

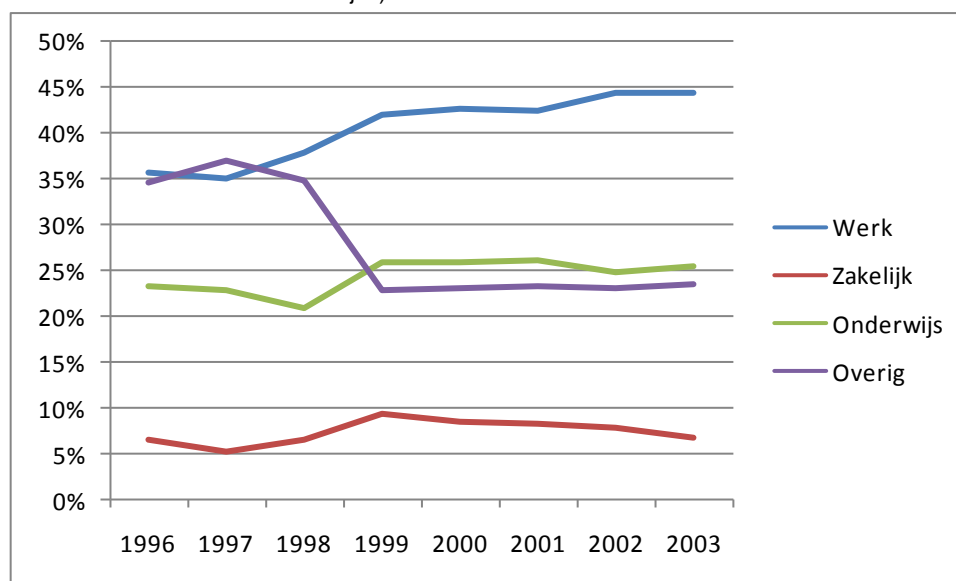
2.7.6.2 *Tijdgevoeligheid in de tijd*

Er zijn nauwelijks of geen externe bronnen beschikbaar op basis waarvan een inschatting gemaakt kan worden van de ontwikkeling van tijdelasticiteiten voor het OV in de tijd.

De uitgebreide literatuurstudie van Wardman (2011) geeft wel een indicatie dat mogelijk sprake is van een daling van de tijdgevoeligheid. De door hem gerapporteerde (gemiddelde) tijdelasticiteit op basis van studies die betrekking hebben op de jaren 2001-2010 is lager dan die op basis van de jaren 1991-2000 wordt gerapporteerd. Echter, deze ontwikkeling is over alle vervoerwijzen (auto, bus, trein). Of deze daling voor de afzonderlijke vervoerwijzen ook geldt, en zo ja in welke mate, kan niet worden vastgesteld. Daarnaast geldt dat deze ontwikkeling gerapporteerd wordt op basis van de beide decennia, terwijl we hier kijken naar ontwikkelingen in de periode 1996-2005. Ten slotte kan de ontwikkeling ook (mede) een gevolg zijn van veranderingen in de vervoerwijzeverdeling in de beschouwde perioden. In hoeverre daarvan sprake is evenmin vast te stellen.

Ten aanzien van veranderingen in de motiefverdeling blijkt op basis van OVG analyses (MuConsult) dat in de periode 1996-2003 zowel het aandeel reizen als kilometers voor het motief woon-werk bij zowel trein als bus (als hoofdvervoerwijze) is toegenomen (treinkilometers: van 36% naar 44%, buskilometers: van 28% naar 37%), ten koste van vooral sociaal-recreatieve kilometers (figuur 2.16 geeft ter illustratie de figuur voor treinkilometers). Aangezien woon-werk reizigers tijdgevoeliger zijn dan sociaal-recreatieve (dit blijkt ook uit de LMS7 en LMS2011 elasticiteiten) mag aggregaat daarom eerder een *stijging* van de tijdgevoeligheid verwacht worden dan een *daling* in de beschouwde periode. Dit staat overigens los van de vraag of "de gemiddelde Nederlander" of de reiziger voor een bepaald motief (bv zakelijk) in de beschouwde periode al dan niet tijdongevoeliger is geworden.

Figuur 2.16: Motiefverdeling treinkilometers (bron: OVG1996-2003, o.b.v. hoofdvervoerwijze)



2.7.7 Values of time

Op basis van de schattingsdata zijn de values of time gerapporteerd, dit zijn dus *gemiddelde waarden* op basis van de waarnemingen voor tijden en kosten in de schattingsdata. Tabel 2.32 geeft deze waarden zoals ze in de LMS documentatie staan vermeld. Hieraan zijn de VoT waarden toegevoegd zoals deze nu door de overheid worden gehanteerd voor het jaar 2006¹⁸ (voor het GE scenario, voor andere scenario's zijn de waarden (vrijwel) gelijk).

Tabel 2.32: Values of time (€/uur) LMS 2011 en RWS

Reismotief	Inkomen	LMS2011		RWS ¹ -GE	
		Auto	BTM	Auto	BTM
Woon-Werk	Laag	6,10	3,29	8,60	8,03
	Midden	7,20	3,98	8,60	8,03
	Hoog	8,76	4,91	8,60	8,03
Woninggebonden Zakelijk	Laag	12,44	1,91	29,77	14,00
	Midden	15,69	2,29	29,77	14,00
	Hoog	21,75	3,08	29,77	14,00
Woninggeb. Educatie	Alle	36,16	11,55	5,94	5,08
Woninggeb. Winkelen	Alle	9,75	0,72	5,94	5,08
Overig woninggebonden	Alle	7,22	1,64	5,94	5,08
Werkgebonden Zakelijk	Alle	21,87	2,90	29,77	14,00
Overig werkgebonden	Alle	7,02	0,56	5,94	5,08
Kind Woninggeb. School	Alle	n.v.t.	n.v.t.	-	-
Kind Woninggeb. Overig	Alle	n.v.t.	1,99	-	-

1: De RWS elasticiteiten worden niet uitgesplitst naar inkomensklasse. Ook worden alleen de motieven werk, zakelijk en overig onderscheiden, een aantal waarden is daarom gedupliceerd.

We zien dat de VoT's voor autobestuurders voor het motief woon-werk in het LMS2011 van dezelfde orde grootte zijn als de waarden zoals deze nu worden gehanteerd. Bij zakelijke motieven zijn de LMS2011 VoT's lager, met name bij lage

¹⁸ bron: http://www.rijkswaterstaat.nl/kenniscentrum/economische_evaluatie/kengetallen/. Door de stijgende tendens in VoT waarden in de tijd zijn de 2006 waarden een lichte overschatting van de waarden in 2004 (waar de LMS2011 VoT betrekking op hebben).

inkomens lijkt dit het geval te zijn. Bij de overige woninggebonden motieven zijn de VoT's hoger, dit geldt met name bij educatie (een 6x zo grote waarde t.o.v. de RWS waarde), deze VoT ligt zelfs (ruim) boven de zakelijke VoT's.

De VoT's voor BTM (in-vehicle) zijn fors lager (tot een factor 9 bij overig werkgebonden) dan de waarden waarmee nu wordt gerekend. Uitzondering is ook hier de VoT waarde voor het motief educatie (ruim 2x zo groot t.o.v. de RWS waarde).

De hoge VoT waarden voor educatie, vergeleken met woon-werk en zakelijk, zou een gevolg kunnen zijn van het feit dat bij woon-werk en zakelijke motieven in SES wel met werkgeversvergoedingen rekening wordt gehouden (door het schalen van de kostencoëfficiënt) maar bij educatie niet.

Voor de trein zijn geen VoT's bepaald, aangezien hier slechts één coëfficiënt voor gegeneraliseerde reistijd is geschat. De VoT's voor de trein zijn in het LMS gebaseerd op de RWS waarden voor 2006, de waarden voor 2004 zijn hieruit afgeleid door te corrigeren voor de inflatie tussen 2004 en 2006 (2,88%). De VoT's voor de trein zijn € 8,38/uur (woon-werk), € 17,76/uur (zakelijk) en € 5,17/uur (overig).

In het treinmodel zijn ook de VoT waarden voor BTM in het voor- en natransport gebaseerd op de RWS waarden, deze zijn respectievelijk € 7,81/uur (woon-werk), € 13,61/uur (zakelijk) en € 4,94/uur (overig). In de totale SES module gelden dus twee sets van VoT waarden voor BTM, één in de vervoerwijzekeuze module (impliciet, de onderliggende coëfficiënten die de VoT bepalen worden hier gebruikt) en één in de voor/natransport module voor de trein, met fors verschillende waarden.

2.7.8 *Conclusie*

Op basis van de hierboven uitgevoerde vergelijking van LMS2011 elasticiteiten en VoT waarden zien we dat de kilometerelasticiteiten voor de auto over het algemeen goed overeenkomen met de in externe bronnen vermelde waarden. Dit is in overeenstemming met de eerder gehouden "tussentijdse audit" naar de kostenelasticiteiten.

Ten aanzien van kilometerelasticiteiten voor OV kosten en tijd zien we echter dat de LMS elasticiteiten aan de lage kant zijn, zeker wanneer ze vergeleken worden met de in de literatuur vermelde lange termijn elasticiteiten en ons realiseren dat de LMS waarden "eerste orde" waarden zijn, waarbij (nog) geen rekening gehouden is met bijvoorbeeld het effect van congestie. Verwacht mag worden dat elasticiteiten waarbij hier wel rekening wordt gehouden nog een fractie lager zijn. De kilometerelasticiteiten voor reistijden als autopassagier lijken daarentegen aan de hoge kant.

Economische en demografische ontwikkelingen in de periode tussen beide LMS versies geven geen verklaring voor de veelal lagere waarde van OV elasticiteiten in het LMS2011 versus het LMS7.

Een goede beoordeling van de tourelasticiteiten is niet te maken, er zijn vrijwel geen (recente) externe bronnen beschikbaar om de LMS elasticiteiten mee te vergelijken.

Bij de VoT waarden waarmee in het LMS2011 wordt gerekend zien we in een aantal gevallen forse verschillen vergeleken met de waarden waar thans vanuit wordt gegaan in MKBA's en die gebaseerd zijn op SP onderzoek. Met name de VoT waarden voor BTM (erg laag) en het motief educatie (erg hoog) wijken fors af.

Ten slotte is het opvallend dat in de voor- en natransport deel van het treinmodel met andere VoT waarden wordt gerekend voor BTM dan die op basis van het hoofdvervoerwijzekeuze model zijn bepaald, en dat deze waarden soms sterk verschillen. Merk echter op dat met de VoT waarden van het hoofdvervoerwijze model niet expliciet wordt gerekend (maar vanzelfsprekend wel met de onderliggende coëfficiënten).

2.7.9 *Mogelijke oorzaken van verschillen?*

Er is een aantal mogelijke oorzaken aan te geven die een rol kunnen hebben gespeeld voor de lage(re) waarden van elasticiteiten in het LMS2011 ten opzichte van externe bronnen en de vorige LMS versie. Of en in hoeverre dit daadwerkelijk het geval is kan in het kader van de audit echter niet vastgesteld worden:

- Schaling kostencoëfficiënt voor werkgeversvergoedingen voor een aantal motieven. Dit leidt mogelijk tot een onderschatting van de kostencoëfficiënt en kostenelasticiteiten voor deze motieven. Een lager effect van veranderingen in kosten kan zowel komen door een lagere coëfficiënt (zoals nu in het LMS) toegepast op de oorspronkelijke kostenverandering of door een kleinere kostenverandering (doordat een deel niet door de berijder betaald hoeft te worden) met de oorspronkelijke coëfficiënt. Door de coëfficiënt te schalen vermindert men direct de gevoeligheid. Afhankelijk van de wijze waarop uiteindelijk tijdwaarderingen en elasticiteiten zijn berekend heeft dit mogelijk effect op de resulterende ordegroottes.
- Gebruik van te hoge treinkosten bij de schatting van het treinmodel, ten gevolge van:
 - Het niet modelleren van degressie in het tarief. Dit is een keuze geweest bij de ontwikkeling van het LMS2011.
 - Het meenemen van de kosten van enkele reizen en 1^e klas in de bepaling van het gemiddelde treintarief op basis waarvan de kilometerkosten voor de trein zijn bepaald. Bij de berekening van de uiteindelijke (2e klas) retourtarieven in het LMS vindt echter weer een herschaling plaats op basis van de (waargenomen) kaartsoortmix (zie ook subparagrafen 2.3.6.3 en 2.3.6.4).

Te hoge treintarieven hebben niet alleen effect op de kostenelasticiteit voor de trein, maar door gebruik van gegeneraliseerde reistijden in het treinmodel ook op de tijdelasticiteit. Daarnaast is er mogelijk een effect op tijden en kostengevoeligheid in het voor- en natransport (waaronder BTM).

- Loop- en fietsafstanden op basis van autonetwerk, daardoor mogelijk te lange voor- en natransportafstanden bij de trein. Dit heeft mogelijk ook een effect op de kosten- en tijdcoëfficiënten voor de trein.

- De nesting structuur van de SES modellen, waarvan in de schattingsdocumentatie wordt opgemerkt dat deze mogelijk niet optimaal is, kan ook gevolgen hebben voor de hoogte van elasticiteiten.

De in subparagraaf 2.7.6 uitgevoerde analyse naar mogelijke ontwikkelingen in de tijd van tijd- en kostenelasticiteiten in het OV geven geen afdoende verklaring voor de daling van deze OV elasticiteiten tussen de huidige en vorige LMS/NRM versie. Er lijkt eerder aanleiding te zijn te veronderstellen dat deze elasticiteiten in absolute zin *groter* zouden moeten zijn in het LMS2011. Hier staat echter wel een toegenomen congestie op het (hoofd)wegennet tegenover, waardoor de auto niet in alle gevallen daadwerkelijk een goed alternatief hoeft te zijn.

2.7.10 Referenties

- Beer, P. de, D. Tiemersma en R. van der Ploeg (2011), "Modal split onder druk? Gevolgen bezuinigingen openbaar vervoer in Amsterdam", Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk 2011.
- Geilenkirchen, G.P., K.T. Geurs, H.P. van Essen, A. Schroten en B. Boon (2010), "Effecten van prijsbeleid in verkeer en vervoer", Planbureau voor de Leefomgeving en CE Delft.
- Jong, G.C. de and H.F. Gunn (2001) Recent evidence on car cost and time elasticities of travel demand in Europe, *Journal of Transport Economics and Policy*, 35-2, pp. 137-160, May 2001.
- Jong, G.C. de, L. Biggiero, P. Coppola et al., 1999, Elasticity Handbook: Elasticities for prototypical contexts (Deliverable 5), Brussel: Europese Commissie.
- Hanly, M., Dargay, J. and Goodwin, P. (2002), "Review of Income and Price Elasticities in the Demand for Road Traffic", Report 2002/13.
- Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (2007), "Marktontwikkelingen in het personenvervoer per spoor 1991-2020".
- Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (2012), "Over Brandstofprijzen en Automobilititeit".
- MuConsult (2003), Elasticiteiten Treinmobiliteit State of the art anno 2003.
- Wardman, M. (2011), "Review and meta-analysis of U.K. time elasticities of travel demand", *Transportation*, August 2011.

2.8 Intensiteiten, reistijden en filebeeld

2.8.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de modeluitkomsten van het LMS en NRM op netwerkniveau. Deze uitkomsten zeggen deels iets over de kwaliteit van QBLOK, maar worden ook grotendeels bepaald door andere aspecten van het modelsysteem (invoer, systeemarchitectuur, vraagmodellering, wensvraagconcept en kalibratie). Het betreft de intensiteiten, reistijden, filelocaties en modelgevoeligheid. De bevindingen zijn gebaseerd op toetsen met QBLOK die zijn uitgevoerd in:

- 4Cast (2010a), LMS/NRM kwaliteit, Eindtoedelingen basisjaar Fase 2, bijzondere onderdelen, Projectnummer: p10-9014
- Een vergelijking tussen gemodelleerde reistijden en snelheden en reistijden en snelheden op basis van data op NoMo-trajecten (NoMo_2.xls)
- De kalibratieresultaten.

- 4Cast (2010b), Toetsen robuustheid QBLOK, een rapport voor Dienst Verkeer en Scheepvaart, P09-9060

2.8.2 *Intensiteiten*

In het rapport LMS/NRM kwaliteit Eindtoedelingen basisjaar Fase 2, bijzondere onderdelen (4Cast, 2010a) is een vergelijking gemaakt tussen de toedeelresultaten en gemeten 2-urige intensiteiten. De resultaten daarvan zijn samengevat in Figuur 2.17 voor de ochtend- en avondspits. De wegvakken zijn opgedeeld in vijf verschillende etmaalintensiteitsklassen (linker kolom). De tabel geeft een overzicht van het percentage wegvakken dat tot een bepaalde T-waarde klasse behoort. De T-waarde geeft aan hoe goed een telpunt door de toedeling benaderd wordt:

$$T_waarde = \ln\left(\frac{(toedeling - telwaarde)^2}{telwaarde}\right)$$

In het rapport is het volgende kader gebruikt voor de beoordeling van de resultaten:

etmaalintensiteit	percentage wegvakken met T-waarde < 3.5.
>50000	90.00%
20000-50000	90.00%
10000-20000	90.00%
5000-10000	80.00%
0-5000	80.00%

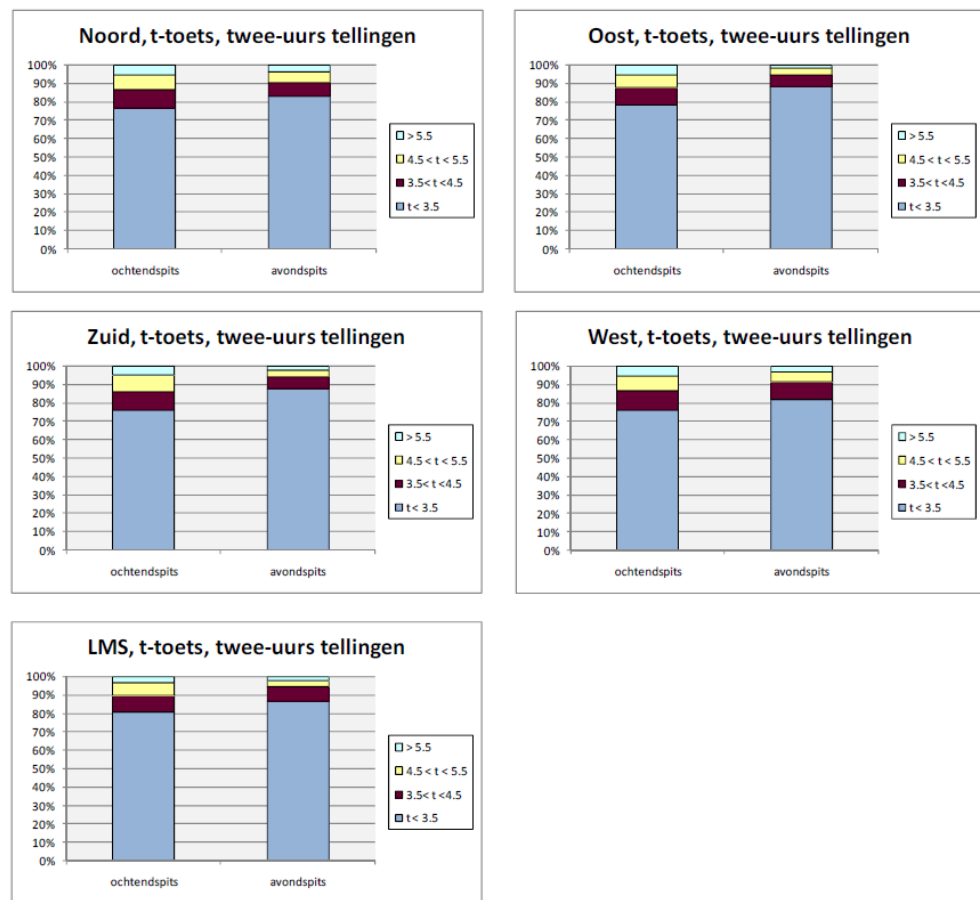
De geel gearceerde cellen geven aan dat voldaan is aan het oorspronkelijke beoordelingskader. De oranje cellen datgene wat erbij komt als het beoordelingskader wordt gehanteerd bij een grenswaarde van 4.5 voor de T-waarde i.p.v. 3.5.

	ochtendspits				avondspits			
	<3.5	3.5-4.5	4.5-5.5	>5.5	<3.5	3.5-4.5	4.5-5.5	>5.5
Noord								
>50000	43%	23%	22%	13%	48%	18%	17%	17%
20000-50000	63%	13%	13%	10%	76%	12%	7%	4%
10000-20000	76%	13%	8%	3%	85%	5%	7%	4%
5000-10000	88%	5%	3%	3%	91%	4%	3%	2%
<5000	95%	3%	2%	0%	95%	3%	1%	1%
Oost								
>50000	53%	25%	14%	8%	72%	16%	10%	2%
20000-50000	68%	11%	12%	9%	88%	8%	4%	0%
10000-20000	75%	12%	10%	4%	89%	6%	3%	2%
5000-10000	84%	8%	3%	5%	86%	6%	5%	3%
<5000	90%	4%	2%	3%	94%	3%	2%	1%
Zuid								
>50000	51%	17%	21%	11%	63%	20%	13%	4%
20000-50000	63%	15%	13%	9%	85%	9%	5%	1%
10000-20000	70%	12%	11%	6%	82%	7%	6%	4%
5000-10000	85%	9%	4%	2%	92%	5%	2%	2%
<5000	94%	3%	2%	1%	98%	1%	1%	1%
West								
>50000	48%	17%	17%	17%	36%	31%	28%	5%
20000-50000	60%	14%	12%	14%	71%	13%	9%	6%
10000-20000	69%	12%	9%	9%	79%	10%	6%	6%
5000-10000	77%	10%	6%	6%	82%	9%	5%	4%
<5000	68%	9%	12%	11%	67%	10%	10%	13%
LMS								
>50000	49%	28%	17%	7%	50%	25%	17%	8%
20000-50000	67%	14%	12%	7%	82%	11%	5%	2%
10000-20000	80%	10%	8%	2%	84%	11%	3%	2%
5000-10000	88%	6%	4%	2%	92%	4%	3%	1%
<5000	94%	4%	2%	0%	97%	2%	0%	0%

Figuur 2.17: Resultaten vergelijking toedelingresultaten met metingen.

De match tussen de 2-urige tellingen en de intensiteiten volgens QBLOK is bij de relatief hogere etmaalintensiteiten vooral in de ochtendspits niet goed. Voor de hoogste intensiteitsklasse geldt dit ook voor de avondspits. Bij het NRM-west is de match voor vrijwel alle klassen in zowel de ochtendspits als de avondspits onvoldoende. In algemene zin kan geconcludeerd worden dat naarmate er meer congestie is (of de intensiteiten heel hoog worden zonder congestie) de match slechter wordt. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de gemodelleerde intensiteiten niet omlaag gaan bij congestie. In de data gebeurt dat wel. Feitelijk worden dus twee verschillende grootheden vergeleken, waardoor geen goede conclusies getrokken kunnen worden over de kwaliteit van de modelresultaten, anders dan de eerder gemaakte algemene opmerking dat de gemodelleerde intensiteiten vanwege definitie verschillen niet overeenkomen met de praktijk. Naarmate er meer congestie is wordt dit probleem groter.

Uit Figuur 2.18 blijkt dat in de ochtendspits globaal 80% van de geselecteerde wegvakken een T-waarde heeft die onder de 3,5 ligt voor zowel de NRM's als het LMS. Hierbij is geaggregeerd over de intensiteitsklassen. De avondspits scoort nog beter. Bij een grenswaarde van 4,5 ligt de score voor de ochtendspits in de buurt van de 90% voor de avondspits boven de 90%.



Figuur 2.18: Verdeling wegvakken over T-waarden- klassen.

Ten aanzien van de intensiteiten is in 'LMS/NRM kwaliteit' (4Cast, 2010a) nog een aantal toetsen uitgevoerd. Veel van die toetsen voldoen niet aan de criteria die in datzelfde rapport zijn gesteld. Op basis van het rapport kan worden geconcludeerd dat:

- Er een grote asymmetrie is in de netwerkbelasting op etmaalniveau.
- Bij de hoogste intensiteitsklassen in het LMS, het NRM Noord en het NRM Zuid te veel extreme spitsrichtingen voorkomen (te hoog aandeel van een rijrichting in de omvang van de toegedeelde belastingen over de dwarsdoorsnede).
- Het LMS en de NRM's te veel onbelaste wegvakken hebben en te veel wegvakken een spits/restdag verhouding hebben die buiten het betrouwbaarheidsinterval is gelegen.
- Er te veel op- en afritten en overgangsbogen zijn die niet, nauwelijks of alleen in bepaalde dagdelen worden gebruikt.

2.8.3 Reistijden

Voor het NRM-west zijn de reistijden op 66 NoMo-trajecten in het studiegebied vergeleken met monitoringsdata van 257 werkdagen uit 2004. De resultaten hiervan zijn samengevat in Figuur 2.19, Figuur 2.20 en Figuur 2.21: . Met een R^2 van respectievelijk 0,75, 0,88 en 0,64 voor de ochtendspits, restdag en avondspits zien

deze resultaten er redelijk uit. Zeker als rekening wordt gehouden met het feit dat de gemodelleerde trajecten niet altijd 100% overeenkomen met de trajecten van de monitoringsdata. Het wel of niet meenemen van een knooppunt kan een groot verschil maken. Er zijn echter wel trajecten met grote afwijkingen die niet alleen door een verschil in lengte van het traject kunnen worden verklaard, zoals in Tabel 2.33 en Tabel 2.34 is weergegeven.

Tabel 2.33: Verschil tussen NRM-west modelreistijden en reistijden op basis van data voor de ochtendspits. (RT = reistijd in minuten; OS= ochtendspits)

VAN	NAAR	RT OS model	RT-OS data	Abs. verschil RT	Verschil lengte
knpt Kooimeer	knpt,Rottepolderplein (A20)	38,0	20,6	17,4 (84%)	2,4
S110	knpt Badhoevedorp (A4)	13,2	3,9	9,3 (239%)	4,7
Leidschendam (N14)	Zoeterwoude Rijndijk (N11)	6,2	15,3	9,1 (-60%)	-2,7
knpt Oudenrijn (A2)	knpt Gouwe (A20)	26,7	17,6	9,1 (52%)	2,2
knpt Ridderkerk (A16)	knpt Benelux (A4)	17,3	8,5	8,7 (102%)	3,6
knpt Hoevelaken (A28)	knpt Diemen (A9)	43,0	34,6	8,4 (24%)	0,0
Maasvlakte	knpt Benelux (A4)	8,6	16,5	7,9 (-48%)	-10,0
knpt Benelux (A4)	Maasvlakte	8,2	15,8	7,6 (-48%)	-9,0
knpt Hoevelaken (A1)	knpt Rijnsweerd (A28)	22,0	15,8	6,2 (39%)	3,4
knpt Lunetten (A12)	knpt Gorinchem (A15)	19,3	13,9	5,3 (38%)	7,3
knpt Maanderbroek (A30)	knpt Lunetten (A27)	34,5	29,6	4,9 (16%)	1,6
Zoeterwoude Rijndijk (N11)	knpt Badhoevedorp (A9)	25,1	20,3	4,9 (24%)	4,0
knpt Kleinpolderplein (A20)	knpt Ypenburg (A4)	13,7	9,1	4,6 (50%)	3,3
knpt Ridderkerk (A15)	knpt Kleinpolderplein (A13)	18,4	13,9	4,5 (32%)	2,4
knpt Deil (A2)	knpt Ridderkerk (A16)	31,2	35,5	4,4 (-12%)	0,6
knpt,Klaverpolder (A17)	knpt Ridderkerk (A15)	14,7	10,4	4,3 (42%)	3,7
knpt Badhoevedorp (A4)	S110	9,4	5,2	4,3 (84%)	2,0
knpt Lunetten (A27)	knpt Maanderbroek (A30)	21,1	16,9	4,2 (25%)	4,2
knpt Lunetten (A12)	Utrecht Noord (N230)	7,3	3,2	4,1 (129%)	2,9
knpt Deil (A15)	knpt Oudenrijn (A12)	18,6	22,6	4,0 (-18%)	3,4

Om voor het verschil in trajectlengte te corrigeren is ook naar de snelheden op de trajecten gekeken. Figuur 2.22 t/m Figuur 2.24 is de verhouding tussen de modelsnelheid en de gemeten snelheid weergegeven. Voor de ochtendspits (en tussen haakjes de avondspits) heeft:

- 45% (48%) van de trajecten een absolute afwijking die kleiner is dan 10%;
- 75% (67%) van de trajecten een absolute afwijking die kleiner is dan 20 (inclusief de trajecten met een afwijking kleiner dan 10%);
- 98% (88%) van de trajecten een absolute afwijking die kleiner is dan 50%;
- 98% (97%) van de trajecten een absolute afwijking die kleiner is dan 75%;
- 100% (98%) van de trajecten een absolute afwijking die kleiner is dan 100%.

Voor de ochtendspits is de afwijking tussen de modelsnelheid en de snelheid o.b.v. data voor alle trajecten in het studiegebied dus kleiner dan 50% m.u.v. de A4 tussen Zoeterwoude Rijndijk en Leidschendam. In de avondspits komen 8 trajecten voor met een afwijking van meer dan 50%. Op de A13 is het verschil in snelheid meer dan een factor 3. In de restdag is de afwijking grotendeels kleiner dan 10%, voor een aantal trajecten tussen de 10% en de 20% en alleen voor een deel van de A10 net groter 20%.

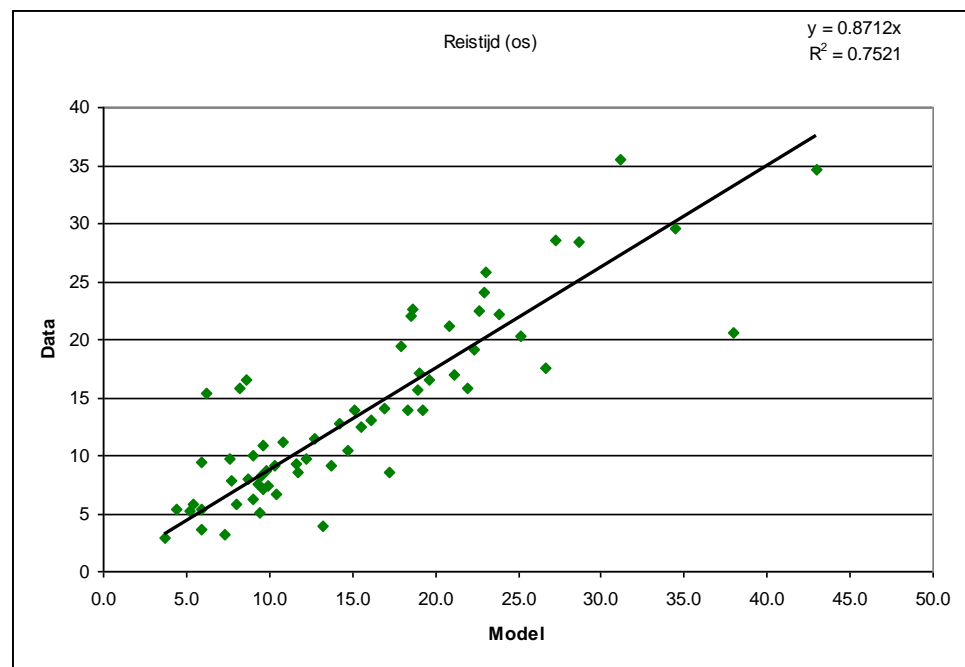
Bovenstaande analyses duiden er op dat de kwaliteit van de reistijdvoorspelling van het LMS en NRM bepaald wordt door lokale omstandigheden. Mogelijke oorzaken zijn de kwaliteit van de netwerkinvoer, de kwaliteit van de kalibratie (HB-matrices) en de nauwkeurigheid van de filemodellering. Daarbij speelt mee dat QBLOK behoorlijk gevoelig is voor een juiste invoer. Bij modeltoepassingen zal dus eerst een uitgebreide check uitgevoerd moeten worden op de validiteit van de modeluitkosten voor het basisjaar. Mogelijk moet de invoer dan aangepast worden.

Tabel 2.34: Verschil tussen NRM-west modelreistijden en reistijden op basis van data voor de avondspits.

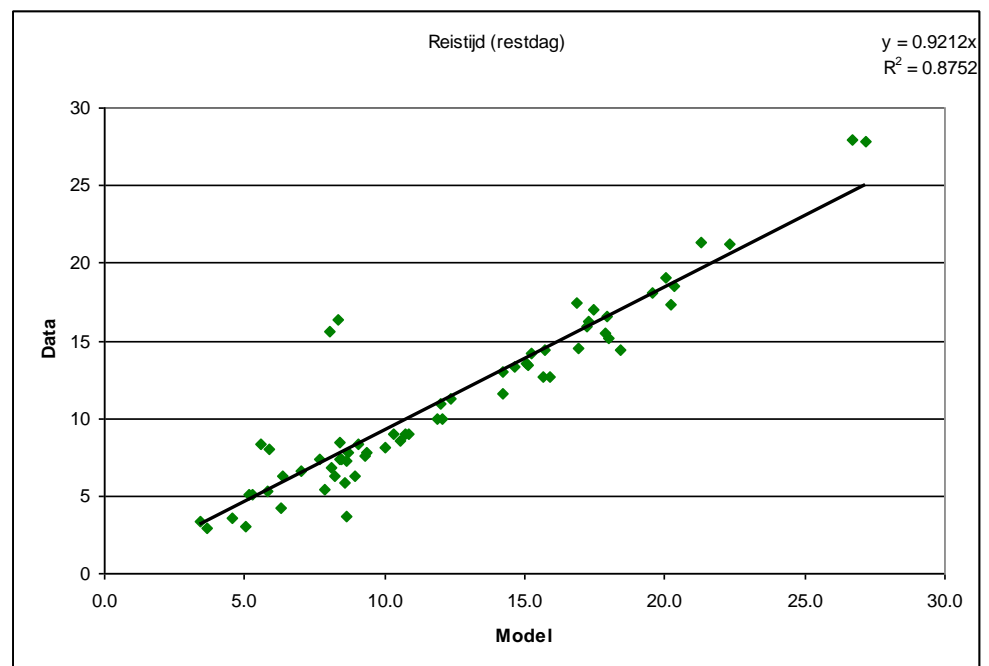
VAN	NAAR	RT AS model	RT-As data	Abs. verschil RT	Verschil lengte
knpt Ypenburg (A4)	knpt Kleinpolderplein (A20)	9,0	23,6	14,7 (-62%)	2,8
knpt Diemen (A1)	Almere Buiten Oost (N702) ¹⁹	28,8	15,4	13,4 (87%)	5,3
Utrecht Nrd (N230)	knpt Almere (A6)	31,0	20,8	10,2 (49%)	1,7
knpt Holendrecht (A2)	knpt Watergraafsmeer (A1)	16,9	6,8	10,1 (148%)	1,0
knpt Badhoevedorp (A9)	Zoeterwoude Rijndijk (N11)	18,1	27,7	9,6 (-35%)	3,1
Maasvlakte	knpt Benelux (A4)	8,5	17,3	8,7 (-51%)	-10,0
knpt Lunetten (A12)	knpt Gorinchem (A15)	26,8	18,8	8,0 (42%)	7,3
knpt Benelux (A4)	Maasvlakte	8,3	16,2	7,8 (-48%)	-9,0
S110	knpt Badhoevedorp (A4) ²⁰	12,2	4,6	7,6 (166%)	4,7
knpt Oudenrijn (A12)	knpt Deil (A15)	21,1	28,0	6,9 (-25%)	5,4
knpt.Rottepolderplein (A20)	knpt Diemen (A1)	24,6	31,3	6,7 (-21%)	0,9
knpt Oudenrijn (A2)	knpt Gouwe (A20)	27,1	20,5	6,6 (32%)	2,2
knpt Kleinpolderplein (A13)	knpt Ridderkerk (A15)	16,3	11,4	4,9 (43%)	2,5
knpt Watergraafsmeer (A1)	knpt Holendrecht (A2)	6,5	11,4	4,9 (-43%)	0,8
knpt Diemen (A1)	knpt.Rottepolderplein (A20)	26,5	22,4	4,1 (18%)	2,4
knpt.Rottepolderplein (A20)	knpt Kooimeer	19,8	16,0	3,8 (24%)	1,3
knpt Benelux (A4)	knpt Ridderkerk (A16)	14,8	11,1	3,7 (34%)	4,7
knpt Pr. Clausplein (A4)	knpt Gouwe (A20)	20,9	17,2	3,7 (22%)	2,0
knpt Ridderkerk (A16)	knpt Deil (A2)	29,0	32,7	3,7 (-11%)	1,8
knpt Rijnsweerd (A28)	knpt Hoevelaken (A1)	21,5	25,1	3,6 (-14%)	4,4

¹⁹ Het monitoringstraject dat loopt tot kp Almere bij de A27 en het modeltraject tot Almere Buiten Oost. Bij free-flow is het verschil in reistijd 3 minuten.

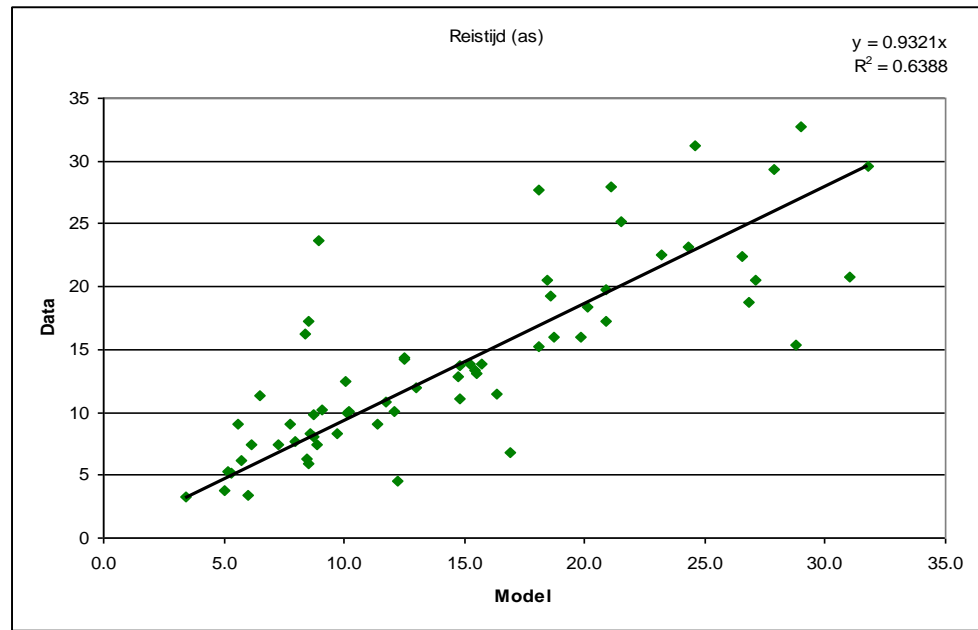
²⁰ Traject verschilt 5 km in lengte



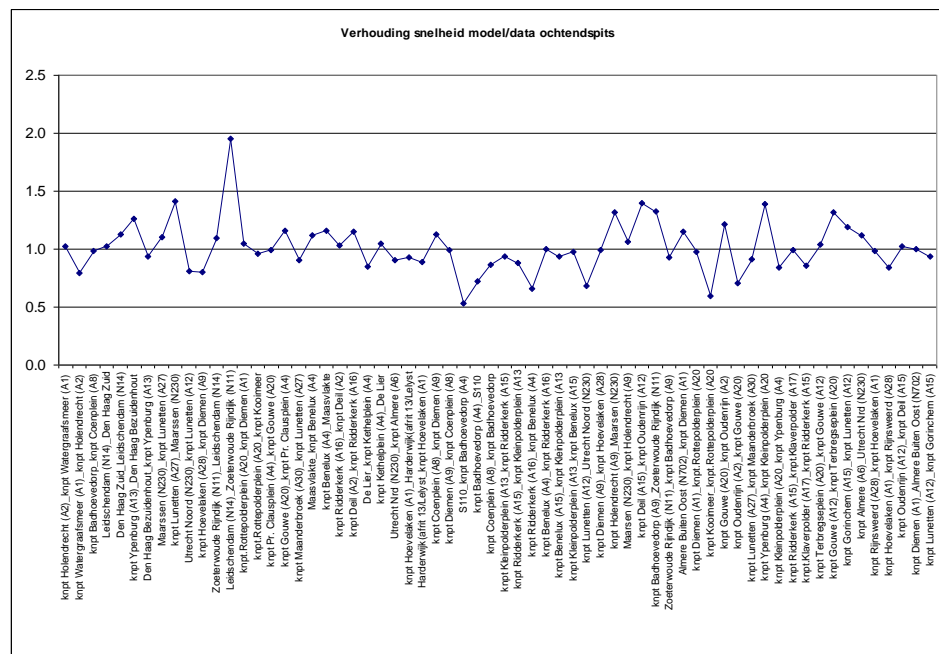
Figuur 2.19: Vergelijking reistijd NRM-West met monitoringsdata van 2004 voor de ochtendspits.



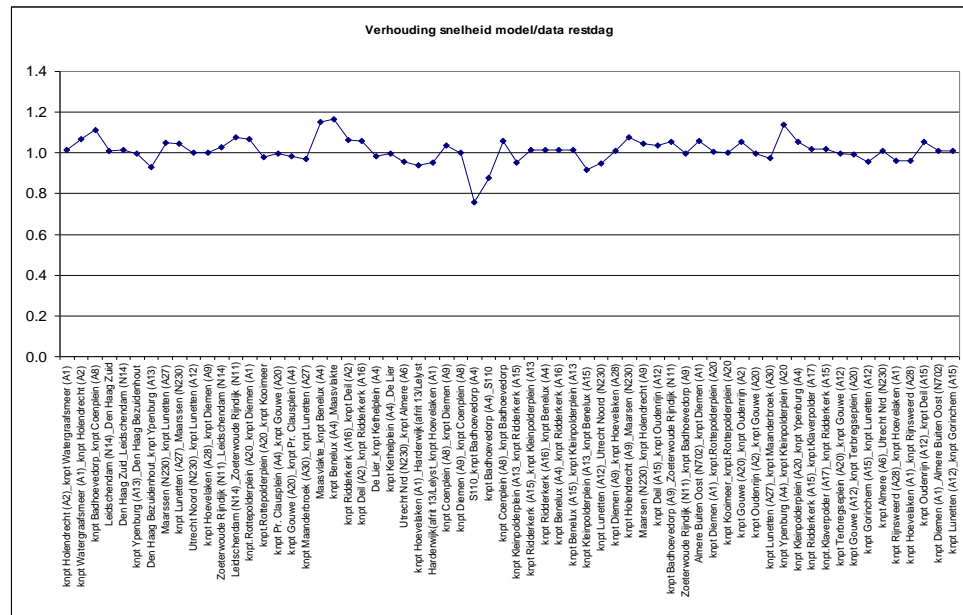
Figuur 2.20: Vergelijking reistijd NRM-West met monitoringsdata van 2004 voor de restdag.



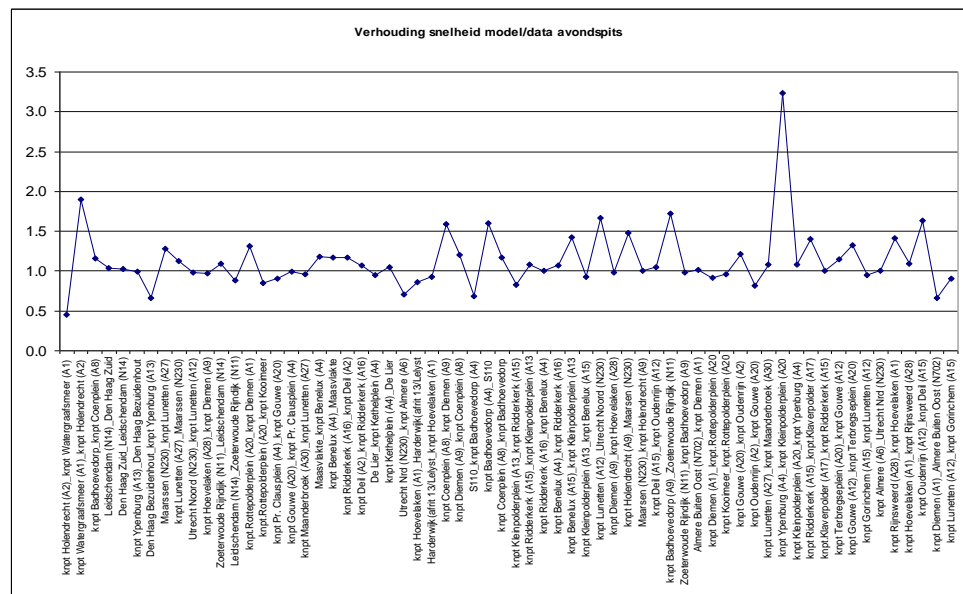
Figuur 2.21: Vergelijking reistijd NRM-West met monitoringsdata van 2004 voor de avondspits.



Figuur 2.22: Vergelijking snelheid NRM-West met monitoringsdata van 2004 voor de ochtendspits.



Figuur 2.23: Vergelijking snelheid NRM-West met monitoringsdata van 2004 voor de restdag.



Figuur 2.24: Vergelijking snelheid NRM-West met monitoringsdata van 2004 voor de avondspits.

2.8.4 Filelocaties

In Figuur 2.25 en Figuur 2.26 is respectievelijk de top 50 en top 10 van filelocaties weergegeven zoals die in de Filemonitor (2004) is vermeld. Hierbij is geen onderscheid gemaakt naar de ochtend- en avondspits.

In Tabel 2.35 is weergegeven in welke mate de files uit de top 10 terug te vinden zijn in de modelresultaten. Hierbij is visueel naar de locatie en ernst van de file gekeken. Alle files uit de top 10 met uitzondering van de A9 Ouderkerk – kp Holendrecht komen terug in de modelresultaten, maar in de exacte locatie, de

lengte van de file en de zwaarte van de file zijn wel verschillen te zien. Een groot deel van de gemodelleerde zwaarste en langste files in de ochtendspits en avondspits staat niet in de filetop 10.

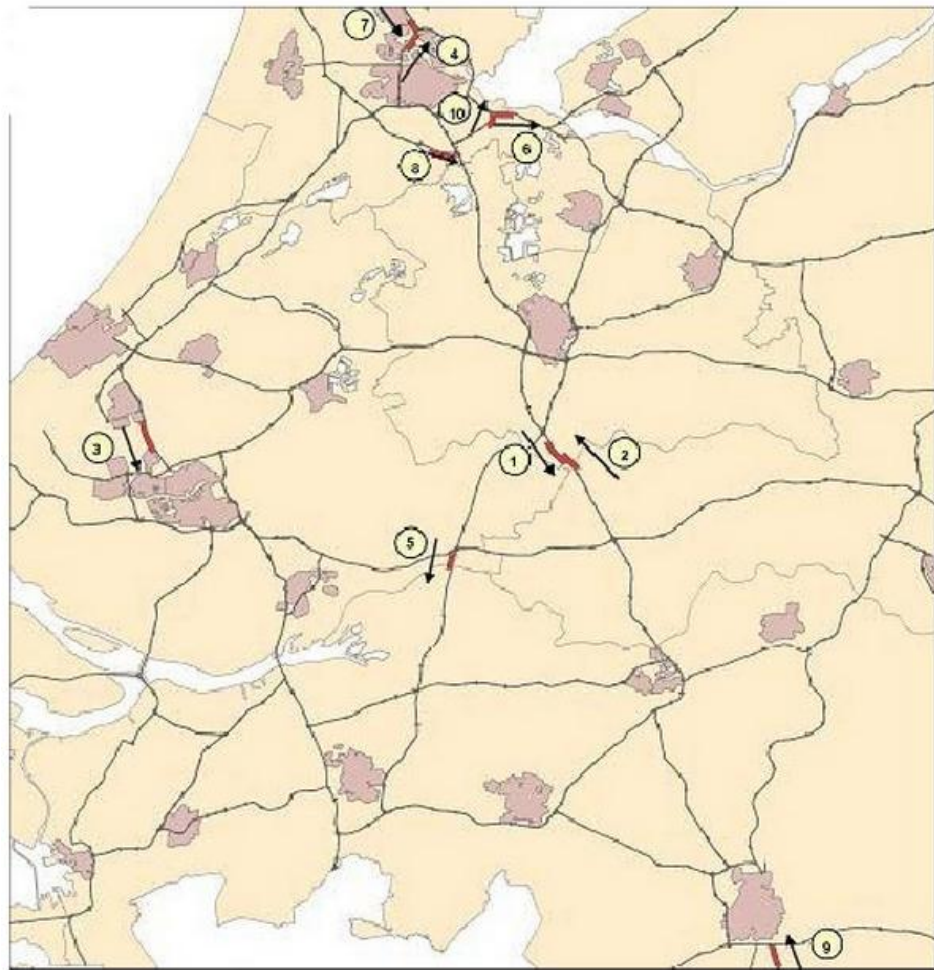
In het NRM-west staan 'vreemde files rond Den Bosch'. Dit is in het invloedsgebied. Over files op OWN valt niets te zeggen op basis van deze kaarten. Tot slot is te zien dat het LMS en NRM-West een behoorlijk consistent filebeeld laten zien voor zowel de ochtendspits als avondspits. Op sommige locaties zoals de A1 kp Diemen – Muiden zijn echter wel duidelijke verschillen te zien.

Tabel 2.35: Mate waarin de filetop 10 terug komt in het LMS en NRM-west

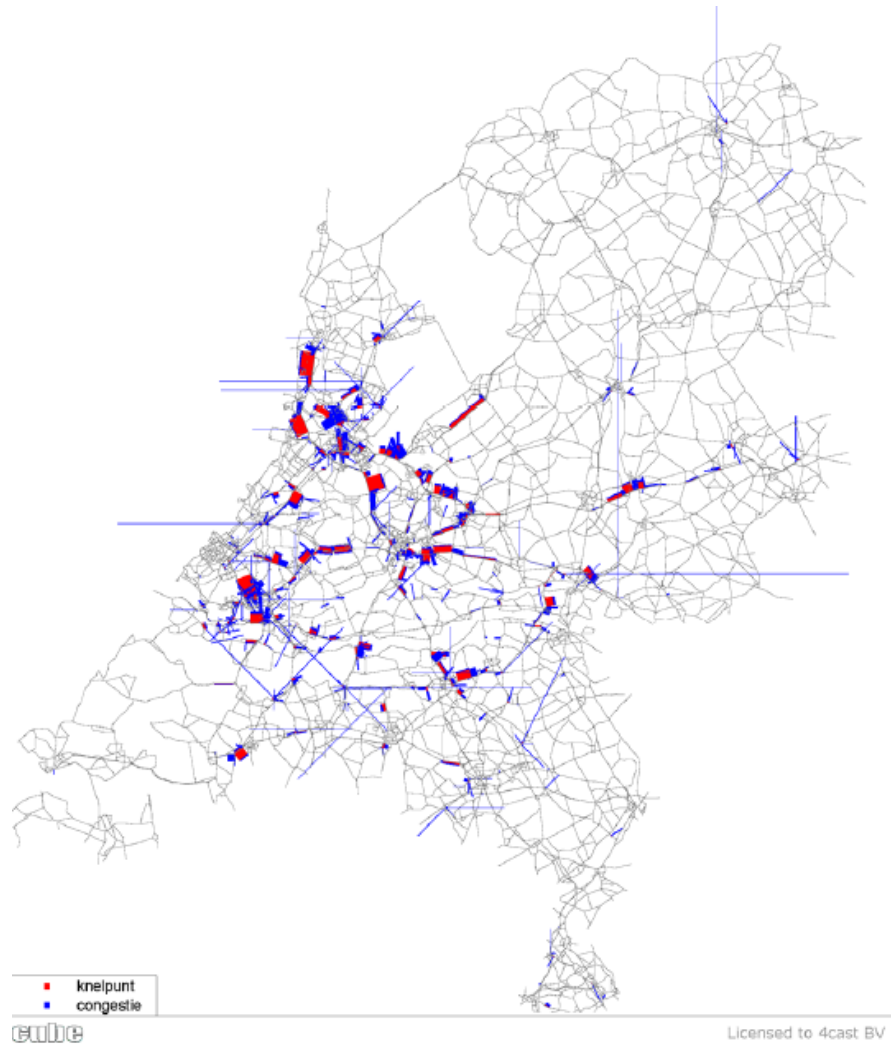
Nr	LMS & NRM-west (beeld consistent)
1 A2 kp Everdingen - Everdingen	Komt voor in avondspits; locatie iets zuidelijker, niet zwaar, dus zeker niet op 1
2 A2 Culemborg – Everdingen	Komt voor in ochtendspits; locatie LMS klopt, locatie NRM iets zuidelijker, niet zwaar, dus zeker niet op 1
3 A13 Delft Zuid – Berkel en Rodenrijs	Komt voor in de ochtendspits; locatie komt goed overeen, zwaarte misschien iets onderschat t.o.v. andere locaties). Zowel in het LMS als het NRM is niet duidelijk te zien of de richting wel klopt. Zeker in het LMS lijkt de file in de verkeerde richting te staan..
4 A10 Ring west, S101 – Coentunnel	Komt voor in avondspits; locatie en zwaarte lijken goed overeen te komen.
5 A27 Avelingen – Merwedeburg	Komt voor in avondspits; locatie en zwaarte lijken goed overeen te komen.
6 A1 kp Diemen – Muiden	Komt voor in avondspits; locatie LMS langere file; NRM oosterlijker; filezwaarte lijkt OK (verschil tussen LMS en NRM)
7 A8 Oostzaan – kp Coenplein	Komt voor in ochtendspits; locatie en zwaarte lijken goed overeen te komen.
8 A9 Ouderkerk – kp Holendrecht	Komt niet voor in ochtendspits en avondspits
9 A2 Maastricht – kp Leenderheide	Buiten het studiegebied
10 Gaasperplas –kp Diemen	Komt voor in de avondspits, maar de gemodelleerde file is een stuk langer

nr 2004	Weg	Omschrijving	Richting	Filezwaarte	Aantal files
1	A2	Kp.Everdingen – Everdingen	's-Hertogenbosch	284842	298
2	A2	Culemborg – Everdingen	Utrecht	180190	335
3	A13	Delft-Zuid - Berkel en Rodenijs	Rotterdam	170975	403
4	A10 Ring West	Hemhavens S101 – Coentunnel	Kp.Coenplein	164779	313
5	A27	Avelingen – Merwedebrug	Breda	118997	221
6	A1	Knooppunt Diemen – Muiden	Amersfoort	112056	272
7	A8	Oostzaan – knooppunt Coenplein	Amsterdam	108533	196
8	A9	Ouderkerk - Kp.Holendrecht	Kp.Holendrecht	102079	332
9	A2	A2 vanuit Maastricht – Kp. Leenderheide	Eindhoven	101286	155
10	A9	Gaasperplas – Kp. Diemen	Kp.Diemen	98970	230
11	A2	Veldhoven-Zuid - Kp.De Hogt	Maastricht	98769	240
12	A20	Kp.Kleinpolderplein - Rotterdam-Centrum	Gouda	96115	294
13	A1	Kp.Muiderberg - Muiderlot	Amsterdam	93372	197
14	A16	Den Hoek - Zevenbergsehoek	Rotterdam	89066	199
15	A13	Rotterdam Overschie - Kp.Kleinpolderplein	Rotterdam	88983	164
16	A12	Woerden - Nieuwerbrug	Den Haag	88919	270
17	A4	Sloten - Kp.De Nieuwe Meer	Amsterdam	87181	334
18	A12	Zevenhuizen - Bleiswijk	Den Haag	86634	264
19	A12	Kp.Lunetten - Bunnik	Amhem	86408	165
20	A9	A9 Vanuit Alkmaar - Brug Over Het Zijkanal	Alkmaar	85665	193
21	A4	Roelofarendsveen - Hoogmade	Delft	84801	444
22	A4	Brug over de Oude Rijn - N.N.	Delft	79446	394
23	A2	Breukelen - Vinkeveen	Amsterdam	77129	306
24	A20	Rotterdam-Crooswijk - Rotterdam-Centrum	Hoek van Holland	76817	272
25	A7	Purmerend-Zuid - Wijde womer	Zaandam	75549	202
26	A15	Charlois - Vaanplein	Ridderkerk	74454	219
27	A28	De Uithof - Den Dolder	Amersfoort	73392	455
28	A12	Bodegraven - Bodegraven	Utrecht	73146	187
29	A27	Utrecht-Noord - Bilthoven	Almere	71006	177
30	A27	Hilversum - Bilthoven	Utrecht	70727	185
31	A27	Werkendam - Merwedebrug	Gorinchem	70312	154
32	A12	Woerden - De Meem	Utrecht	69926	309
33	A12	Zoetermeer Oost - Bleiswijk	Utrecht	66144	197
34	A67	De Hogt - A67 vanuit Venlo	Turnhout	64347	233
35	A27	Utrecht Noord - Vee markt	Gorinchem	63513	185
36	A12	Bodegraven - Nieuwerbrug	Utrecht	63495	250
37	A6	Muiderberg - Kp.Muiderberg	Muiden	63224	143
38	A2	Maarsse - Breukelen	Amsterdam	62162	277
39	A16	Pr. Alexander - Kp.Terbregseplein	Kp.Terbregseplein	61944	272
40	A2	Kp.Holendrecht - Abcoude	Utrecht	61207	166
41	A12	Bunnik - Driebergen	Amhem	58330	114
42	A1	Twello - IJsselbrug	Apeldoorn	58149	156
43	A10 Ring Zuid	De Nieuwe Meer - A10 Vanuit Coenplein	Watergraafsmeer	56954	212
44	A12	Amhem-Noord - N.N.	Utrecht	56500	150
45	A1	Parkeerplaats De Paal - Twello	Hengelo	56241	216
46	A15	Wijngaarden - Sliedrecht	Ridderkerk	55165	252
47	A28	Leusden-Zuid - Leusden	Amersfoort	54476	182
48	A16	Moerdijkbrug - De Zuidpunt	Breda	54235	190

Figuur 2.25: Filetop 50 2004, tabel (Bron: filemonitor 2004)



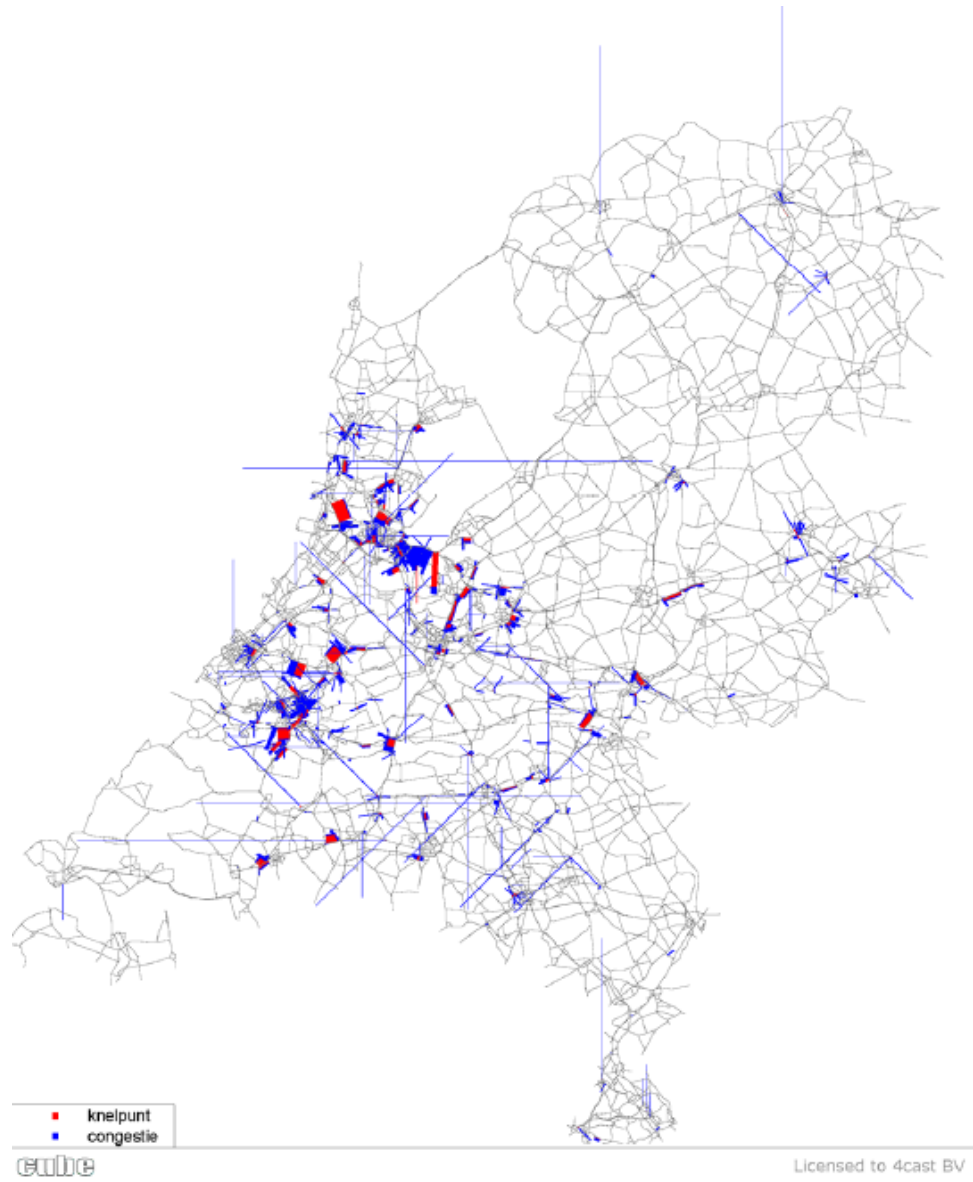
Figuur 2.26: Filetop 10 2004, kaart (Bron: filemonitor 2004)



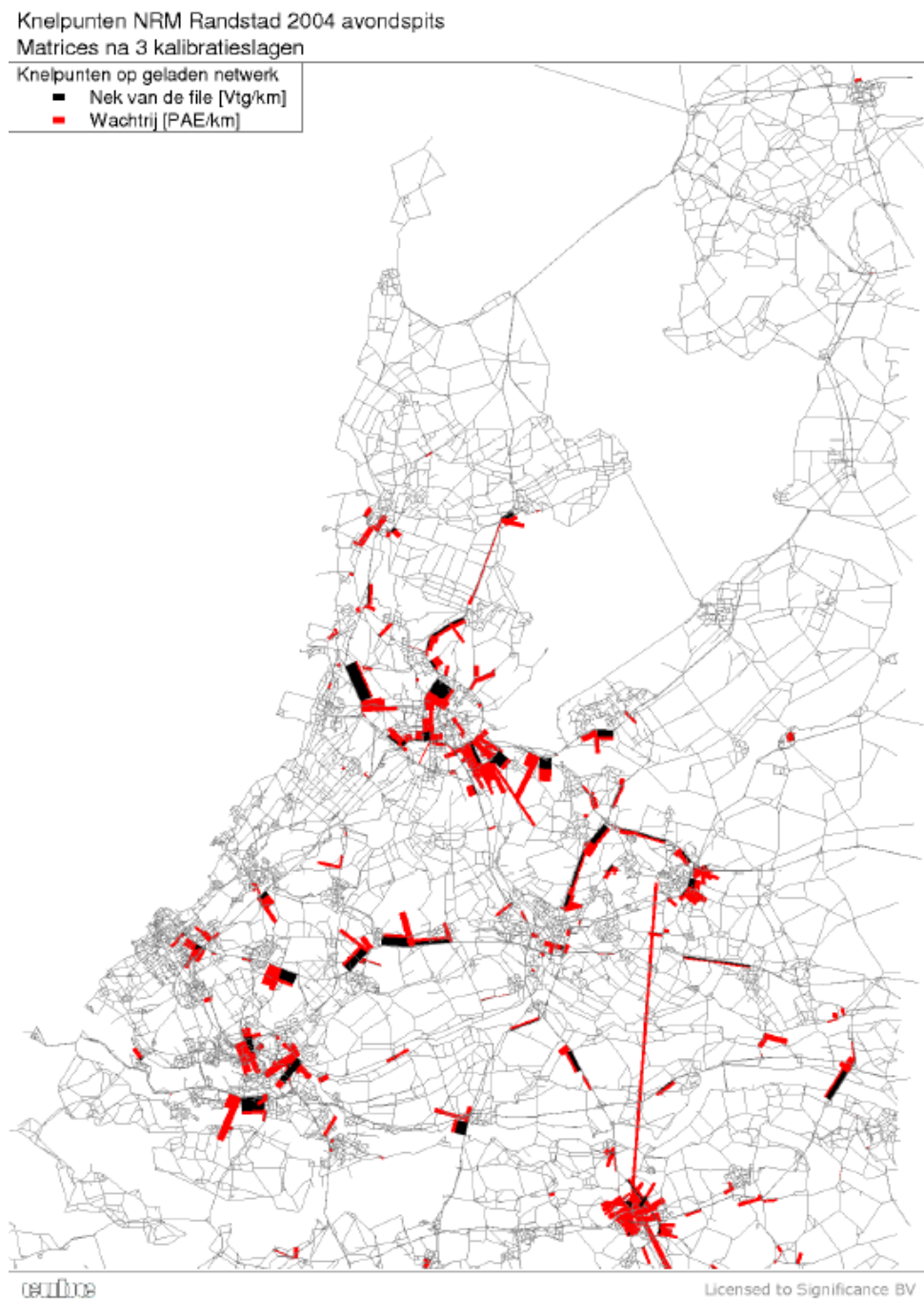
Figuur 2.27: filelocaties LMS ochtendspits 2004 (LMS 2004 Technische Rapportage 04 Basismatrices 2004, pag 134)



Figuur 2.28: filelocaties NRM-west ochtendspits 2004 (matrixkalibratie NRM-west, pag 178)



Figuur 2.29: filelocaties LMS avondspits 2004 (LMS 2004 Technische Rapportage 04 Basismatrices 2004, pag 135)



Figuur 2.30: filelocaties NRM-west avondspits 2004 (matrixkalibratie NRM-west, pag 179)

In “LMS/NRM kwaliteit” (4Cast, 2010a) is uitgezocht in hoeverre (extreme) congestie in de restdag voorkomt. De tonenmethodiek legt een relatie tussen de verkeersafwikkeling buiten de spitsen en in de spitsen. Congestie op een lokatie zowel binnen als buiten de spitsen betekent in dit kader een verkeersinfarct (een hele lange wachttijd en fileduur – kan oplopen tot ongeveer 10 uur). Extreme congestie in de restdag is dus onwenselijk.

Het volgende kader is gebruikt voor de beoordeling van de resultaten:

- Geen extreme congestie ++

- Beperkte extreme congestie o
- Te veel extreme congestie --

In Figuur 2.31 is te zien dat in het studiegebied van het NRM-west en het LMS te veel extreme congestie in de restdag voorkomt. Buiten het studiegebied geldt dat juist voor het NRM-Noord, het NRM-Oost en het NRM-zuid. Voor deze drie NRM's ligt de Randstad buiten het studiegebied. Dit betekent dus dat alle NRM's en het LMS te veel extreme congestie voorspellen op de filegevoelige locaties in de Randstad in de restdag wat ook in de spitsperiode tot problemen zal leiden. In Figuur 2.32 zijn enkele van die locaties rond Amsterdam en Rotterdam weergegeven.

	studiegebied	rest
Noord	++	--
Oost	++	--
Zuid	O	--
West	--	++
LMS	--	nvt

Figuur 2.31: Bevindingen congestie in de restdag.



Figuur 2.32: Filelocaties restdag (Links: LMS; Rechts: NRM)

Tot slot is in Figuur 2.32 een overzicht van de congestie-uren die het gevolg zijn wachten in files en wachten in blokkades weergegeven. Horizontaal staan de dagdelen, vertikaal de NRM's en het LMS. De cijfers zijn voor een 1-urige toedeling. In de figuur is te zien dat de congestieuren tussen de NRM's en het LMS met uitzondering van de restdag diversiteit vertonen. De omvang van de congestieuren hoeft uiteraard niet gelijk te zijn bij de verschillende NRM's en het LMS omdat ze andere gebieden modelleren van een verschillende omvang. Een vergelijking tussen de ochtendspits en avondspits is wel zinvol. Daarbij kan indicatief naar de omvang van het aantal congestieuren in de verschillende NRM's gekeken worden. Verwacht mag worden dat van alle NRM's het NRM West de meeste congestieuren voorspelt, omdat het NRM West de hele Randstad omvat. Is wel zinnig omdat het detailniveau van de verschillende NRM's min of meer vergelijkbaar is.

Perceel Noord wijkt qua absolute omvang fors af van de andere NRM's en het LMS. Bij Oost, Zuid is de omvang onderling vergelijkbaar maar opmerkelijk is hier dat bij beiden de ochtendspits zwaarder is dan de avondspits. Dit wijkt af van Noord, West

en het LMS en de resultaten uit de eerste fase. Bij West wijkt het beeld voor de Qhours gekoppeld aan blokkades, af van de rest. In geel en oranje zijn de outliers aangegeven: geel voor de absolute omvang en oranje voor de afwijking tussen de dagdelen. Het meest opvallend is dat van de vier NRM's het aantal congestie-uren in West het laagst is, terwijl daar juist in praktijk de files staan.

	Qhours	ochtendspits	avondspits	restdag
Noord	files	162739	177386	6215
	blokkades	16328	17499	0
Oost	files	122612	102910	6280
	blokkades	6248	1631	0
Zuid	files	120042	90028	6464
	blokkades	7981	2026	0
West	files	92476	109942	7654
		1065	613	0
LMS	files	99870	103684	7764
	blokkades	6405	2078	0

Figuur 2.33: Congestieuren (Bron: LMS/NRM kwaliteit, 4Cast, 2010a)

2.8.5 Conclusies

De resultaten van het LMS en NRM zijn getoetst op basis van eerder uitgevoerde en gedocumenteerde toetsen en enkele aanvullende analyses. Als de resultaten van de toetsen op intensiteiten, reistijden en filelocaties worden gecombineerd kan worden geconcludeerd dat op geaggregeerd niveau en op een groot deel van de wegvakken van het hoofdwegennetwerk het LMS en NRM goed presteren, 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, terwijl de verbeteringen in QBLOK juist bedoeld zijn om beter met congestie om te kunnen gaan. De problemen hoeven echter niet door QBLOK veroorzaakt te worden. Het resultaat op netwerkniveau is immers een combinatie van de kwaliteit van de netwerkgegevens, de HB-matrices, de kalibratie en QBLOK.

Voor het onderliggend wegennetwerk is onvoldoende materiaal beschikbaar om de kwaliteit van de uitvoer van QBLOK op het onderliggend wegennetwerk te kunnen beoordelen.

2.8.5.1 Intensiteiten

De belangrijkste bevindingen ten aanzien van intensiteiten zijn:

- Over het algemeen komen de berekende intensiteiten op het hoofdwegennetwerk goed overeen met de telcijfers. De vergelijking betreft hier de 'werkelijke' intensiteit en dus niet de 'wensintensiteit'. In de ochtendspits voldoet globaal 80% van de geselecteerde wegvakken aan het gestelde criterium ($T\text{-waarde} < 3,5$)²¹. De T-waarde geeft de afwijking weer tussen de toedeling en de telwaarde. De avondspits scoort nog beter. Opvallend is echter dat bij de relatief hogere etmaalintensiteiten grotere afwijkingen ten opzichte van de tellingen optreden. Dit leidt tot de hypothese dat naarmate er meer

²¹ $T\text{-waarde} = \ln\left(\frac{(\text{toedeling} - \text{telwaarde})^2}{\text{telwaarde}}\right)$

- congestie is de afwijkingen ten opzichte van de tellingen groter wordt. Een mogelijke verklaring hiervoor is dat de gemodelleerde intensiteiten niet omlaag gaan bij congestie (wat inherent is aan statische modellen). In de data gebeurt dat wel. Feitelijk worden dus twee verschillende grootheden vergeleken.
- Ten aanzien van de intensiteiten is in 'LMS/NRM kwaliteit' (4Cast, 2010a) nog een aantal toetsen uitgevoerd. Veel van die toetsen voldoen niet aan de criteria die in datzelfde rapport zijn gesteld. Op basis van het rapport kan worden geconcludeerd dat:
 - Er een grote asymmetrie is in de netwerkbelasting op etmaalniveau.
 - Bij de hoogste intensiteitsklassen in het LMS, het NRM Noord en het NRM Zuid te veel extreme spitsrichtingen voorkomen (te hoog aandeel van een rijrichting in de omvang van de toegedeelde belastingen over de dwarsdoorsnede).
 - Het LMS en de NRM's te veel onbelaste wegvakken hebben en te veel wegvakken een spits/restdag verhouding hebben die buiten het betrouwbaarheidsinterval is gelegen.
 - Er te veel op- en afritten en overgangsbogen zijn die niet, nauwelijks of alleen in bepaalde dagdelen worden gebruikt.
 - Er is onvoldoende materiaal beschikbaar om de intensiteiten op het onderliggende wegennetwerk te kunnen toetsen.

2.8.5.2 *Reistijden, snelheden en congestie-uren*

De belangrijkste bevindingen ten aanzien van de reistijden en snelheden uit het NRM-west (binnen het studiegebied) op de NoMo-trajecten (trajecten met een gemiddelde lengte van ongeveer 20 km) van het hoofdwegennetwerk zijn:

- Over het algemeen kloppen de gemodelleerde reistijden redelijk met de reistijden die op basis van data bepaald zijn. Dit ondanks het feit dat er (kleine) verschillen zijn in de lengtes van de gemodelleerde en gemeten trajecten. Er zijn echter op sommige trajecten ook hele grote afwijkingen zichtbaar. Dit betekent dat op sommige trajecten de congestie sterk wordt onder- of overschat. Hieronder is de absolute afwijking tussen de modelsnelheid en de gemeten snelheid weergegeven voor de ochtendspits (en tussen haakjes de avondspits):
 - 45% (48%) van de trajecten een absolute afwijking die kleiner is dan 10%;
 - 75% (67%) van de trajecten een absolute afwijking die kleiner is dan 20 (inclusief de trajecten met een afwijking kleiner dan 10%);
 - 98% (88%) van de trajecten een absolute afwijking die kleiner is dan 50%;
 - 98% (97%) van de trajecten een absolute afwijking die kleiner is dan 75%;
 - 100% (98%) van de trajecten een absolute afwijking die kleiner is dan 100%.

Dit duidt er op dat de kwaliteit van de reistijdenvoorspelling van het LMS en NRM bepaald wordt door lokale omstandigheden. Mogelijke oorzaken zijn de kwaliteit van de netwerkinvoer, de kwaliteit van de kalibratie (HB-matrices) en de nauwkeurigheid van de filemodellering. Daarbij speelt mee dat QBLOK behoorlijk gevoelig is voor een juiste invoer. Bij modeltoepassingen zal dus eerst een uitgebreide check uitgevoerd moeten worden op de validiteit van de modeluitkomsten voor het basisjaar. Mogelijk moet de invoer dan aangepast worden.

- Een vergelijk van het totaal aantal voertuigverliesuren (VVU) dat berekend is met de vier NRM's en het LMS laat een vreemd beeld zien. Bij het NRM Oost en Zuid is de omvang van het totaal aantal VVU onderling vergelijkbaar maar opmerkelijk is hier dat bij beiden de ochtendspits zwaarder is dan de avondspits. Dit wijkt af van het NRM Noord en West en het LMS. Het meest opvallend is dat van de vier NRM's het aantal voertuigverliesuren in het NRM West het laagst is, terwijl daar juist in praktijk de files staan. Een kanttekening hierbij is dat de omvang van de congestieuren uiteraard niet gelijk hoeft te zijn bij de verschillende NRM's en het LMS omdat ze andere gebieden modelleren van een verschillende omvang.

De reistijden op het onderliggend wegennetwerk zijn niet goed te toetsen, omdat hier geen gegevens over beschikbaar zijn. De reistijden op het onderliggend wegennetwerk zijn van belang omdat deze mede bepalend zijn voor de verdeling van het verkeer over routes via het hoofdwegennetwerk en het onderliggend wegennetwerk. Het effect van maatregelen wordt hier mede door bepaald. Daarnaast draagt de reistijd op het onderliggend wegennetwerk bij aan de totale reistijd en is daarmee direct van invloed op de uitkomsten voor KBA's, maar ook op de vervoerwijzekeuze, bestemmingskeuze etcetera.

2.8.5.3 *Filelocaties*

De belangrijkste conclusies ten aanzien van de filelocaties zijn:

- Alle files uit de top 10 met uitzondering van de A9 Ouderkerk – kp Holendrecht komen terug in de modelresultaten van het LMS en NRM West, maar in de exacte locatie, de lengte van de file en de zwaarte van de file zijn wel verschillen te zien.
- Een groot deel van de gemodelleerde zwaarste en langste files in de ochtendspits en avondspits staat niet in de filetop 10.
- In het NRM-west staan 'vreemde files rond Den Bosch'. Dit is welliswaar buiten het studiegebied maar nog wel in het invloedsgebied.
- Het LMS en NRM-West laten een behoorlijk consistent filebeeld zien binnen het studiegebied van het NRM-West voor zowel de ochtendspits als avondspits. Op sommige locaties zoals de A1 kp Diemen – Muiden zijn echter wel duidelijke verschillen te zien.
- In het studiegebied van het NRM-west en het LMS komt te veel extreme congestie in de restdag voor. Buiten het studiegebied geldt dat juist voor het NRM-Noord, het NRM-Oost en het NRM-west. Dit laatste is logisch omdat congestie juist in de Randstad voorkomt.
- Het kaartmateriaal en vergelijkingsmateriaal is niet gedetailleerd genoeg om de filemodellering op het onderliggend wegennetwerk te kunnen toetsen.

3 Stap 2.2: “State of the practice” en “State of the art”

3.1 Inleiding

Allereerst wordt in dit hoofdstuk in paragraaf 3.2 onder de noemer "state of the practice" gekeken hoe het LMS/NRM 2011 zich verhoudt tot de verkeersmodellen die in andere landen worden gebruikt. Daarbij wordt niet alleen naar het totale model gekeken, maar ook naar specifieke onderdelen, zoals de netwerkmodellering. Tevens wordt gekeken welke keuzes in die modellen zijn gemaakt ten aanzien van de kalibratie.

Vervolgens wordt in paragraaf 3.3 gekeken naar de "state of the art" van (onderdelen van) het LMS/NRM 2011. Hierbij gaat het om de vraag in hoeverre het nieuwe LMS gebruik maakt van de laatste wetenschappelijke methoden.

Er is hiervoor zowel gebruik gemaakt van de beschikbare literatuur over de verkeersmodellen uit andere landen, als van literatuur uit wetenschappelijke tijdschriften.

3.2 Andere verkeersmodellen – “State of the practice”

3.2.1 Inleiding

In deze paragraaf kijken we naar hoe in vergelijkbare modellen of toepassingen zoals in het LMS2011 de verschillende onderdelen zijn geoperationaliseerd.

Achtereenvolgend komen een aantal andere landelijke modellen op hoofdlijnen aan bod (paragraaf 3.2.2), gevolgd door netwerkmodellering (paragraaf 3.2.3) en kalibratie (paragraaf 3.2.4).

3.2.2 Andere landelijke modellen

3.2.2.1 National Transport Model (NTM) - Groot Brittannië²²

Background

In 1996 the UK Department for Transport [DfT] initiated a feasibility study into the construction of a national transport model, inspired, to some extent, by developments in other countries and particularly in the Netherlands. In relation to NL, the chief problem was perceived as one of size, and the large number of zones which would be necessary to represent the mainland of Great Britain (and possibly include Northern Ireland).

The feasibility study was carried out in two parts – one regarding the demand modelling system, and the other the construction of a national base matrix of travel, with associated networks. Faced with the cost implications of proceeding, the DfT decided against the proposals of the feasibility study.

²² Deze Engelstalige beschrijving van het NTM is gemaakt door extern expert John Bates.

Traditionally, the DfT had been responsible for the road network, with only limited oversight over public transport. With this responsibility, it was necessary for road planning purposes to carry out traffic forecasting. This had generally been done by means of trend extrapolation, though the development of a car trip end model in the 1980s had introduced some behavioural relationships. What was missing, however, was a “feedback” effect to show how increasing traffic demand could be “choked off” by congestion. The 1989 version of the traffic forecasts had been strongly attacked for failing to represent this, and essentially adopting a “predict and provide” approach to roads policy. It gradually became apparent that it would be impossible to provide sufficient capacity for unrestrained demand. The groundbreaking SACTRA Report of 1994 recommended that forecasts should explicitly recognise that demand would be lower if there were capacity constraints.

For the next version of the forecasts (1997), the DfT therefore devised a rudimentary constraint process known as “FORGE”, according to which traffic trends were modified according to certain rules, diverting demand between routes, time periods and suppression (including modal switch). The procedure was not based on a connected network, but rather a large set of points for which traffic data existed. Traffic growth was allocated among these points, and where traffic was high relative to capacity, the diversions were implemented.

The current model

The basic system just defined has been developed in a piecemeal fashion over a number of years into the NTM. It is important to understand that, unlike conventional transport models, it does not operate on a zonal basis and still has no connected network (though some attempts have been made along these lines, as will be discussed later). Hence, it has a more or less unique structure. Demand is represented by a combination of area type pairs (eg rural area to metropolitan area) and distance. This means that the data requirements²³ and run times are quite low. However, this is at the cost of the major disadvantage that there is no locational information. For example, a journey of 150 Km between two rural areas could be in an uncongested part of Scotland, or along one of the highly congested North-South corridors between London and the Northern towns of Britain (Liverpool, Manchester, Leeds, Newcastle).

This critical problem has led to development essentially along two different paths: one is to add limited further information to the area types (eg a regional classifier) while the other is – as implied earlier – to move to a conventional zone-based model. Both systems are in place within the overall model, but the conventional version, with nearly 10,000 zones and a correspondingly large network, is only used on rare occasions (eg for setting “benchmarks”) and is of no use for answering general policy questions. For most purposes, the “non-spatial” version is used (though, as noted, the definition of area type has been expanded).

The system as described was essentially developed in the highway context, but in the 2000s was expanded by the inclusion of – primarily – a representation of the national railway. The treatment of bus and coach is only cursory, and air is currently ignored entirely. While “slow modes” are recognised in the overall demand model,

²³ In particular, this allows the direct use of National Travel Survey [NTS] data, which until recently did not code any journeys below the county (NUTS 2) level, together with some area type classifier

they are not assigned to any network, and are only influenced negatively by the impact of changes to highway and/or rail conditions. In addition, while there is a separate freight model in principle available to the overall model, it is not integrated with the passenger model.

The rail part of the model consists of a more or less wholesale import of a separate modelling system, which has been grafted on to the existing highway and demand models. This is intended to retain some consistency with free-standing rail models also operated by DfT. Once again, while a detailed spatial representation is available for rail, various shortcuts are adopted in most cases in order to deliver acceptable run times.

The results of the various compromises that have been made in the development of the model is that substantial computational overheads are necessary in order to convert between different spatial systems and differing levels of socio-economic and travel purpose differentiation recognised by the various model components. This is not only cumbersome but is prone to introducing errors.

The currently available version of the model in common use is Version 2. During 2006 and 2007 a major update program took place which aimed to add significant capability to the NTM in terms of functionality and data. However, the outcome of this (Version 4) has not been commissioned, and in the wake of current economic difficulties the team responsible for its development has been largely disbanded.

The use made of the model remains, as from its initial creation, forecasting travel trends, primarily for the purposes of producing the annual road traffic forecast report, policy formation, and strategic analysis of options, predominantly for England and Wales. With the exception of the national trip end model (NTEM) discussed below, there is no attempt to connect the outputs of the model to more local models (eg regional models).

The treatment of demand can be considered in two stages. The first deals essentially with exogenous change due to land-use, including car ownership. This is the NTEM system, which is also widely used in local models. Estimates of future zonal population and households etc., together with global forecasts for growth in household income, car purchasing and running costs, are input to a program called NATCOP, which produces zonal forecasts of car ownership by household type. These results are then passed to NTEM which applies detailed trip rates by purpose to categories defined in terms of person type, household type, car ownership and area type, to produce zonal estimates of trips by purpose, for all modes. These can be considered to be a "reference case" forecast of latent travel demand, making no allowance for changes in generalised cost. This process operates at a level of about 2500 zones (i.e. intermediate between NUTS4 and 5 [LAU 1 and 2]).

The second element of demand in NTM deals with mode choice and destination choice, where the latter is represented by the combination of area type and distance. The model, which is estimated on NTS data, allows changes to occur driven by changes in generalised cost, but aggregated to the level of (area type [origin] * area type [destination] * distance). For version 2, 15 area types are used, with 13 distance bands. A more ambitious model was estimated for Version 4 with

38 area types including explicit recognition of individual conurbations, again with 13 distance bands, but, as noted, this version has not been commissioned.

Conclusions

By comparison with the LMS, the GB NTM is much less ambitious. In terms of its basic demand structure for the volume of travel (NTEM), the scope is not that much different from the frequency component of LMS, except that no accessibility effects are included, and the level of socio-economic segmentation is somewhat less. When it comes to the critical mode and destination choice procedure, however, the decision to avoid an explicit zonal structure leads to some savings in computational effort but carries the major disadvantage of not being able to test, even at a strategic level, policies which have some local application (eg motorway tolling along specific corridors). Thus it is unclear how far the model's useful application extends beyond its original remit of producing national forecasts of traffic.

There is no explicit account of time of day choice, though within FORGE certain rules are applied to spread peak period traffic to adjacent time periods: while these are based on a comparison of speeds in different time periods, there is no explicit demand model, and the elasticities applied are based on judgment rather than estimation.

While some of the ideas of the LMS have been introduced more recently in the NTM, these have yet to see successful integration. In particular, partly for reasons of size, the zonally-based versions of the system are hardly operational. Finally, the future of the model in terms of further development is in considerable doubt, and this could also lead to problems of maintenance.

3.2.2.2 *SAMPERS - Zweden*

Het Zweedse SAMPERS model modelleert alle trips binnen of van of naar Zweden (alleen transit verkeer is uitgezonderd). Het model bestaat uit 5 afzonderlijke regionale modellen die elk apart gerund worden. Evenals in het LMS worden hierbij ook secundaire tours gemodelleerd. Een van de belangrijkste redenen voor het gebruik van regionale modellen is het grote aantal binnenlandse zones, namelijk 8.500. Er zijn aparte modellen geschat voor regionaal, lange afstands en internationaal verkeer. Het lange afstandsmodel maakt gebruik van 670 zones, het buitenlandmodel van 180 (van toenemende grootte). In het lange afstandsmodel kunnen daarnaast ook meerdaagse trips gemodelleerd worden. Bij dit soort trips zit de vervoerwijzekeuze "onder" de bestemmingskeuze, terwijl dit bij andere modellen omgekeerd is.

De verschillende modellen zijn gespecificeerd als discrete keuzemodellen. Enige uitzondering hierop is het model dat het aantal trips van buitenlanders naar Zweden bepaalt (een OLS model). Voor het schatten van de modellen is gebruik gemaakt van gegevens van de "national Swedish travel survey" uit de jaren 1994-1998, op basis van gegevens uit dagboekjes van 30.000 respondenten. Daarnaast moesten respondenten informatie verschaffen over trips van meer dan 100 kilometer in de afgelopen maand en meer dan 300 kilometer in de afgelopen 2 maanden. Deze gegevens zijn met name gebruikt om het lange afstands model te schatten. Daarnaast zijn andere bronnen gebruikt voor de hoeveelheid grensoverschrijdend verkeer en gegevens uit SP onderzoek voor de t.o.d. keuze en het tickettype van

treinreizen. In de verschillende regionale modellen zijn aparte regiospecifieke (dummy)variabelen opgenomen. Openbaar vervoer zit in principe als 1 vervoerwijze in de modellen, maar voor regionale toepassingen wordt dit wel weer uitgesplitst naar bus en trein.

Ten aanzien van de uitkomsten worden zijn aparte modules opgenomen ten aanzien van kosten-baten analyses en bereikbaarheid.

3.2.2.3 *PETRA - Denemarken*

Met het PETRA model kunnen voor 4 scenario's (2 voor het basisjaar en 2 voor het zichtjaar 2020) berekeningen worden uitgevoerd. De model is gestructureerd op basis van geneste logit modellen (combinaties van motief en vervoerwijzen), met kosten tijd, LOS data en sociaal-economische variabelen. De autobeschikbaarheid bevindt zich in het bovenste nest. Daarnaast is er een apart model voor rijbewijsbezit, maar deze is exogeen voor het eigenlijke travel demand model.

Het model modelleert "chains of tours", een belangrijk aspect van het model is verder dat er geen t.o.d. wordt gemodelleerd. Dit impliceert onder andere dat de volgorde waarin (meervoudige) tours gemaakt worden niet vastligt. Verder zijn alle tours home-based, worden drie motieven onderscheiden (werk, boodschappen, recreatief), waarbij meervoudige chains alleen bij werktours kunnen voorkomen.

De data is afkomstig van 13.000 individuele dagboekjes (1995) en huishoudkenmerken.

3.2.2.4 *Transport Model - Scotland*

Het Schotse model (TMfS07) is een strategisch landelijk model, waarvan de uitkomsten verder gebruikt worden in regionale modellen. In het model worden 720 afzonderlijke zones onderscheiden, wat aggregaties zijn van een gedetailleerdere onderliggend zonale indeling. De aggregaties zijn zo uitgevoerd dat zones niet door (gemeentelijke) grenzen lopen en elke zone (bijna altijd) maximaal 1 treinstation bevat. De vier belangrijkste luchthavens vormen elk aparte zones. Naast snelwegen, "A" wegen en de belangrijkste "B" wegen zijn ook ferryverbindingen in het netwerk opgenomen.

Voor de vulling van de modellen is o.a. gebruik gemaakt van een steekproef waarin woonlocatie en woon-werk en woon-educatie informatie was vastgelegd (The 2001 Census), synthetische gegevens (zakelijke en overige motieven), en een steekproef met treingegevens (The National Rail Travel Survey). Binnen het OV wordt een zestal verschillende soorten onderscheiden (stadsbus, streekbus, trein, metro, ferry en tram).

Het vraagmodel is, evenals het LMS, gebaseerd op het zogenaamde "four stage model", waarin een aantal extra stappen is opgenomen:

- **Trip generation**
- Trip frequency
- **Mode choice**
- **Destination choice**
- Park & Ride station choice

- High occupancy vehicle choice
- Peak spreading
- **Route choice.**

Het vraagmodel onderscheidt een zestal reismotieven, 4 home-based en 2 non-home-based en viertal huishoudtypen op basis van autobeschikbaarheid. Verkeer op de weg wordt onderscheiden in een drietal autoklassen op basis van motief (werk, zakelijk, overig) en een tweetal vrachtklassen (licht en zwaar). De t.o.d. wordt voor home-based trips gemodelleerd op basis van 3 dagdelen ((brede) ochtend- en avondspits en dalperiode overdag). De keuzes in het model zijn op basis van het gegeneraliseerde kosten, waarin ook parkeerkosten zijn opgenomen voor de auto. De verschillende model zijn geschat op basis van het Logit model.

3.2.2.5 *The Travel Model - USA*

In de Verenigde Staten is een aantal modellen ontwikkeld, die alleen op regionaal niveau actief zijn. Onder andere bestaan modellen voor "Boston", "Portland", "San Francisco" en het "Puget Sound Regional Council" (gebied in de staat Washington rondom Seattle). Al deze modellen zijn "trip-based", gebaseerd op random utility theory ((Genest) Logit), en zijn in de basis een four stage model (generatie, bestemming, vervoerwijze, toedeling). Vanzelfsprekend zijn er ook verschillen tussen deze modellen. In het San-Francisco model waarbij de vervoerwijzekeuze via een logsum doorwerkt in de bestemmingskeuze en het Portland model waarin de nesting uit vijf niveaus bestaat (motief, en primaire en secundaire bestemmings- en vervoerwijze keuzes). Ook verschilt de wijze waarop autobezit en beschikbaarheid is gemodelleerd.

Het Puget Sound Regional Council (PSRC) land use and travel demand forecasting model is één van de meer uitgebreide specificaties. Dit model bestaat uit een achttal stappen:

1. Economic forecasting;
2. Land use forecasting;
3. Vehicle availability;
4. Trip generation;
5. Trip distribution;
6. Mode choice;
7. Time of day; and
8. Trip assignment.

Elke stap wordt afzonderlijk doorlopen en levert input voor de volgende stap. Er is hierbij wel (4x) een terugkoppeling tussen onderdelen 8 (bereikbaarheid) en 5 (bestemmingskeuze). Ook de vervoerwijzekeuze en time-of-day keuze kunnen ten gevolge van deze terugkoppeling weer veranderen.

In het trip generation model worden 7 motieven onderscheiden (5 home-based en 2 non-home-based). Er wordt in dit model ook rekening gehouden met transit verkeer. Het trip distributie model is een zogenaamd "gravity model" en is "doubly constrained". Het mode choice model is een logit model waarin een vijftal motieven worden onderscheiden voor 4 inkomensgroepen. Er worden zeven vervoerwijzen onderscheiden (drive alone, shared ride 2, shared ride 3+, transit-walk access, transit-auto access, walk and bike), maar niet voor alle motieven. Voor

vrachtverkeer is er een apart model. Daarnaast is er een apart VanPool model. Het ToD model modelleert verplaatsingen per 30 minuten tussen 5:00 uur en 20:00 uur (30 perioden) en avond en nacht voor de auto) op basis van een logit specificatie. Voor andere vervoerwijzen worden deze perioden geaggregeerd tot 5 dagdelen (2 spitsen, dal, avond en nacht. In het model is er expliciet voor gezorgd dat het effect van spitsheffingen (congestion pricing) bepaald kan worden.

Ten slotte kan er ten aanzien van verkeersmodellen in de USA nog worden opgemerkt dat sinds 1992 het "Travel Model Improvement Program" actief is. Eén van de doelen is te zorgen voor meer uniformiteit in het ontwikkelen en gebruiken van verkeersmodellen.

3.2.2.6 *Verkeersmodell - Oostenrijk*

Het Oostenrijks verkeersmodel bestaat uit een drietal deelmodellen, een netwerkmodel, een vraagmodel voor het personenverkeer en een vraagmodel voor het vrachtverkeer. Het model voor het personenverkeer is een four stage model met een:

- Generatiemodel
- Bestemmingsmodel
- Vervoerwijzekeuzemodel
- Toedelingmodel

Voor de schatting van het vervoerwijze keuzemodel wordt gebruik gemaakt van een Box-Cox specificatie (waarvan het logit model een speciale vorm is). De Box-Cox specificatie is echter alleen voor lange-afstandsverkeer gebruikt, in overige specificaties is gebruik gemaakt van het logit model. Er worden 5 vervoerwijzen onderscheiden (autobestuurder, -passagier, lopen, fietsen, OV). Evenals in het LMS wordt grensoverschrijdend verkeer en verkeer van en naar luchthavens apart gemodelleerd. Daarnaast is er een apart model voor transit verkeer.

3.2.2.7 *Conclusie*

De hier kort beschouwde (landelijke) verkeersmodellen bevatten elk elementen die ook deel uitmaken van het LMS. We kunnen echter ook vaststellen dat geen van deze modellen de totale geneste structuur van het LMS heeft, namelijk een geïntegreerd vervoerwijze x bestemming x dagdeel model met voor de trein een apart voor/natransport x station x treinmodel met daarbinnen een zeer groot mate van segmentatie naar persoonstypen. Het vraagmodel van het LMS2011, waar deze keuzes dus in één totale samenhangende modelspecificatie zijn opgenomen, overstijgt derhalve deze modellen in grote mate op dit aspect.

Voor de keuzemodellen wordt in de meeste gevallen gebruik gemaakt van het Logit model (daarnaast worden Box-Cox en OLS gebruikt). Om de modelparameters te kunnen bepalen wordt in veel gevallen van soortgelijke databronnen gebruik gemaakt als in het LMS, waaronder (grote) steekproeven met verplaatsingsgedrag gegevens op individueel niveau. Ten aanzien van deze aspecten is het LMS2011 hiermee vergelijkbaar.

In de verschillende buitenlandse modellen zijn echter ook aspecten opgenomen die niet in het LMS2011 zijn opgenomen zijn, maar mogelijk wel tot een potentiële verbetering zouden kunnen leiden:

- Aparte modellen of specificaties voor lange afstandsverkeer. Het idee hierbij is dat beslissingen om dit soort (vaak meer incidentele) verplaatsingen te maken mogelijk op een andere wijze tot stand komen dan korte (vaak meer dagelijkse) verplaatsingen. Dit kan zowel tot uitdrukking komen in andere tijden/of kostengevoeligheden, maar bijvoorbeeld ook in een ander volgorde van de nesting van de verschillende deelmodellen. In hoeverre dit voor de Nederlandse situatie met relatief kleine afstanden tot een substantieel ander model zal leiden valt echter te bezien.
- Aparte modellen voor meerdaagse trips (deze maken nu overigens geen deel uit van het LMS). Ook hiervoor geldt dat beslissingen voor dit soort reizen mogelijk op een andere wijze worden gemaakt dan een eendaagse tour.
- Double constrained bestemmingsmodel. Het LMS is single constrained. Dit betekent dat bij de verdeling van tours geen rekening wordt gehouden met kenmerken van de zones waar deze tours terechtkomen. Zo kunnen er bijvoorbeeld naar een zone meer woon-werk tours gemaakt worden dan dat er arbeidsplaatsen beschikbaar zijn. Bij een double constrained model (zoals het PSRC model) wordt hiermee wel rekening gehouden.
- Aparte modellen voor transit verkeer (voor Nederland mogelijk minder relevant dan voor Oostenrijk).

3.2.3 *Netwerkmodellering*

De wijze waarop toedelingen worden uitgevoerd verschilt per land:

- Het nationale transportmodel van Groot Brittannie bevat geen toedelingmodel. Voor het maken van toedelingen wordt in Groot Brittannie veelal gebruik gemaakt van het commerciële software pakket SATURN dat los staat van het nationale model. SATURN deelt toe op basis van gegeneraliseerde kosten, biedt de mogelijkheid om een alles-of-niets toedeling of een deterministisch of stochastisch gebruikersevenwicht te modelleren en kan rekening houden met fileterugslageffecten (Bundschuh et al., 2006).
- Het Zweedse model SAMPERS maakt gebruik van Emme/2 voor toedelingen aan het auto- en OV-netwerk. Voor de weg betreft die een statische multi-userclass gebruikersevenwichtstoedeling. Voor het OV betreft het een deterministisch toedeling op basis van dienstregelingen.
- Het Deense model PETRA bevat geen toedelingmodule.
- Het Oostenrijks verkeersmodel maakt onderscheid tussen individueel verkeer en openbaar vervoer. Het individuele verkeer wordt in vijf tijdsegmenten aan de route met de laagste gegeneraliseerde kosten toegedeeld (Deterministisch) waarbij rekening wordt gehouden met de congestie in de vorige periode. Voor het openbaar vervoer wordt rekening gehouden met dienstregelingen.
- Het Schotse model (TMfS07) voert toedeling voor de weg en openbaar vervoer uit met behulp van CUBE. De wegtoedeling is een standaard statische evenwichtstoedeling op basis van gegeneraliseerde reistijden en speed-flow curves. Er worden vijf motieven onderscheiden (zakelijk, woon-werk, overig personenautoverkeer, lichte en zware vrachtwagens). Voor het openbaar vervoer wordt gebruik gemaakt van de route-enumeratie en -

evaluatie routines van het softwarepakket CUBE Voyager dat rekening houdt met drukte in de ochtend- en avondspits.

- Het Zwitserse model gebruikt VISUM met een deterministisch gebruikersevenwicht. Voor OV wordt toegedeeld op basis van de dienstregeling (fahrplanfeine) en een MNL-model (op basis van SP-onderzoek)
- Met het Europese model TRANS-TOOLS kunnen toedelingen worden uitgevoerd voor de weg, het OV (spoor) en de binnenvaart. Voor de weg wordt een standaard statische toedeling uitgevoerd met een stochastisch gebruikersevenwicht op basis van een BPR-reistijdfunctie. Het is een multi-user class toedeling waarbij vracht, zakelijk en woon-werk, vakantie en overage verplaatsingen worden onderscheiden. Lokaal verkeer is als 'pre-load' in het netwerk opgenomen. Voor interzonale verplaatsingen (< 250 km) wordt een aparte toedeling gemaakt voor de ochtendspits, avondspits en dalperiode. Voor de langeafstandsverplaatsingen (>250 km) wordt één toedeling uitgevoerd rekening houdend met de congestie die optreedt door de kortere verplaatsingen. De spoortoedeling in TRANS-TOOLS is een link-gebaseerde toedeling die niet gebaseerd is op dienstregelingen en frequenties. De tijden en kosten zijn proportioneel met de linklengte. Voor goederenvervoer en personenvervoer wordt een stochastische toedeling uitgevoerd. Voor hogesnelheidslijnen kunnen hogere snelheden en andere kosten worden ingevoerd.

Conclusie

Het toedelingmodel voor de weg van het LMS en NRM's onderscheidt zich van de gegeven voorbeelden door de wijze van filemodellering. De landelijke modelsystemen waarin een toedeling is opgenomen (het model voor Groot-Brittannie en het Deense model PETRA bevatten helemaal geen toedelingmodule), voeren de toedeling uit op basis van reistijd-/kostenfuncties waarbij geen rekening wordt gehouden met fileterugslag en stroomopwaartse capaciteitsrestricties. Daarmee heeft het LMS en NRM dus een nauwkeurigere filemodellering dan de andere modellen. Qua routekeuze zijn de meeste andere modellen deterministisch alleen het Europese model TRANS-TOOLS is stochastisch.

Veel andere landelijke modellen zoeken voor de wegtoedeling aansluiting met commerciële standaardsoftware pakketten. In Groot-Brittannie wordt SATURN veel gebruikt maar dit staat los van het landelijk model. Het Zweedse model maakt gebruik van Emme/2, het schotse model van CUBE en het Oostenrijkse model van VISUM.

Op het vlak van openbaar vervoer is in het Zweedse model SAMPERS, het Schotse model TMfS07 en het Europese model TRANS-TOOLS en toedelingmodule opgenomen. Dit in tegenstelling tot het LMS en NRM waarbij geen OV-toedeling binnen het modelstelsel wordt uitgevoerd (kan wel daarbuiten met een toedelingmodule die binnen de spoorsector wordt gehanteerd).

3.2.4 *Kalibratie*

Matrixkalibratie lijkt een wat apart onderdeel. Zo komt in het Handbook of transport modelling (in Europe): learning from best practice (MOTOS, 2007) het onderwerp matrixkalibratie eigenlijk niet aan bod. Daarom twee voorbeelden van de recente praktijk die 2 mogelijke strategieën weergeven: matrixkalibratie met een

matrixschattingsprogramma Transport Model Schotland (SIAS, 2009) en het handmatig kalibreren van de basismatrix Personenverkeermodel Zwitserland (Bundesamt für Raumentwicklung, 2006).

Transport Model Schotland 2007 (SIAS, 2009)

Het transport model voor Schotland van 2007 (TMfS07) is een strategisch model. Het aantal zones is 720 en het netwerk beschrijft de snelwegen, de A-wegen en de belangrijkste B-wegen. De HB-matrices zijn gebaseerd op diverse databronnen, woon-werk data, trein- en busreizigersonderzoek, en wegenquêtes voor het vrachtverkeer, gecombineerd met vraagmodellering (met name voor de verplaatsingsmotieven zakelijk en overig)

De automatrices zijn gekalibreerd op gegevens van 137 tellocaties. In de kalibratie is met 43 screenlines gewerkt, waarvan 10 screenlines bestaand uit 1 tellocatie. De telgegevens hebben een 100% betrouwbaarheid meegekregen, de productie en attractie een betrouwbaarheid van 30% voor interne zones en 20% voor externe zones. De a priori matrix heeft een betrouwbaarheid van 80%. Het kalibratieproces verloopt iteratief: bepalen van de relaties tussen HP-paren en telpunten met behulp van een toedelingmodel, schatten van de matrix, opnieuw de relaties tussen HB-paren en telpunten bepalen, enzovoort tot voldoende convergentie is bereikt. De verschillen tussen a priori en gekalibreerde matrix zijn vergeleken op geaggregeerd niveau (verschil groter dan 200 pae en meer dan 15% verschil). De ritlengte is niet substantieel veranderd in het kalibratieproces. De match met de telgegevens wordt op 3 manieren bekeken: verschil tussen geteld en berekend (<5%), de GEH-waarde²⁴ (vergelijkbaar concept als de T-waarde) en de correlatie tussen telwaarden en berekende intensiteiten. De overall match met de telgegevens lijkt goed (R=0,98 voor de beide spitsen en de restdag), maar de match bij de screenlines laat grotere verschillen zien: circa 50% heeft een verschil kleiner dan 5% en circa 75% voldoet aan het criterium voor de GEH-waarde (<4).

De validatieanalyse van het model laat zien dat op diverse locaties behoefte is aan een nauwkeuriger model. Aanbeveling is een update uit te voeren met meer telgegevens in het kalibratieproces.

Personenverkeermodel Zwitserland 2000 (Bundesamt für Raumentwicklung, 2006)

Het model voor personenverkeer (vrachtverkeer is apart verwerkt) heeft ruim 3.000 zones en meer dan 30.000 links. Op basis van verplaatsingsonderzoek, pendelgegevens en stated-preference onderzoek is een geneste modelstructuur opgezet voor de simultane vervoerwijze, bestemmingskeuze. Het resultaat is vergeleken met statistische gegevens over verplaatsingskarakteristieken en pendel. De matrix is toegeedeeld met een deterministische evenwichtstoedeling en gekalibreerd op etmaal tellingen. Hiervoor zijn ruim 600 tellocaties gebruikt. Bij de toedeling van de a priori matrix is het verschil met de telcijfers voor de meeste veelgebruikte wegvakken minder dan 20%. Omdat het totaalbeeld goed past bij de tellingen en als consistent wordt beoordeeld, wordt gekozen om de matrix handmatig te kalibreren. Per telpunt wordt bekeken of de HB-paren die dit punt passeren moeten worden gecorrigeerd met de verhouding telcijfer/belasting. Indien een correctie ook de belasting bij andere telpunten zou beïnvloeden, wordt slechts

²⁴ $GEH = \sqrt{\frac{2(M-C)^2}{M+C}}$ met M is modelwaarde en C is telling

een deel van de HB-paren gecorrigeerd. Het resultaat geeft een goede match wat betreft de cumulatieve ritlengteverdeling. De correlatiecoëfficiënt voor de telpunten is 0,99. De gemiddelde afwijking van het telcijfer is minder dan 6%. Bij 80% van de telpunten is het verschil kleiner dan 10% en bij 95% kleiner dan 20%. Opvallend is dat bij de hogere etmaalbelastingen (35.000 tot 40.000) nog relatief grote afwijkingen voorkomen.

Referenties

- Bundesamt für Raumentwicklung (2006), Erstellung des nationalen Personenverkehrsmodells für den öffentlichen und privaten Verkehr, Modelbeschreibung, ARE, Zürich
- MOTOS (2007), State-of-the-art report
- MOTOS (2007), Handbook containing guidelines for constructing national and regional transport models Handbook of transport modelling (in Europe): learning from best practice (PART 1: General Handbook and Model Descriptions & PART 2: Policy Issues and Models), http://www.transport-research.info/web/projects/project_details.cfm?id=11064
- SIAS (2009), Transport Model for Scotland – TMfS07 National Model Audit, SIAS Limited, Edinburgh

Conclusie

De matrixkalibratie van LMS en NRM's onderscheidt zich van de gegeven voorbeelden door de aanpak en de grootte van de modellen. Het simultaan kalibreren van 5 modellen voor ochtendspits, avondspits en etmaal is uniek. Het gevolgde proces is in principe gericht op benutten van de kwaliteit van de a-priorimatrices. Voor de beide voorbeelden geldt dat ook: bij het Schotse model door het toekennen van een betrouwbaarheid aan de a-prioriwaarden en voor het Zwitserse model door de keuze van een handmatige kalibratie. In de praktijk bleek het echter minder gemakkelijk allerlei randvoorwaarden in het schattingsproces mee te nemen zodat is gekozen voor het iteratief (3 maal) toepassen van een statistische matrixschatter met uitgebreide controle op relatief globale matrixkarakteristieken. Deze controles hebben wel geleid tot aanpassingen in netwerken en telgegevens, maar niet tot herziening van de (tussentijdse) geschatte HB-matrices (al is een vervolgschatting met AVVMAT ook een herziening, maar deze gebeurt impliciet). Netto is daarmee het belang van de a-priorimatrices in de feitelijke matrixschatting minder dan oorspronkelijk beoogd.

Wat betreft de individuele matrixkalibraties zijn met name de NRM's erg groot: veel zones (2.600 - 3.500), grote netwerken (100.000 - 130.000 links) en veel telpunten (1.900 - 2.900). Voor de verhouding tussen netwerkvang en de omvang van de matrix zijn de verschillen groot: Zwitserland 0,3%, NRM's 1,1-1,2% en LMS 2,9%. Het netwerk voor Zwitserland is relatief grof vergeleken met de Nederlandse netwerken. Kijkend naar de telpunten dan is de verhouding telpunten/links relatief constant (circa 2%, exclusief Schots model) met weer het LMS als hoogste (2,4%). Op het eerste oog hebben het Schotse en het Zwitserse model beide weinig telpunten. Gecorrigeerd voor de omvang van de HB-matrices heeft het Schotse model echter een betere verhouding dan het Zwitserse model! De NRM's hebben een soortgelijke verhouding als het Schotse model (als het onderscheid tussen hoofdmotieven wordt verwaarloosd) en het LMS heeft zelfs een 3 keer zo hoge verhouding. Netto conclusie is dat de Nederlandse modellen groot zijn, met name

wat betreft de netwerken. Het aantal telpunten lijkt goed te matchen met de netwerkomvang en is vooral voor het LMS relatief hoog.

De gebruikte schattingmethode 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 relatief grof 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 om met de grootte van het optimalisatieprobleem om te gaan zou kunnen zijn om niet op zoneniveau maar op sectorniveau de kalibratie uit te voeren. Verder kan overwogen worden expliciete onder- en bovengrenzen te gebruiken. Wat betreft de telpunten is geconstateerd dat er geen echte strategie is gehanteerd voor de selectie van de telpunten op het onderliggend wegennet. Hiervoor is recentelijk een methodiek gepresenteerd (Gan et al., 2005).

3.3 Wetenschappelijk – “State of the art”

3.3.1 *Inleiding*

In deze paragraaf kijken we naar wat in de (recente) wetenschappelijke literatuur geschreven wordt over vergelijkbare modellen of toepassingen zoals in het LMS2011. Achtereenvolgend komen de vraagmodellering (paragraaf 3.3.2), netwerkmodellering (paragraaf 3.3.3) en kalibratie (paragraaf 3.3.4) aan bod.

3.3.2 *Vraagmodellering*

3.3.2.1 *Frequentiemodel*

Het frequentiemodel in het LMS2011 is, evenals in de vorige LMS, gespecificeerd als een "0/1+ en SR (Stop-Repeat)" genest model. Hierbinnen zijn, met uitzondering van de bereikbaarheidscoëfficiënten, alle variabele gespecificeerd als dummy variabelen.

Een alternatieve specificatie, waarmee het aantal verwachte tours direct bepaald kan worden (dus zonder nesting), is om een frequentie model te schatten middels Poisson regressie. Gegeven dat zogenaamde "count data" beschikbaar is (hier: het aantal waargenomen tours) en k een set van verklarende variabelen is (hier: sociaal economische, bereikbaarheid) waarbij p_k de kans aangeeft dat geen tours worden gemaakt en q_k de kans dat gegeven dat reeds n tours zijn gemaakt er geen nieuwe tours worden gemaakt, dan kan de kans op het optreden van T_k tours geschreven worden als:

$$\begin{aligned} \text{pr}[T_k=0] &= p_k \\ \text{pr}[T_k=1] &= (1-p_k) \cdot q_k \\ \text{pr}[T_k=2] &= (1-p_k) \cdot (1-q_k) \cdot q_k \\ &\dots \\ \text{pr}[T_k=n] &= (1-p_k) \cdot (1-q_k)^{n-1} \cdot q_k. \end{aligned}$$

Het verwachte aantal tours is dan $E[T_k] = (1-p_k) \cdot q_k \cdot \sum_n [n \cdot (1-q_k)^{n-1}]$, en dit kan geschreven worden als $(1-p_k)/q_k$.

Middels maximum likelihood optimalisatie kunnen de parameters die de kansen p_k en q_k bepalen geschat worden.

Gebruik van dit type model of van een gegeneraliseerde variant, COM-Poisson regressie (waarmee rekening gehouden wordt met "overdispersion" en "underdispersion", oorspronkelijk ontwikkeld in 1962, maar recent geherintroduceerd) in Transportation om het aantal trips te bepalen is toegepast of besproken in o.a.:

Ma, June en Konstadinos G. Goulias (1999), "Application of poisson regression models to activity frequency analysis and prediction", *Transportation Research Record*, 1676, 86-94.

Sultan, R en N. Mamode Khan (2011), "Analyzing the Microeconomic Determinants of Travel Frequency using the Com-Poisson Regression model", 2011 2nd International Conference on Environmental Science and Development IPCBEE vol.4.

Sellers, K.F., S. Borle en Galit Shmueli (2012), "The COM-Poisson Model for Count Data: A Survey of Methods and Applications, *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, in press.

Daarnaast wordt (COM-)Poisson regressie in Transportation vaak gebruikt om het optreden van ongevallen te modelleren. Echter, de uitkomsten van het Poisson model verschillen in het algemeen nauwelijks van die van de in het LMS gebruikte specificatie. De conclusie is dan ook dat de LSM specificatie "fit for purpose" is.

3.3.2.2 (Nested) Multinomial Logit

Het Multinomial Logit model is een veel gebruikt model in verkeersmodellen en daarbuiten. De relatief simpele vorm van de kansformule in de log-likelihood functie die geoptimaliseerd moet worden op de schattingen voor de parameters te verkrijgen speelt hierbij zeker een rol. Echter, het logit model heeft ook een bekende restrictieve eigenschap. Deze staat bekend onder de "IIA assumptie (Independence of Irrelevant Alternatives)", hetgeen inhoudt dat wanneer de kenmerken van een alternatief verbeteren de kans dat deze wordt gekozen groter wordt, maar dat dit naar rato gaat van de kansen van de andere alternatieven. In de praktijk is dit vaak niet het geval en wordt met name de kans van een vergelijkbaar alternatief minder. Stel dat reizen in de spits onaantrekkelijker wordt (bijvoorbeeld door een spitsheffing), dan zou je verwachten dat verkeer met name verschuift naar de schouders van de spits en andere reismomenten niet of nauwelijks beïnvloed worden (afgezien van 2^e orde effecten ten gevolge van congestie door die verschuiving). In het logit model zal echter ook de kans van reizen 's nachts ten gevolge hiervan veranderen. Tevens wordt in het logit model geen rekening gehouden met heterogeniteit in de steekproef op basis waarvan de schattingen worden bepaald. Een genest logit model kan in principe de IIA eigenschap omzeilen door de alternatieven die geacht worden niet beïnvloed te worden in een apart nest te plaatsen (in bovenstaand voorbeeld, de spitsdagdelen (inclusief de schouders) in 1 nest en de resterende dagdelen in een ander nest).

Sinds midden jaren 90 is echter een groot aantal alternatieve, minder restrictieve, modelspecificaties voor het logit model ontwikkeld, waaronder het mixed logit en

probit model. Ook heden ten dage verschijnen met de regelmaat van de klok nieuwe specificaties, variaties of verder verfijnde specificaties in de internationale econometrische, transportation of marktonderzoek tijdschriften. Deze specificaties leiden vrijwel altijd tot een aanzienlijk betere modelfit en in-sample voorspellingen. Echter, om deze modellen te kunnen schatten is geavanceerde software nodig waarbij vaak lange rekentijden nodig zijn om de maximum likelihood te optimaliseren. De reden hiervoor is dat er anders dan bij het logit model geen eenvoudige formule voor de kans bestaat. Deze moet middels simulatietechnieken worden benaderd. Dit maakt de praktische toepasbaarheid in grote modellen zoals het LMS lastig. Daarnaast gaat het hierbij om out-of-sample voorspellingen.

Het audit team heeft maar een enkele papers gevonden waarin mixed logit wordt toegepast voor out-of-sample voorspellingen (Provencher en Bishop, 2004). Hierin wordt echter geconcludeerd dat standaard logit tot minstens dezelfde kwaliteit van voorspellingen leidt. Wel wordt mixed logit vaak gebruikt, ook in transportation, wanneer om de fit van verschillende modelspecificaties met elkaar te vergelijken (o.a. Ashiabor, Baik en Trani, 2007).

We kunnen concluderen dat het Mixed logit model (of daaraan verwante specificaties) in principe tot een betere specificatie leidt dan het standaard logit model, aangezien hiermee bepaalde restrictieve eigenschappen van het standaard logit model niet meer gelden. Een zeer grote hoeveelheid publicaties in de internationale literatuur toont dit aan. In die zin is het LMS niet "state of the art". Echter, praktisch beperkingen belemmeren het gebruik ervan in grootschalige modellen en/of out-of-sample toepassing. Het feit dat in de literatuur nauwelijks dit soort toepassingen gevonden zijn onderschrijft dit in belangrijke mate.

Referenties

Ashiabor, S., H. Baik, en A. Trani (2007), "Logit Models for Forecasting Nationwide Intercity Travel Demand in the United States", *Transportation Research Record*, issue 2007, 1-12.

Provencher, B. and R.C. Bishop (2004), "Does accounting for preference heterogeneity improve the forecasting of a random utility model? A case study", *Journal of Environmental Economics and Management*, 48, 793–810.

3.3.3 *Netwerkmodellering*

Deze paragraaf beschrijft de state-of-the-art ten aanzien van netwerkmodellering. In het bijzonder gaat deze paragraaf in op routekeuze en evenwichtstoedelingen en verkeersafwikkeling.

Routekeuze en evenwichtstoedeling

Bij routekeuze wordt veelal onderscheid gemaakt deterministische versus stochastische routekeuze. Er vanuit gaande dat naar een gebruikersevenwicht wordt gestreefd, is de keuze tussen deterministische en stochastische routekeuze identiek aan de keuze tussen een deterministisch en stochastisch gebruikersevenwicht. In het stochastische gebruikersevenwicht kiest iedereen de route met de laagste waargenomen gegeneraliseerde reistijden of reiskosten (deze kunnen per gebruiker verschillen) terwijl in een deterministisch gebruikersevenwicht de route met de laagste werkelijke gegeneraliseerde reistijden of reiskosten wordt gekozen. Beide methoden worden in praktijk gebruikt en hebben hun voor- en

nadelen. Over het algemeen produceert een stochastische evenwichtstoedeling realistischere resultaten, omdat een betere spreiding over de routes plaatsvindt waardoor ook net iets minder aantrekkelijke routes gekozen worden en er dus minder problemen optreden bij (min of meer) gelijkwaardige routealternativen.

Daarnaast en daaraan gerelateerd wordt onderscheid gemaakt tussen route-gebaseerde toedelingen en link-gebaseerde toedelingen. Over het algemeen zijn link-gebaseerde toedelingen makkelijker en sneller uit te voeren omdat het aantal routes in een netwerk veel groter is dan het aantal links. Link-gebaseerde modellen veronderstellen echter dat alle routekosten additief zijn, wat niet altijd het geval is. QBLOK is route-gebaseerd en genereert de routes met de laagste gegeneraliseerde reistijden per iteratie. Dit is een veel gebruikte methode. Een andere methode is het eenmalig vooraf genereren van de mogelijke routes. Dit maakt het vervolgens mogelijk om een stochastische toedeling uit te voeren. Het vooraf genereren van routes heeft vier voordelen:

- Het past beter bij het routekeuzegedrag zoals dat in de praktijk plaats vindt, omdat mensen een route kiezen uit de routes die ze kennen (mogelijk is dit als gevolg van navigatiesystemen wel aan het veranderen).
- Het verkort de rekentijd omdat niet steeds opnieuw routes gegenereerd hoeven te worden.
- Er kan beter gecontroleerd worden op overlap tussen de routes waardoor routes over op- en afritten bijvoorbeeld uitgesloten kunnen worden.
- De toedeling convergeert sneller door een grotere initiële routeset en meer spreiding over de routes in de eerste iteraties (bij een stochastische toedeling).

Een nadeel is dat men nooit zeker is dat alle relevante (gebruikte) routes in de routeset zitten.

Er zijn verschillende methodes om routes te genereren. In QBLOK wordt met het kortste pad algoritme van Moore-Dijkstra (Van Grol, 1988) gewerkt. In (gm2011-d7-6.pdf) is aangegeven dat voor de huidige toepassing dit een efficiënte methode is, maar wel een aantal beperkingen kent. Zo is het door de gekozen techniek bijvoorbeeld niet (eenvoudig) mogelijk om afslag weerstanden in te bouwen. Er bestaan veel alternatieve methodes zoals bijvoorbeeld beschreven in (Vurenen Jansen, 1988; Evans en Minieka, 1992; Hunt en Kornhauser, 1996; Van der Zijpp en Fiorenzo Catalano, 2005), etc. die wellicht tot betere resultaten zouden kunnen leiden. Op het functioneren van QBLOK heeft de methode van routegeneratie echter weinig invloed.

Verkeersafwikkeling

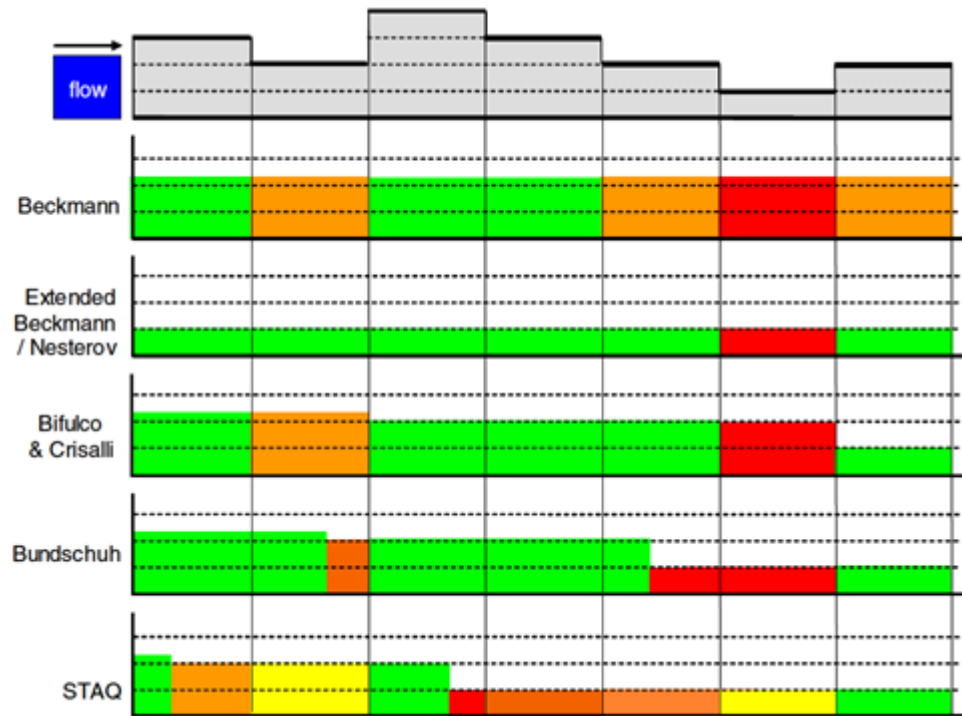
Qua toedelingstechniek zit QBLOK tussen statische en dynamische modellen in. Er is veel literatuur beschikbaar over beide soorten modellen.

De verkeersafwikkelingstechniek van QBLOK is realistischer dan de standaard verkeersafwikkelingstechniek die in statische modellen wordt gebruikt. Hierbij wordt over het algemeen met verticale wachtrijen gewerkt waarbij een penalty wordt gehanteerd voor overschrijding van de linkcapaciteit. De capaciteit is dus geen harde restrictie. Het gevolg hiervan is dat er geen wachtrijen en fileterugslag worden gemodelleerd en dat er dus ook geen realistische reistijden en routekeuze uit het model komen. Daarnaast wordt de vertraging in het knelpunt in plaats van

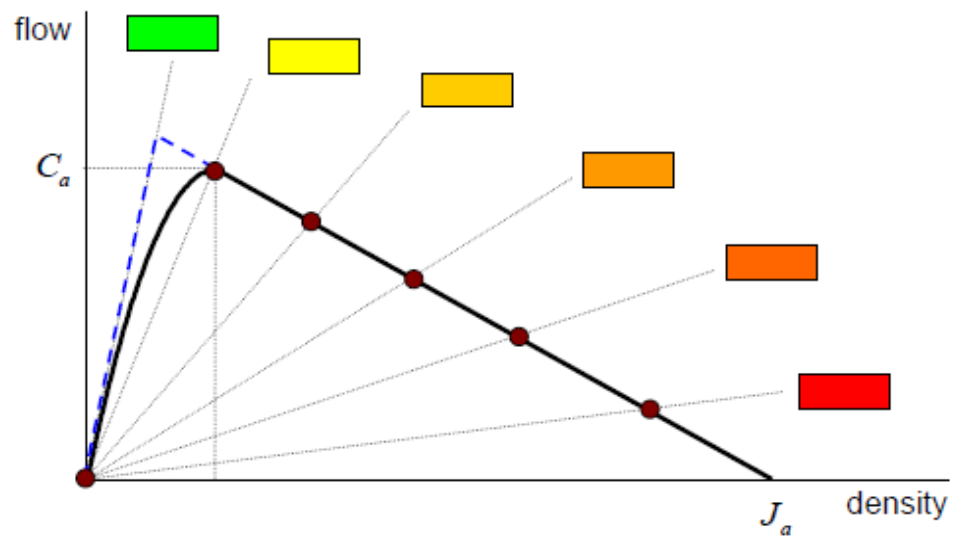
stroomopwaarts gemodelleerd en komen er dus ook geen realistische intensiteiten uit het model. Tot slot is kalibratie lastig/onmogelijk.

Naast de statische modellen zijn dynamische modellen ontwikkeld die een bewezen realistischere manier van modellering van files, schokgolven en fileterugslag hebben. De dynamische modellen zijn vaak gebaseerd op verkeersstroomtheorie van Lighthill, Whitham, and Richards (Lighthill and Whitham, 1955; Richards, 1956) of de vereenvoudigde verkeersstroomtheorie van Newell (Newell, 1993). Het cell transmissie model van Daganzo (Daganzo, 1994 and 1995) en het linktransmissiemodel (LTM) van Yperman (Yperman, 2007) zijn implementaties hiervan. Doordat de modellen (meer) in lijn zijn met de verkeersstroomtheorie zijn ook de intensiteiten en reistijden die met die modellen voorspeld worden realistischer dan in statische modellen. Een nadeel van deze modellen is dat ze hoge eisen stellen aan de invoer onder andere met betrekking tot het detailniveau van het netwerk en vertrektijdverdeling van de verplaatsingen. Daarnaast kan de rekentijd en het geheugengebruik behoorlijk oplopen.

Een tussenweg tussen statische en dynamisch modellen zijn 'semi' of 'quasi' dynamische modellen. QBLOK behoort tot deze categorie. Recent zijn twee papers verschenen (Brederode et al., 2010; Bliemer et al., 2012) waarin de bestaande semi-dynamische modellen met elkaar en met een standaard statische toedeling (Beckmann, 1956) worden vergeleken aan de hand van een voorbeeldnetwerk van 7 links dat in Figuur 3.1 is weergegeven. De vraag is net iets groter dan de capaciteit van 2 rijstroken. Dit netwerk kent twee bottlenecks: link 2 en 6 omdat de capaciteit hier teruggaat van respectievelijk 3 naar 2 rijstroken en van 2 naar 1 rijstrook. De kleuren in Figuur 3.1 geven de snelheden weer (zie ook Figuur 3.2). De breedte van de gekleurde balkjes geeft de instroom weer. Verwacht mag worden dat er congestie ontstaat stroomopwaarts van de twee bottlenecks en dat de snelheden stroomopwaarts omlaag gaan omdat er congestie is. De resultaten van STAQ komen het meest overeen met deze verwachting. De snelheden in de bottlenecks zijn lager dan de free-flowsnelheid, omdat de snelheid lager wordt als de capaciteit bereikt is. Het is lastig in te schatten hoe dicht QBLOK de werkelijkheid benaderd, omdat daar geen resultaten van zijn op hetzelfde testnetwerk. Volgens (Brederode et al., 2010; Bliemer et al., 2012) zijn de resultaten van QBLOK vergelijkbaar met Bundschuh. In QBLOK treedt wel fileterugslag op waardoor stroomopwaarts de snelheden ook omlaag gaan. Doordat de file echter al in het knelpunt optreedt slaan files minder hard terug.



Figuur 3.1: Vergelijking snelheden semi-dynamische modellen. (Bron: Bliemer et al., 2012)



Figuur 3.2: Fundamenteel diagram dat in STAQ wordt gebruikt met legenda voor de snelheden (Bron: Brederode et al., 2010).

In Brederode et al. (2010) staat de onderstaande beschrijving van de verschillende semi-dynamische modellen inclusief een korte beschrijving van QBLOK en een toelichting op de resultaten van Figuur 3.1:

The original Beckmann formulation (standard static assignment) without capacity constraints clearly does not restrict the link flow to the link capacity, such that

unrealistic flows appear. Low speeds (corresponding to high travel times) are predicted in the bottleneck links.

Nesterov (2000), and Nesterov and De Palma (2000a,b, 2001) assume lower bounds on the travel time (free-flow travel time) and upper bounds on the flow (link capacity) instead of using link travel time functions. They search for stable traffic equilibria in which the fundamental relationship between flow, speed, and density holds. Queues longer than the link length are assumed not to occur; hence spillback is again not taken into account. The results are identical to the extended Beckmann model with capacity constraints which ensures that no link flows exceed the link capacity. However, the result is too restrictive, as the whole path flow is now restricted to the most critical link capacity, while the flow through the first five links only needs to be restricted to the two lane capacity. A (delay) penalty is put on the most restrictive bottleneck link.

Bifulco and Crisalli (1998) determine iteratively the number of vehicles on a link that can proceed to the next link on their path by checking the corresponding link capacities. This means that not all traffic will be able to reach its destination in the time interval considered. Spillback is not taken into account. A more realistic traffic flow pattern is achieved after putting the entire travel demand on the path. Since they assume that the capacity restricts the outflow capacity of a link and not the inflow capacity, queues build up inside the bottleneck links, not upstream of the bottleneck links. Spillback can not occur and speeds do not follow a given fundamental diagram, but are based on link cost functions.

Bundschuh et al. (2006) developed an operation model that they term quasi-dynamic, as it takes capacity constraints and spillback into account, however, at a much smaller computational complexity. In order to determine travel times, they use incremental loading of the network, in which iteratively a fraction of the travel demand is put on the network, say increases of 5%. The flow is propagated over the consecutive links of a path until the capacity of a link is reached. The extra flow on that link will be stored in the queue, and blocked back to upstream links if the queue exceeds the storage capacity of the link. Link travel times are determined afterwards by taking the free-flow travel time and adding delays that refer to the time it takes for the queues to disappear. Bundschuh et al. yields a similar traffic flow pattern when compared to Bifulco and Crisalli. Queues build up inside bottleneck links, but they may spillback to upstream links. The speeds in bottleneck links decrease because of the queues and may also decrease the speeds on upstream links if spillback occurs. Speeds do not follow a given fundamental diagram, but are based on simple queuing theory.

4Cast (2009) has developed an operational model called QBLOK, which they also termed quasi-dynamic. The calculation of travel time in this model is done using a heuristic that ensures that link capacities are not exceeded, and queues appear upstream of bottleneck links. Queues longer than the link length can occur, taking blocking back into account. Since this procedure is a heuristic, it may produce unrealistic travel times and route choices. Also, the actual link flows that QBLOK produces can be greater than link capacities because these are calculated using a classical static assignment procedure based on the travel times produced by the QBLOK heuristic.

De bovenstaande constatering van Bredero et al. (2010) verdient enige nuancering omdat in QBLOK gebruik wordt gemaakt van exogene wachttijden en fileduren die met FLOWSIMULATOR op basis van wachtrijtheorie en empirisch onderzoek zijn vastgesteld. Dit neemt niet weg dat QBLOK een heuristisch is waar bij de vastgestelde wachttijden en fileduren bovendien generiek worden toegepast onafhankelijk van lokale omstandigheden, netwerkeigenschappen etc.

Conclusies state of the art QBLOK

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.

Met betrekking tot de routegeneratie bestaan er veel alternatieve methodes zoals bijvoorbeeld beschreven in (Vurenen Jansen, 1988; Evans en Minieka, 1992; Hunt en Kornhauser, 1996; Van der Zijpp en Fiorenzo Catalano, 2005), etc. die wellicht tot betere resultaten zouden kunnen leiden. Op het functioneren van QBLOK heeft de methode van routegeneratie echter weinig invloed.

Qua toedelingstechniek scoort QBLOK beter dan de statische toedelingmodellen en minder goed dan de 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 vertrektijdverdeling van de verplaatsingen. Daarnaast kan de rekestijd en het geheugengebruik behoorlijk oplopen. Dit zijn problemen die echter ook in QBLOK een rol spelen. QBLOK stelt immers net zulke hoge eisen aan de invoer voor wat betreft het netwerk. Voor QBLOK is het niet nodig om een dynamisch HB-matrix te schatten. Daarentegen heeft QBLOK wel extern bepaalde wachttijden en fileduren in combinatie met heuristieken nodig om rekening te houden met de dynamica in spitsperiodes.

QBLOK valt in de klasse van 'semi' of 'quasi' dynamische modellen. Binnen deze klasse scoort QBLOK redelijk goed en komt alleen het recent ontwikkelde model STAQ (Brederode et al., 2010; Bliemer et al., 2012) beter overeen met de werkelijkheid. Een voordeel van STAQ is bovendien dat het in lijn is met de theorie van het dynamisch link transmissie model in plaats van dat het zoals QBLOK een heuristische uitbreiding is van de een statisch model. Daarmee is STAQ meer in lijn met de verkeersstroomtheorie en beter analytisch navolgbaarder.

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. Het model van Bundschuh et al. (2006) werd in 2006 geïmplementeerd in VISUM en STAQ wordt geïmplementeerd in OmniTRANS.

Referenties

- Bifulco, G. & Crisalli, U. (1998). Stochastic user equilibrium and link capacity constraints: formulation and theoretical evidences. Proceedings of the European Transport Conference 1998.
- 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 queuing, ETC paper
- Bundschuh, M., Vortisch, P. & Van Vuuren, T. (2006). Modelling queues in static traffic assignment. Proceedings of the European Transport Conference 2006.
- Daganzo, C.F. (1994) The cell transmission model: a dynamic representation of highway traffic consistent with hydrodynamic theory. Transportation Research Part B, Vol. 28(4), pp. 269-287.
- Daganzo, C.F. (1995) The cell transmission model, Part II: network traffic. Transportation Research Part B, Vol. 29(2), pp. 79-93.
- gm2011-d7-6.pdf, Documentatie van GM 2011, Deel D7-6, Programma QBLOK, Datum 20 juni 2011
- Evans, J. and E. Minieka (1992) Optimization Algorithms for Networks and Graphs. Second edition, Marcel Dekker , New York , USA.
- Fiorenzo Catalano, S. and N.J. van der Zijpp (2001) A Forecasting Model for Inland Navigation Based on Route Enumeration. Proceedings of the European Transport Conference, Cambridge, UK.
- Hunt, D.T. and A.L. Kornhauser (1996) Assigning Traffic over Essentially-Least-Cost Paths. Transportation Research Records, No. 1556, TRB, National Research Council, Washington DC, USA.
- Larsson, T. & Patriksson, M. (1995). An augmented lagrangean dual algorithm for link capacity constrained traffic assignment problems. Transportation Research B, 29 () 433-455.
- Lighthill, M.H., and G.B. Whitham (1955) On kinematics II: a theory of traffic flow on 20 long, crowded roads. Proceedings of the Royal Society of London, Series A, No. 299, pp. 317-345.
- Marcotte, P, Nguyen, S and Schoeb, A. (2003). A strategic flow model of traffic assignment in static capacitated networks, Operations Research 52 () 191-212
- Nesterov, Y. & de Palma, A. (2000a). Stable dynamics in transportation systems. CORE discussion paper.
- Newell, G.F. (1993) A simplified theory of kinematic waves in highway traffic, Part I: 24 General theory, Part II: Queuing at freeway bottlenecks, Part III: Multi-destination flows, Transportation Research Part B, Vol. 27, pp. 281-313.
- Richards, P.I. (1956) Shockwaves on the highway. Operations Research, Vol. 4, pp. 42-51.
- Sheffi, Y. (1985) Urban Transportation Networks: Equilibrium Analysis with Mathematical Programming Methods. Pentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA.
- Van der Zijpp, N.J. and S. Fiorenzo Catalano (2005) Path Enumeration by Finding the Constrained K-Shortest Paths. To be published in Transportation Research B.
- Van Grol, H.J.M. (1988), "An algorithm oriented processor for traffic routing"; TU, Delft
- Vuren, T. van & Jansen, G.R.M. (1988), 'Recent developments in path finding algorithms: a review', Transportation Planning and Technology, vol. 12, pp. 57-71

Yperman, I. (2007) *The Link Transmission Model for Dynamic Network Loading*. PhD Thesis, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium.

3.3.4 *Kalibratie*

Het matrixkalibratieprobleem is een bijzonder onderwerp. Puur wiskundig gezien is de vraag: welke celwaarden in de HB-matrix passen het best bij een gegeven set van randvoorwaarden, meestal telgegevens. Omdat de koppeling tussen celwaarden en telgegevens in situaties met congestie niet triviaal is, dit is namelijk de toedeling van de HB-matrix aan het netwerk, is het oplossen van dit probleem niet eenvoudig. Aan de andere kant wordt het schattingsprobleem gekenmerkt door een groot aantal vrijheidsgraden, alle matrixcellen, en een beperkt aantal randvoorwaarden. Met NRM West als voorbeeld zijn er 4 HB-matrices (vracht en personenauto voor de hoofdmotieven werk, zakelijk en overig) van elk circa 1 miljoen cellen. Daartegenover staan zo'n 26.000 randvoorwaarden (3 maal productie en attractiewaarden voor de hoofdmotieven en 2 sets van telpunten (personenauto en vrachtauto).

In de literatuur komen deze karakteristieken terug. Aan de ene kant is er veel aandacht voor de wiskundige aard van het schattingsprobleem zelf. Diverse schatingstechnieken zijn in het verleden voorgesteld, bv. entropiemaximalisatie, informatieminimalisatie, gegeneraliseerde kleinste kwadratenmethodieken en statistische technieken zoals Bayesiaanse schatters. (zie bv. Hazelton 2003 voor een overzicht). Het programma AVVMAT maakt gebruik van een aantal van deze concepten.

Gegeven de analyse van het matrixkalibratieproces is niet zozeer het schattingsprogramma van belang maar eerder de manier waarop met de vrijheidsgraden wordt omgegaan. In de literatuur wordt deze beperking van matrixschattingsmethodieken erkend. Papola & Marzano (2006) laten zien dat bij een random gewijzigde HB-matrix het al erg moeilijk wordt om op grond van de oorspronkelijke netwerkbelastingen de oorspronkelijke HB-matrix te reconstrueren: hoe groter de variatie hoe groter het verschil tussen de oorspronkelijke en de geschatte HB-matrices. Wat betreft de netwerkbelastingen blijven de verschillen echter beperkt. Recentelijk stellen Marzano et al. (2009) voor de verhouding tussen onbekenden (celwaarden) en bekenden (telgegevens) te verbeteren door naar een dynamische context te gaan. Voor de HB-matrices wordt met een vaste verdelingsfunctie gewerkt, waardoor het aantal onbekenden feitelijk niet verandert, en voor de telgegevens per tijdsperiode gekeken. Een andere benadering voor dit probleem wordt gegeven door Doblas & Benitez (2005). In hun studie worden expliciete onder- en bovengrenzen gebruikt voor celwaarden, productie, attractie en matrixtotaal. In een praktijkstudie met data van Madrid blijkt dat in vergelijking met een klassieke matrixschattingsmethode de veranderingen in de HB-matrix duidelijk kleiner zijn. Consequentie is natuurlijk wel dat de overeenkomst met de telgegevens eveneens minder is. Een derde benadering is om de matrixschatting niet op celniveau uit te voeren maar op het niveau van sectoren (clusters van zones) (Wong et al., 2005). Op deze manier bleek het mogelijk om voor Hong Kong voor de HB-matrices voor 5 gebruikersklassen simultaan te schatten.

Een derde aspect om de kwaliteit van de matrixkalibratie te verbeteren is een strategische keuze van de tellocaties. In Gan et al. (2005) wordt een methodiek

gepresenteerd om de optimale locatie van telpunten te bepalen. De studie laat zien wat de invloed is van de keuze van het aantal en de locatie van de telpunten. Kanttekening is wel dat de toepassing beperkt blijft tot een klein netwerk.

Referenties

- Doblas J., F.G. Benitez (2005), An approach to estimating and updating origin–destination matrices based upon traffic counts preserving the prior structure of a survey matrix, *Transportation Research Part B*, Vol. 39, pp. 565-591
- Gan L., H. Yang, S.C. Wong (2005), Traffic Counting Location and Error Bound in Origin-Destination Matrix Estimation Problems, *Journal of Transportation Engineering*, No. 2, pp. 534-534
- Hazelton M.L. (2003), Some comments on origin-destination matrix estimation, *Transportation Research Part A*, Vol. 37, pp. 811-822
- Marzano V., A. Papola, F. Simonelli (2009), *Transportation Research Part C*, Vol.17, pp. 122-132
- Papola A., V. Marzano (2006), How can we trust in the OD-matrix correction procedure using traffic counts?, ETC
- Wong S.C., C.O. Tong; K.I. Wong; W.H.K. Lam; H.K. Lo, H. Yang, H.P. Lo (2005), Estimation of Multiclass Origin-Destination Matrices from Traffic Counts, *Journal of Urban Planning And Development*, No. 1, pp. 19-29

Conclusie

Het kalibratieproces van de basismatrices voor personenauto en vrachtauto voor het LMS en NRM kan worden gekenschetst als een uniek en complex project. De manier waarop het is georganiseerd heeft geleid tot een consistent proces voor de kalibratie van 5 modellen (LMS en 4 NRM's). De individuele matrixkalibraties sluiten zeker aan op de state-of-practice en de state-of-art, de combinatie van de projecten gaat verder dan state-of-practice.

De matrixkalibratie is zorgvuldig uitgevoerd en uitgebreid gedocumenteerd. In zo'n groot en complex proces zijn er altijd details die anders kunnen worden gedaan. Voorbeelden hiervan zijn:

- Bij de bepaling van de betrouwbaarheden van productie en attractie rekening houden met het verschil in betrouwbaarheid tussen woningzijde en activiteitszijde. Dit onderscheid kan bv. bij het aanmaken van de HB-matrices in kaart worden gebracht;
- De verrijking van a-priorimatrices voor het grensoverschrijdend verkeer centraal uit laten voeren, bv als onderdeel van het genereren van de a-priorimatrices;
- Bij de analyse van de kalibratiestappen ook expliciet ingaan in de geconstateerde verschillen in productie en attractie net als bij de randvoorwaarde van de telcijfers;
- Bij de beoordeling van de overeenkomsten met de telgegevens expliciet onderscheid maken naar de betrouwbaarheid van de telpunten en naar type weg, bv. HWN, OWN, stedelijke hoofdwegen;
- De uiteindelijke matrices ook analyseren op hun onderlinge consistentie, zoals dat ook is gedaan bij het afleiden van de a priorimatrices.

Bij de analyse van het matrixkalibratieproces is een drietal punten gevonden die extra aandacht vragen:

- De verrijkingsfase voor a priorimatrix vrachtauto

- De relatief goede overeenstemming met de telgegevens
- De selectie van de telpunten

In de verrijkingfase is voor de vrachtauto een matrixschatting op telcijfers uitgevoerd. De effecten hiervan op de HB-matrix zijn niet geanalyseerd. Consequentie is dat het verschil tussen a priorimatrix en gekalibreerde basismatrix groter is dan nu op grond van de analyses van de matrixschattingfase kan worden vastgesteld. Analyse van de verschillen op provincieniveau voor de a priori en gekalibreerde basismatrix vrachtauto voor het LMS laten zien dat deze extra verschillen vooral zichtbaar zijn bij de interne verplaatsingen voor de provincies Noord-Holland, Noord-Brabant en Limburg (duidelijke toenames), voor de relaties tussen Gelderland en de Randstad (beperkte afname), tussen Zuid-Holland en de Randstad (beperkte afname) en het grensoverschrijdend vrachtverkeer (toename). Analyse op COROP niveau voor NRM Zuid laat geen verdere bijzonderheden zien. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat bij de generatie van de basismatrices voor NRM Zuid in het Regionaal Groeimodel in tegenstelling tot de andere NRM's bij de correctieslag voor het volume van de matrix een hoge opslag is gehanteerd. Dit is consistent met het resultaat voor het LMS.

Netto consequentie is dat de gekalibreerde matrices vrachtauto grotere verschillen hebben met de a priorimatrices dan op basis van de rapportages mag worden verwacht. De kwaliteit van de a-priorimatrices vrachtauto is echter minder groot is dan die voor de personenauto. Ook zijn de veranderingen in het matrixschattingproces relatief beperkt van omvang geweest. Dit betekent dat een groter verschil ook is toegestaan. Gezien het beperkte aantal geconstateerde verschillen in beide aanvullende analyses heeft dit geen consequenties voor de toepasbaarheid van de basismatrices vrachtauto.

Het matrixkalibratieproces heeft als streven gehad de consistentie van de gekalibreerde matrices en de a-priorimatrices zo groot mogelijk te hebben. Anderzijds is in het proces een aantal pragmatische keuzen gemaakt waarmee dit streven onder druk is komen staan. Zo is bij het genereren van de a-priorimatrices gewerkt met een oudere versie van het Groeimodel en met te lage congestieniveaus. Hierdoor moest in de matrixkalibratie ook een systematische correctie worden doorgevoerd. Het verrijkingproces bood minder mogelijkheden om de HB-matrices personenauto te verrijken dan verwacht. In het matrixschattingproces zijn uiteindelijk minder randvoorwaarden gebruikt dan gepland. Consequentie is dat de uiteindelijke Basismatrices meer door de telcijfers worden bepaald dan beoogd. Het feit dat voor circa 95% van de telpunten wordt voldaan aan de streefwaarden, geeft aan dat de mate van overeenkomst erg hoog is. Bij het gebruik van een matrixschatter is het echter de vraag wat hiervoor in de matrix is veranderd. De gerapporteerde verschillen tussen verrijkte a priori en gekalibreerde matrices op provincieniveau en voor de NRM's ook op COROP-niveau worden niet expliciet beargumenteerd. Hoewel de meeste veranderingen niet onlogisch voorkomen zou een andere argumentatie nuttig kunnen zijn.

Bij schattingsproces zijn in alle studies de MTR+ telgegevens mee genomen. Doel hiervan is dat de basismatrices de stromen op de hoofdwegen in alle modellen goed worden beschreven. In de verschillende studies zijn voor het studiegebied aanvullende telgegevens voor het onderliggend wegennet gebruikt. Hierbij heeft vooral de beschikbaarheid van tellingen van voldoende kwaliteit een rol gespeeld.

Consequentie is dat er een variatie is in gebruikte tellocaties, met name bij stedelijke gebieden. Bij Amsterdam zijn het vooral tellingen op de A10 en een paar op een cordon rond de binnenstad, bij Utrecht nagenoeg op iedere weg naar de snelweg.

Beide keuzen hebben consequenties voor het eindresultaat. Analyse van de resultaten op provincieniveau voor de personenauto laat zien dat de NRM's in hun buitengebied (inclusief grensoverschrijdend verkeer) soms ook andere oplossingen vinden dan het LMS en andere NRM's. Dit zal echter geen consequenties hebben voor toepassingen in het studiegebied.

Het ontbreken van een eenduidige strategie voor telpunten op het onderliggend wegennet heeft als consequentie dat de matrixschatting in bepaalde gebieden meer vrijheidsgraden heeft dan in andere. Toetsing door analyse op COROP-niveau laat veranderingen op dit detailniveau niet zien. Consequentie is dat bij toepassing van NRM's in gebieden waar niet systematisch telpunten van toeleidende wegen naar de snelwegen zijn gebruikt er kans is dat er discussie ontstaat over de betrouwbaarheid van de basismatrices.

Bijlage A: Beleidsvariabelen in het LMS

Tabel A.1: Omvang en samenstelling bevolking naar leeftijdscategorieën en aantal huishoudens

LMS Variabele	Invoer uit (module/invoerbestand)	Soort	Doorvoer in (module)
- A-priori huishouddistributie	Systeemdata	Huishoudsteekproef	QUAD
- arbeidsplaatsdichtheid per zone	Invoerbestand	Zonale data	CARMOD
- arbeidsplaatsen	Invoerbestand	Zonale data	AIRACC
- arbeidsplaatsen	Invoerbestand	Zonale data	NHBTRIPS
- arbeidsplaatsen	Invoerbestand	Zonale data	SECDEST
- arbeidsplaatsen	Invoerbestand	Zonale data	SES
- arbeidsplaatsen detailhandel	Invoerbestand	Zonale data	NHBTRIPS
- arbeidsplaatsen detailhandel	Invoerbestand	Zonale data	SECDEST
- arbeidsplaatsen detailhandel	Invoerbestand	Zonale data	SES
- arbeidsplaatsen dienstensector	Invoerbestand	Zonale data	SES
- Bevolking per zone;	Invoerbestand	Zonale data	AIRACC
- Bevolkingsdichtheid bestemmingszone	Invoerbestand	Zonale data	SES
- Bevolkingsdichtheid herkomstzone	Invoerbestand	Zonale data	SES
- bevolkingsdichtheid per zone	Invoerbestand	Zonale data	CARMOD
- Bruto gezinsinkomen (in 10 klassen);	Systeemdata	Huishoudsteekproef	SES
- Bruto jaarinkomen (in 10 categorieën in Euro's);	Systeemdata	Persoonssteekproef	SES
- Distributie huishoudcategorieën per zone	QUAD	Doorvoer	CARMOD
- Distributie huishoudcategorieën per zone	QUAD	Doorvoer	SES
- fulltime werkenden	Systeemdata	Huishoudsteekproef	CARMOD
- fulltime werkenden	Invoerbestand	Zonale data	SECDEST
- fulltime werkenden	Systeemdata	Huishoudsteekproef	SES
- Geslacht;	Systeemdata	Persoonssteekproef	SES
- huishoudtype (0 – 342)	Systeemdata	Huishoudsteekproef	CARMOD
- inkomen	Systeemdata	Huishoudsteekproef	CARMOD
- inwoners	Invoerbestand	Zonale data	NHBTRIPS
- inwoners	Invoerbestand	Zonale data	SECDEST
- inwoners	Invoerbestand	Zonale data	SES
- kinderen	Systeemdata	Huishoudsteekproef	CARMOD
- kinderen per leeftijdscategorie (0-5,0-12,0-18);	Systeemdata	Huishoudsteekproef	SES
- Leeftijd (in 18 categorieën);	Systeemdata	Persoonssteekproef	SES
- Leeftijd en beroep van het gezinshoofd.	Systeemdata	Huishoudsteekproef	SES
- Leeftijd van het hoofd van het huishouden	Systeemdata	Huishoudsteekproef	CARMOD
- leerlingplaatsen MBO	Invoerbestand	Zonale data	SES
- leerlingplaatsen speciaal onderwijs	Invoerbestand	Zonale data	SES
- leerlingplaatsen voortgezet onderwijs	Invoerbestand	Zonale data	SES
- Maatschappelijke participatie (in 6 categorieën);	Systeemdata	Persoonssteekproef	SES
- Mannelijke beroepsbevolking	Invoerbestand	Zonale data	FOREIGN
- Mannelijke bevolking per leeftijdsgroep	Invoerbestand	Zonale data	FOREIGN
- mannen met een rijbewijs	Systeemdata	Huishoudsteekproef	CARMOD
- mensen	Systeemdata	Huishoudsteekproef	CARMOD
- Opleidingsniveau (in 6 categorieën);	Systeemdata	Persoonssteekproef	SES
- parttime-werkenden;	Invoerbestand	Zonale data	SECDEST
- parttime-werkenden;	Systeemdata	Huishoudsteekproef	SES
- personen;	Systeemdata	Huishoudsteekproef	SES
- Randtotalen (targets) per zone	Invoerbestand	Zonale data	QUAD
- Rijbewijsbezit;	Systeemdata	Persoonssteekproef	SES
- rijbewijsen (tot en x gelacht);	Systeemdata	Huishoudsteekproef	SES
- Student;	Systeemdata	Persoonssteekproef	SES
- Targetgemiddelden per huishoudcategorie	Systeemdata	Huishoudsteekproef	QUAD
- Vrouwelijke beroepsbevolking	Invoerbestand	Zonale data	FOREIGN
- Vrouwelijke bevolking per leeftijdsgroep	Invoerbestand	Zonale data	FOREIGN
- vrouwen met een rijbewijs.	Systeemdata	Huishoudsteekproef	CARMOD
- werkenden	Systeemdata	Huishoudsteekproef	CARMOD

Tabel A.2: Ruimtelijke spreiding bevolking

LMS Variabele	Invoer uit (module/invoerbestand)	Soort	Doorvoer in (module)
- A-priori huishouddistributie	Systeemdata	Huishoudsteekproef	QUAD
- Bevolking per zone;	Invoerbestand	Zonale data	AIRACC
- Bevolkingsdichtheid bestemmingszone	Invoerbestand	Zonale data	SES
- Bevolkingsdichtheid herkomstzone	Invoerbestand	Zonale data	SES
- bevolkingsdichtheid per zone	Invoerbestand	Zonale data	CARMOD
- inwoners	Invoerbestand	Zonale data	NHBTRIPS
- inwoners	Invoerbestand	Zonale data	SECDEST
- inwoners	Invoerbestand	Zonale data	SES
- Randtotalen (targets) per zone	Invoerbestand	Zonale data	QUAD
- Distributie huishoudcategorieën per zone	QUAD	Doorvoer	CARMOD
- Distributie huishoudcategorieën per zone	QUAD	Doorvoer	SES

Tabel A.3: Omvang en ruimtelijke spreiding beroepsbevolking

LMS Variabele	Invoer uit (module/invoerbestand)	Soort	Doorvoer in (module)
- arbeidsplaatsen	Invoerbestand	Zonale data	AIRACC
- arbeidsplaatsen	Invoerbestand	Zonale data	NHBTRIPS
- arbeidsplaatsen	Invoerbestand	Zonale data	SECDEST
- arbeidsplaatsen (som van voltijd en deeltijd)	Invoerbestand	Zonale data	SES
- arbeidsplaatsen detailhandel	Invoerbestand	Zonale data	SES
- arbeidsplaatsen dienstensector	Invoerbestand	Zonale data	SES
- arbeidsplaatsen in de detailhandel	Invoerbestand	Zonale data	NHBTRIPS
- arbeidsplaatsen in de detailhandel	Invoerbestand	Zonale data	SECDEST
- De arbeidsplaatsdichtheid per zone	Invoerbestand	Zonale data	CARMOD
- fulltime-werkenden;	Systeemdata	Huishoudsteekproef	CARMOD
- fulltime-werkenden;	Invoerbestand	Zonale data	SECDEST
- fulltime-werkenden;	Systeemdata	Huishoudsteekproef	SES
- Mannelijke beroepsbevolking	Invoerbestand	Zonale data	FOREIGN
- Mannelijke bevolking per leeftijdsgroep	Invoerbestand	Zonale data	FOREIGN
- parttime-werkenden;	Invoerbestand	Zonale data	SECDEST
- parttime-werkenden;	Systeemdata	Huishoudsteekproef	SES
- Vrouwelijke beroepsbevolking	Invoerbestand	Zonale data	FOREIGN
- Vrouwelijke bevolking per leeftijdsgroep	Invoerbestand	Zonale data	FOREIGN
- werkenden	Systeemdata	Huishoudsteekproef	CARMOD

Tabel A.4: Omvang en ruimtelijke spreiding studenten HBO en WO

LMS Variabele	Invoer uit (module/invoerbestand)	Soort	Doorvoer in (module)
- leerlingplaatsen voortgezet onderwijs	Invoerbestand	Zonale data	SES
- Opleidingsniveau (in 6 categorieën);	Systeemdata	Persoonssteekproef	SES
- Student;	Systeemdata	Persoonssteekproef	SES

Tabel A.5: Omvang en ruimtelijke spreiding werkgelegenheid in aantal economische sectoren

LMS Variabele	Invoer uit (module/invoerbestand)	Soort	Doorvoer in (module)
- Arbeidsplaatsdichtheid per zone	Invoerbestand	Zonale data	SECDEST
- Arbeidsplaatsdichtheid per zone	Systeemdata	Huishoudsteekproef	QUAD
- Arbeidsplaatsen detailhandel	Systeemdata	Zonale data	SES
- Arbeidsplaatsen detailhandel (klassen);	Systeemdata	Zonale data	SES
- Arbeidsplaatsen detailhandel (categorieën in Euro's);	Systeemdata	Zonale data	SES
- Arbeidsplaatsen dienstensector	Systeemdata	Zonale data	SECDEST
- Distributie huishoudcategorieën per zone	QUAD	Doorvoer	CARMOD
- Distributie huishoudcategorieën per zone	QUAD	Doorvoer	SES
- huishoudtype (0 – 342)	Systeemdata	Huishoudsteekproef	CARMOD
- inkomen	Systeemdata	Huishoudsteekproef	CARMOD
- Targetgemiddelden per huishoudcategorie	Systeemdata	Huishoudsteekproef	QUAD

Tabel A.6: Inkomen

Tabel A.7: Landelijk autobezit en autokosten per kilometer

LMS Variabele	Invoer uit (module/invoerbestand)	Soort	Doorvoer in (module)
- Vaste autokosten	Invoerbestand	Gebruikersinvoer/controlekaart	CARMOD
- Index vaste autokosten	Invoerbestand	Gebruikersinvoer/controlekaart	CARMOD
- Tolkosten	Invoerbestand	Gebruikersinvoer/controlekaart	QBLOK
- Kosten per km	Invoerbestand	Gebruikersinvoer/controlekaart	QBLOK
- Autobezitcoëfficiënten	CARMOD	Doorvoer	SES
- Autobezit per zone	CARMOD	Doorvoer	SES
- Bereikbaarheidskw aliteit Auto	QBLOK	Doorvoer	SES
- Free-flow bereikbaarheidskw aliteit Auto	QBLOK	Doorvoer	SES
- Free-flow bereikbaarheidskw aliteit Auto	QBLOK	Doorvoer	NHBTRIPS
- Free-flow bereikbaarheidskw aliteit Auto	QBLOK	Doorvoer	SECDEST
- Index brandstofkosten per kilometer	Invoerbestand	Gebruikersinvoer/controlekaart	SES
- Index overige variabele autokosten	Invoerbestand	Gebruikersinvoer/controlekaart	SES
- Werkgeversvergoedingen WW en WZ	Invoerbestand	Gebruikersinvoer	SES

Tabel A.8: Parkeertarieven

LMS Variabele	Invoer uit (module/invoerbestand)	Soort	Doorvoer in (module)
- parkeerkosten	Invoerbestand	Zonale data	CARMOD
- parkeerkosten	Invoerbestand	Zonale data	SES

Tabel A.9: Treintarieven

LMS Variabele	Invoer uit (module/invoerbestand)	Soort	Doorvoer in (module)
· Kosten treinreis (in Euro)	Invoerbestand	TPI bestand	SES
· Index treinkosten Woon-Werk reizigers	Invoerbestand	Gebruikersinvoer/controlekaart	SES
· Index treinkosten overige reizigers	Invoerbestand	Gebruikersinvoer/controlekaart	SES

Tabel A.10: Tarieven bus, tram en metrovervoer

LMS Variabele	Invoer uit (module/invoerbestand)	Soort	Doorvoer in (module)
· Kosten (in Euro's)	Invoerbestand	Bereikbaarheidskw aliteit BTM	SES
· Index BTM-kosten	Invoerbestand	Gebruikersinvoer/controlekaart	SES

Tabel A.11: Goederenvervoer

LMS Variabele	Invoer uit (module/invoerbestand)	Soort	Doorvoer in (module)
· Gebruikersinvoer vrachtmatrixes (per dagdeel)	Invoerbestand	Basismatrix	PIVOT
· Prognosematrix	PIVOT	Doorvoer	QBLOK

Tabel A.12: Aantal luchtreizigers

LMS Variabele	Invoer uit (module/invoerbestand)	Soort	Doorvoer in (module)
· Luchthavendata	Invoerbestand		AIRACC
· Reizen van luchtreizigers van en naar Schiphol	AIRACC	Doorvoer	SES (via MATPROC)

Tabel A.13: Internationaal personenautoverkeer

LMS Variabele	Invoer uit (module/invoerbestand)	Soort	Doorvoer in (module)
· Fracties buitenlandverkeer	Invoerbestand	Zonale data	FOREIGN
· autoreizen van, naar en in het buitenland	FOREIGN	Doorvoer	SES

Tabel A.14: Compleet bouwprogramma van nieuwe infrastructuur

LMS Variabele	Invoer uit (module/invoerbestand)	Soort	Doorvoer in (module)
· Netwerknopen	Invoerbestand	Netbeheer-bestanden	QBLOK
· Netwerklinks	Invoerbestand	Netbeheer-bestanden	QBLOK
· Netwerkfrons	Invoerbestand	Netbeheer-bestanden	QBLOK
· Afslagverboden	Invoerbestand	Gebruikersinvoer	QBLOK
· Parameters blokkade modellering en speed-flow curves	Invoerbestand	Systeemdata	QBLOK
· Opzoektabel wachttijd en fileduur	Invoerbestand	Systeemdata	QBLOK
· Gebiedsindeling selected link analyse	Invoerbestand	Gebruikersinvoer	QBLOK
· Screenlines selected links analyse	Invoerbestand	Gebruikersinvoer	QBLOK
· Algemene kenmerken geladen netwerk	Invoerbestand	Gebruikersinvoer	QBLOK
· Linkrecords	Invoerbestand	Gebruikersinvoer	QBLOK
· Links met gecongesteerde reistijden	Invoerbestand	Gebruikersinvoer	QBLOK
· Omschrijving schaduw zonering	Invoerbestand	Gebruikersinvoer	QBLOK
· Referentiebestand inkomende links	Invoerbestand	Gebruikersinvoer	QBLOK
· Algemene kenmerken geladen netwerk	QBLOK	Doorvoer	LOADNET
· Bereikbaarheidskw aliteit Auto	QBLOK	Doorvoer	SES
· Bereikbaarheidskw aliteit geladen netwerk	QBLOK	Doorvoer	SKIMTAB
· Free-flow bereikbaarheidskw aliteit Auto	QBLOK	Doorvoer	AIRACC
· Free-flow bereikbaarheidskw aliteit Auto	QBLOK	Doorvoer	SES
· Free-flow bereikbaarheidskw aliteit Auto	QBLOK	Doorvoer	NHBTrips
· Interzonale bereikbaarheidskw aliteit	QBLOK	Doorvoer	INTRALOS
· Linkvolumes per gebruikersgroep	QBLOK	Doorvoer	LOADNET

Tabel A.15: Effecten verkeersmanagement maatregelen op strategisch niveau

LMS Variabele	Invoer uit (module/invoerbestand)	Soort	Doorvoer in (module)
· Netwerknopen	Invoerbestand	Netbeheer-bestanden	QBLOK
· Netwerklinks	Invoerbestand	Netbeheer-bestanden	QBLOK
· Netwerkfrons	Invoerbestand	Netbeheer-bestanden	QBLOK
· Algemene kenmerken geladen netwerk	Invoerbestand	Gebruikersinvoer	QBLOK

Tabel A.16: Generieke verbeteringen trein

LMS Variabele	Invoer uit (module/invoerbestand)	Soort	Doorvoer in (module)
· Aantal overstappen;	Invoerbestand	TPI bestand	AIRACC
· Aantal overstappen;	Invoerbestand	TPI bestand	SES
· Kosten treinreis (in Euro);	Invoerbestand	TPI bestand	AIRACC
· Kosten treinreis (in Euro);	Invoerbestand	TPI bestand	SES
· Reistijd in voertuig (in minuten);	Invoerbestand	TPI bestand	AIRACC
· Reistijd in voertuig (in minuten);	Invoerbestand	TPI bestand	SES
· Stationskenmerken	Invoerbestand	Gebruikersinvoer	AIRACC
· Stationskenmerken	Invoerbestand	Gebruikersinvoer	SES
· Totaal aantal verbindingen	Invoerbestand	TPI bestand	AIRACC
· Totaal aantal verbindingen	Invoerbestand	TPI bestand	SES
· Wachttijd (in minuten);	Invoerbestand	TPI bestand	AIRACC
· Wachttijd (in minuten);	Invoerbestand	TPI bestand	SES

Tabel A.17: Generieke verbeteringen BTM

LMS Variabele	Invoer uit (module/invoerbestand)	Soort	Doorvoer in (module)
· Afstand (in kilometers);	Invoerbestand	Bereikbaarheidskw aliteit BTM	AIRACC
· Afstand (in kilometers);	Invoerbestand	Bereikbaarheidskw aliteit BTM	SES
· In-voertuigtijd (in minuten);	Invoerbestand	Bereikbaarheidskw aliteit BTM	AIRACC
· In-voertuigtijd (in minuten);	Invoerbestand	Bereikbaarheidskw aliteit BTM	SES
· Kosten (in Euro's).	Invoerbestand	Bereikbaarheidskw aliteit BTM	AIRACC
· Kosten (in Euro's).	Invoerbestand	Bereikbaarheidskw aliteit BTM	SES
· Wacht- en looptijd (in minuten);	Invoerbestand	Bereikbaarheidskw aliteit BTM	AIRACC
· Wacht- en looptijd (in minuten);	Invoerbestand	Bereikbaarheidskw aliteit BTM	SES

Tabel A.18: Beprijzen

LMS Variabele	Invoer uit (module/invoerbestand)	Soort	Doorvoer in (module)
· Vaste autokosten	Invoerbestand	Gebruikersinvoer/controlekaart	CARMOD
· Index vaste autokosten	Invoerbestand	Gebruikersinvoer/controlekaart	CARMOD
· Tolkosten	Invoerbestand	Gebruikersinvoer/controlekaart	QBLOK
· Kosten per km	Invoerbestand	Gebruikersinvoer/controlekaart	QBLOK
· Autobezitcoëfficiënten	CARMOD	Doorvoer	SES
· Autobezit per zone	CARMOD	Doorvoer	SES
· Bereikbaarheidskw aliteit Auto	QBLOK	Doorvoer	SES
· Free-flow bereikbaarheidskw aliteit Auto	QBLOK	Doorvoer	SES
· Free-flow bereikbaarheidskw aliteit Auto	QBLOK	Doorvoer	NHBTRIPS
· Free-flow bereikbaarheidskw aliteit Auto	QBLOK	Doorvoer	SECDEST
· Index brandstofkosten per kilometer	Invoerbestand	Gebruikersinvoer/controlekaart	SES
· Index overige variabele autokosten	Invoerbestand	Gebruikersinvoer/controlekaart	SES
· Werkgeversvergoedingen WW en WZ	Invoerbestand	Gebruikersinvoer	SES
· parkeerkosten	Invoerbestand	Zonale data	CARMOD
· parkeerkosten	Invoerbestand	Zonale data	SES
· Kosten treinreis (in Euro)	Invoerbestand	TPI bestand	SES
· Index treinkosten Woon-Werk reizigers	Invoerbestand	Gebruikersinvoer/controlekaart	SES
· Index treinkosten overige reizigers	Invoerbestand	Gebruikersinvoer/controlekaart	SES
· Kosten (in Euro's)	Invoerbestand	Bereikbaarheidskw aliteit BTM	SES
· Index BTM-kosten	Invoerbestand	Gebruikersinvoer/controlekaart	SES

Bijlage B: Invoer per module

Tabel B.1: Invoer QUAD

QUAD		
LMS Variabele	Invoer uit	Soort
· Randtotalen (targets) per zone	Invoerbestand	Zonale data
· A-priori huishouddistributie	Systeemdata	Huishoudsteekproef
· Targetgemiddelden per huishoudcategorie	Systeemdata	Huishoudsteekproef

Tabel B.2: Invoer CARMOD

CARMOD		
LMS Variabele	Invoer uit	Soort
· arbeidsplaatsdichtheid per zone	Invoerbestand	Zonale data
· bevolkingsdichtheid per zone	Invoerbestand	Zonale data
· De arbeidsplaatsdichtheid per zone	Invoerbestand	Zonale data
· Index vaste autokosten	Invoerbestand	Gebruikersinvoer/controlekaart
· parkeerkosten	Invoerbestand	Zonale data
· Vaste autokosten	Invoerbestand	Gebruikersinvoer/controlekaart
· fulltime werkenden	Systeemdata	Huishoudsteekproef
· huishoudtype (0 – 342)	Systeemdata	Huishoudsteekproef
· inkomen	Systeemdata	Huishoudsteekproef
· kinderen	Systeemdata	Huishoudsteekproef
· Leeftijd van het hoofd van het huishouden	Systeemdata	Huishoudsteekproef
· mannen met een rijbewijs	Systeemdata	Huishoudsteekproef
· mensen	Systeemdata	Huishoudsteekproef
· vrouwen met een rijbewijs.	Systeemdata	Huishoudsteekproef
· werkenden	Systeemdata	Huishoudsteekproef
· Distributie huishoudcategorieën per zone	QUAD	Doorvoer

Tabel B.3: Invoer QBLOK

QBLOK		
LMS Variabele	Invoer uit	Soort
· Afslagverboden	Invoerbestand	Gebruikersinvoer
· Algemene kenmerken geladen netwerk	Invoerbestand	Gebruikersinvoer
· Gebiedsindeling selected link analyse	Invoerbestand	Gebruikersinvoer
· Kosten per km	Invoerbestand	Gebruikersinvoer/controlekaart
· Linkrecords	Invoerbestand	Gebruikersinvoer
· Links met gecongesteerde reistijden	Invoerbestand	Gebruikersinvoer
· Netwerkframs	Invoerbestand	Netbeheer-bestanden
· Netwerkknopen	Invoerbestand	Netbeheer-bestanden
· Netwerklinks	Invoerbestand	Netbeheer-bestanden
· Omschrijving schaduwzoning	Invoerbestand	Gebruikersinvoer
· Opzoektabel wachttijd en fileduur	Invoerbestand	Systeemdata
· Parameters blokkade modellering en speed-flow curves	Invoerbestand	Systeemdata
· Referentiebestand inkomende links	Invoerbestand	Gebruikersinvoer
· Screenlines selected links analyse	Invoerbestand	Gebruikersinvoer
· Tolkosten	Invoerbestand	Gebruikersinvoer/controlekaart
· Prognosematrix	PIVOT	Doorvoer
· Toedeelmatrices	SKIMTAB	Doorvoer

Tabel B.4: Invoer INTRALOS

INTRALOS		
LMS Variabele	Invoer uit	Soort
· Interzonale bereikbaarheidskw aliteit	QBLOK	Doorvoer

Tabel B.5: Invoer AIRACC

AIRACC		
LMS Variabele	Invoer uit	Soort
· Aantal overstappen;	Invoerbestand	TPI bestand
· Afstand (in kilometers);	Invoerbestand	Bereikbaarheidskwaliteit BTM
· Arbeidsplaatsen	Invoerbestand	Zonale data
· Bevolking per zone;	Invoerbestand	Zonale data
· In-voertuigtijd (in minuten);	Invoerbestand	Bereikbaarheidskwaliteit BTM
· Luchthavendata	Invoerbestand	
· Reistijd in voertuig (in minuten);	Invoerbestand	TPI bestand
· Stationskenmerken	Invoerbestand	Gebruikersinvoer
· Totaal aantal verbindingen	Invoerbestand	TPI bestand
· Wacht- en looptijd (in minuten);	Invoerbestand	Bereikbaarheidskwaliteit BTM
· Wachtijd (in minuten);	Invoerbestand	TPI bestand
· Free-flow bereikbaarheidskwaliteit Auto	QBLOK	Doorvoer

Tabel B.6: Invoer FOREIGN

FOREIGN		
LMS Variabele	Invoer uit	Soort
· Fracties buitenlandverkeer	Invoerbestand	Zonale data
· Mannelijke beroepsbevolking	Invoerbestand	Zonale data
· Mannelijke bevolking per leeftijdsgroep	Invoerbestand	Zonale data
· Vrouwelijke beroepsbevolking	Invoerbestand	Zonale data
· Vrouwelijke bevolking per leeftijdsgroep	Invoerbestand	Zonale data
· Free-flow bereikbaarheidskwaliteit Auto	QBLOK	Doorvoer

Tabel B.7: Invoer SES

SES		
LMS Variabele	Invoer uit	Soort
· Aantal overstappen;	Invoerbestand	TPI bestand
· Afstand (in kilometers);	Invoerbestand	Bereikbaarheidskwaliteit BTM
· arbeidsplaatsen	Invoerbestand	Zonale data
· arbeidsplaatsen (som van voltijd en deeltijd)	Invoerbestand	Zonale data
· arbeidsplaatsen detailhandel	Invoerbestand	Zonale data
· arbeidsplaatsen dienstensector	Invoerbestand	Zonale data
· Bevolkingsdichtheid bestemmingszone	Invoerbestand	Zonale data
· Bevolkingsdichtheid herkomstzone	Invoerbestand	Zonale data
· Index brandstofkosten per kilometer	Invoerbestand	Gebruikersinvoer/controlekaart
· Index BTM-kosten	Invoerbestand	Gebruikersinvoer/controlekaart
· Index overige variabele autokosten	Invoerbestand	Gebruikersinvoer/controlekaart
· Index treinkosten overige reizigers	Invoerbestand	Gebruikersinvoer/controlekaart
· Index treinkosten Woon-Werk reizigers	Invoerbestand	Gebruikersinvoer/controlekaart
· In-voertuigtijd (in minuten);	Invoerbestand	Bereikbaarheidskwaliteit BTM
· inwoners	Invoerbestand	Zonale data
· Kosten (in Euro's)	Invoerbestand	Bereikbaarheidskwaliteit BTM
· Kosten treinreis (in Euro)	Invoerbestand	TPI bestand
· leerlingplaatsen MBO	Invoerbestand	Zonale data
· leerlingplaatsen speciaal onderwijs	Invoerbestand	Zonale data
· leerlingplaatsen voortgezet onderwijs	Invoerbestand	Zonale data
· parkeerkosten	Invoerbestand	Zonale data
· Reistijd in voertuig (in minuten);	Invoerbestand	TPI bestand
· Stationskenmerken	Invoerbestand	Gebruikersinvoer
· Totaal aantal verbindingen	Invoerbestand	TPI bestand
· Wacht- en looptijd (in minuten);	Invoerbestand	Bereikbaarheidskwaliteit BTM
· Wachtijd (in minuten);	Invoerbestand	TPI bestand
· Werkgeversvergoedingen WW en WZ	Invoerbestand	Gebruikersinvoer
· Bruto gezinsinkomen (in 10 klassen);	Systeemdata	Huishoudsteekproef
· Bruto jaarinkomen (in 10 categorieën in Euro's);	Systeemdata	Persoonssteekproef
· fulltime werkenden	Systeemdata	Huishoudsteekproef
· Geslacht;	Systeemdata	Persoonssteekproef
· kinderen per leeftijdscategorie (0-5,0-12,0-18);	Systeemdata	Huishoudsteekproef
· Leeftijd (in 18 categorieën);	Systeemdata	Persoonssteekproef
· Leeftijd en beroep van het gezinshoofd.	Systeemdata	Huishoudsteekproef
· Maatschappelijke participatie (in 6 categorieën);	Systeemdata	Persoonssteekproef
· Opleidingsniveau (in 6 categorieën);	Systeemdata	Persoonssteekproef
· parttime-werkenden;	Systeemdata	Huishoudsteekproef
· personen;	Systeemdata	Huishoudsteekproef
· Rijbewijsbezit;	Systeemdata	Persoonssteekproef
· rijbewijzen (tot en x gelacht);	Systeemdata	Huishoudsteekproef
· Student;	Systeemdata	Persoonssteekproef
· Reizen van luchtreizigers van en naar Schiphol	AIRACC	Doorvoer
· Autobezit per zone	CARMOD	Doorvoer
· Autobezitcoëfficiënten	CARMOD	Doorvoer
· autoreizen van, naar en in het buitenland	FOREIGN	Doorvoer
· Intrazonale bereikbaarheidskwaliteit	INTRALOS	Doorvoer
· Bereikbaarheidskwaliteit Auto	QBLOK	Doorvoer
· Free-flow bereikbaarheidskwaliteit Auto	QBLOK	Doorvoer
· Distributie huishoudcategorieën per zone	QUAD	Doorvoer

Tabel B.8: Invoer SECDEST

SECDEST		
LMS Variabele	Invoer uit	Soort
· arbeidsplaatsen	Invoerbestand	Zonale data
· arbeidsplaatsen detailhandel	Invoerbestand	Zonale data
· fulltime werkenden	Invoerbestand	Zonale data
· inwoners	Invoerbestand	Zonale data
· parttime-werkenden;	Invoerbestand	Zonale data
· Free-flow bereikbaarheidskwaliteit Auto	QBLOK	Doorvoer
· Verplaatsingen SES autobestuurder	SES	Doorvoer

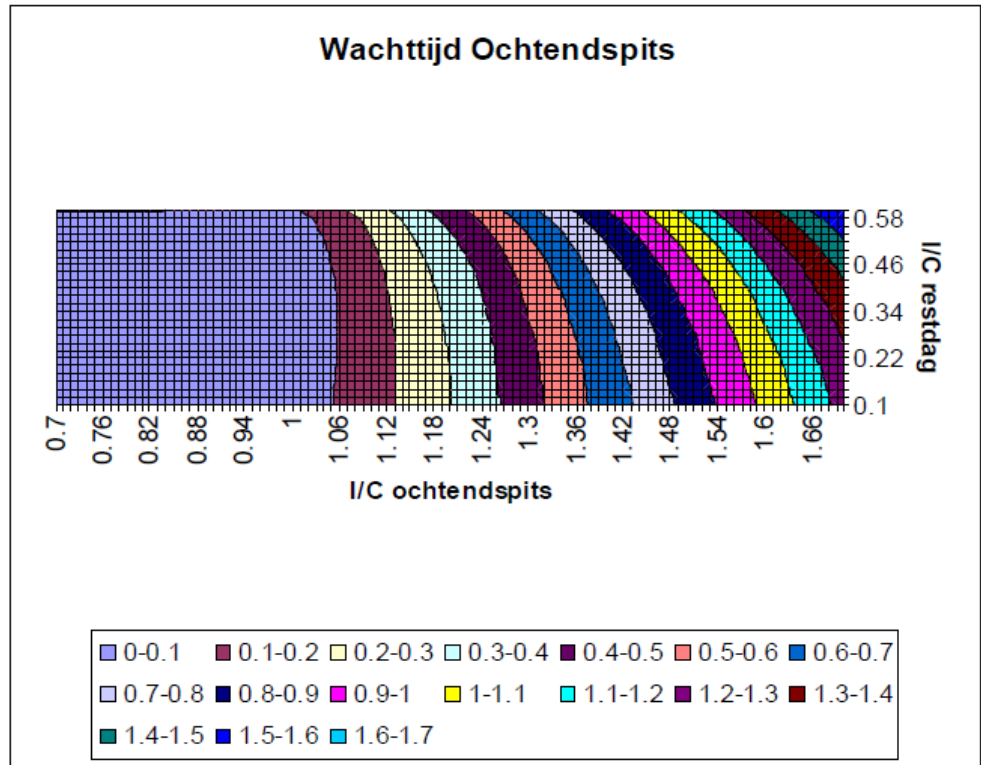
Tabel B.9: Invoer NHBTRIPS

NHBTRIPS		
LMS Variabele	Invoer uit (modul)	Soort
· arbeidsplaatsen	Invoerbestand	Zonale data
· arbeidsplaatsen detailhandel	Invoerbestand	Zonale data
· inwoners	Invoerbestand	Zonale data
· Free-flow bereikbaarheidskwaliteit Auto	QBLOK	Doorvoer
· Niet woninggebonden verplaatsingen SECEDEST per mot	SECEDEST	Doorvoer

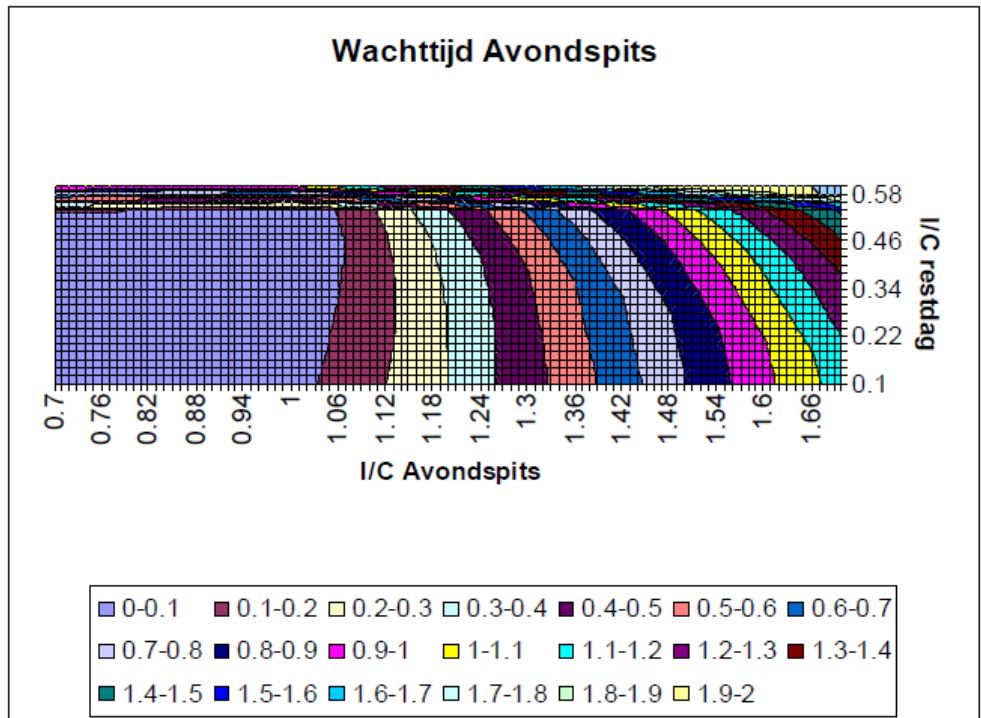
Tabel B.10: Invoer PIVOT

PIVOT		
LMS Variabele	Invoer uit	Soort
· Gebruikersinvoer vrachtmatrixes (per dagdeel)	Invoerbestand	Basismatrix
· Reizen buitenland autoverkeer	FOREIGN	Doorvoer

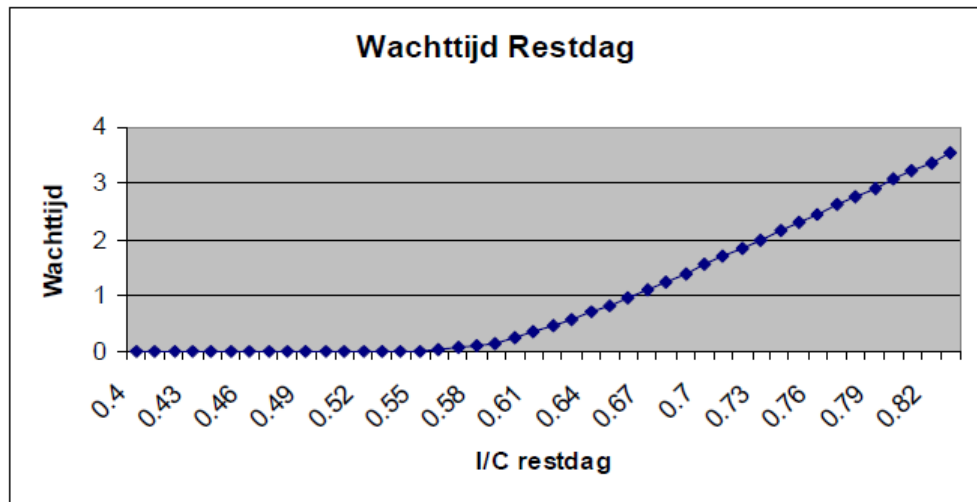
Bijlage C: Wachtijden en fileduur



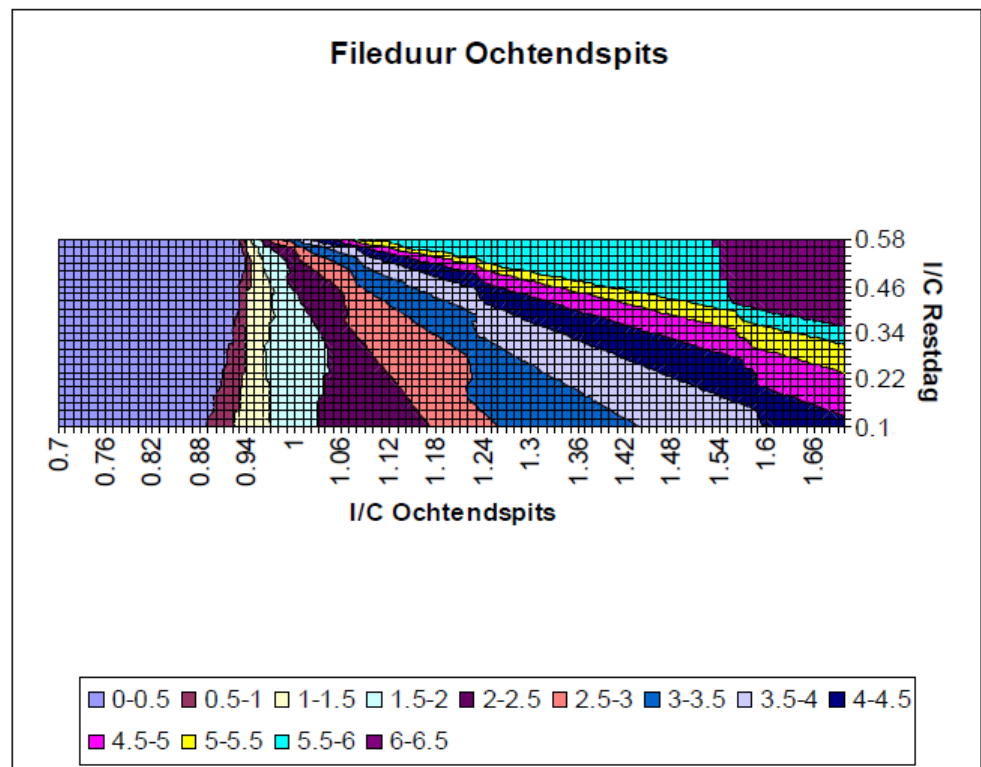
Figuur C.1: Wachtijd Ochtendspits



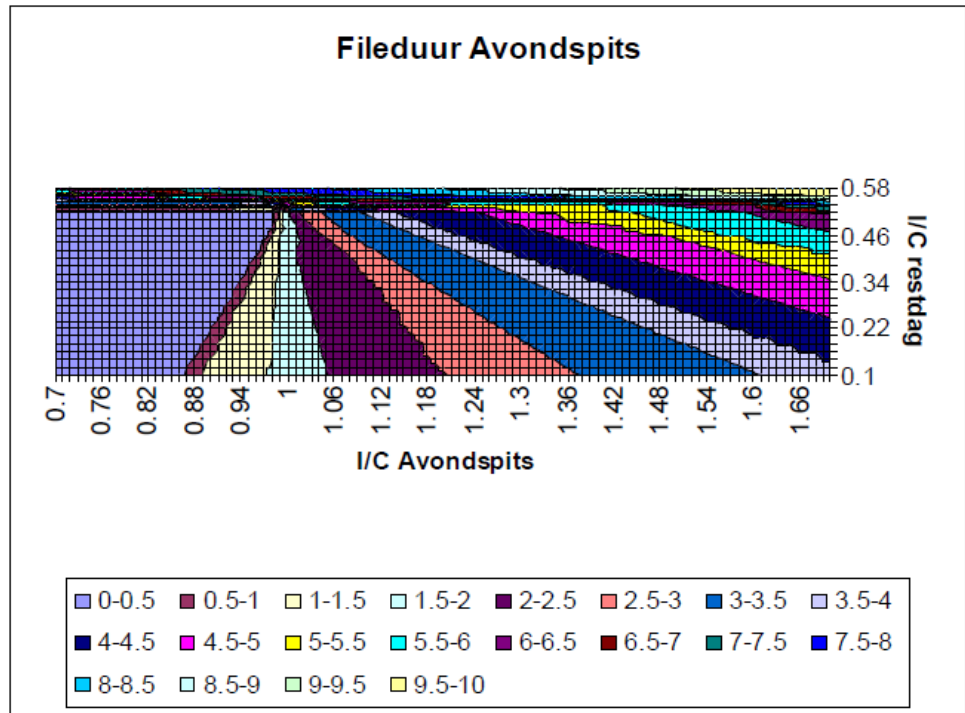
Figuur C.2: Wachtijd Avondspits



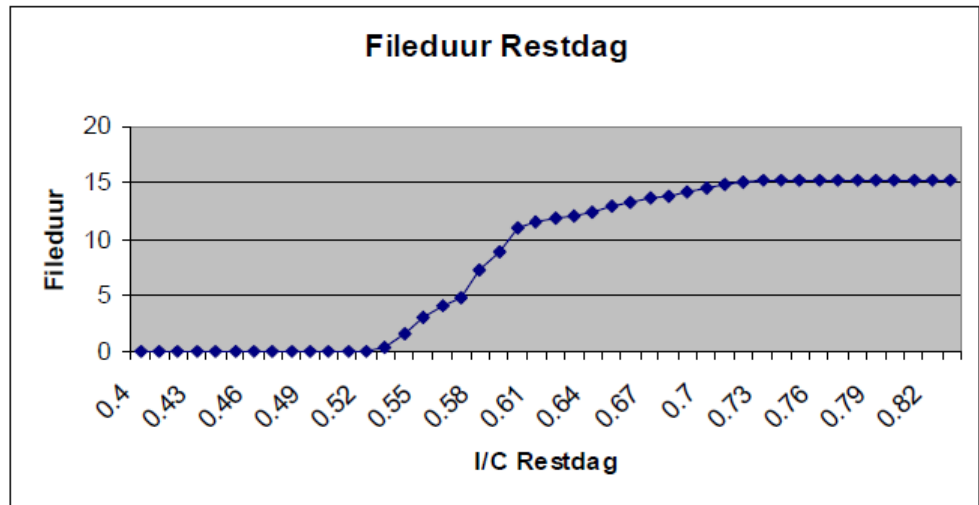
Figuur C.3: Wachttijd Restdag



Figuur C.4: Fileduur Ochtendspits



Figuur C.5: Fileduur Avondspits



Figuur C.6: Fileduur Restdag

Bijlage D: Opties QBLOK

Tabel D.1: Opties QBLOK

Optie	Korte beschrijving	Onderdeel QBLOK
1_N	Par. voor iteratieproces	Optie algemeen
HBUFIT	Par. voor iteratieproces	Optie algemeen
HEADER<class>	Labels voor gebruikersgroepen	Optie algemeen
ITER0	Par. voor iteratieproces	Optie algemeen
NCLASS	Aantal gebruikersgroepen	Optie algemeen
NITER	Aantal iteraties QBLOK	Optie algemeen
NRTRPL	Optie voor inlezen van matrices	Optie algemeen
NZONE	Aantal zones	Optie algemeen
PERIODE	Gemiddelde periode van de dag	Optie algemeen
PRTLEV	Detailniveau logbestand	Optie algemeen
RDFAC	Restdagfactoren	Optie algemeen
SFCONV	Optionele conversie van wegtypen	Optie algemeen
TITLE	Titel van de run	Optie algemeen
TRPASC	Optie voor inlezen van matrices	Optie algemeen
TRPFAC	Optie voor inlezen van matrices	Optie algemeen
TVWRITE	Optie voor detailanalyse	Optie algemeen
USERDEF<class>	Specificatie van gebruikersgroepen	Optie algemeen
BUFPAE	Par. voor congestie-modellering	Opties congestie-modellering
CAPFAC	Par. voor congestie-modellering	Opties congestie-modellering
CLBUF	Par. voor congestie-modellering	Opties congestie-modellering
GNO_QUE	Gebieden congestie-modellering	Opties congestie-modellering
LEIDEND	Methodiek congestie-modellering	Opties congestie-modellering
LNKBACK	Reikwijdte congestie-modellering	Opties congestie-modellering
MAX_IC_OP	Parameter voor congestie-modellering	Opties congestie-modellering
MAXLEID	Methodiek congestie-modellering	Opties congestie-modellering
QBLOK	QBLOK methode	Opties congestie-modellering
WEAVE	Modellering van weefvakken	Opties congestie-modellering
WVTYP	Begrenzing van weefvakmodellering	Opties congestie-modellering
WVVAL	Par. voor weefvakmodellering	Opties congestie-modellering
WATCHPTH	Optie voor detailanalyse	Opties paden zoeken
HOVTYP	Par. voor her paden zoeken	Opties paden zoeken en bereikbaarheid
IMPSKM	Par. voor bepaling bereikbaarheid	Opties paden zoeken en bereikbaarheid
MIXSKIM	Par. voor bepaling bereikbaarheid	Opties paden zoeken en bereikbaarheid
NTURN	Par. voor het routezoeken	Opties paden zoeken en bereikbaarheid
REDPTHTIME	Optie voor het paden zoeken	Opties paden zoeken en bereikbaarheid
SKIM	Par. voor bepaling bereikbaarheid	Opties paden zoeken en bereikbaarheid
SKMDST	Par. voor bepaling bereikbaarheid	Opties paden zoeken en bereikbaarheid
SKMSHLDR	Par. voor bepaling bereikbaarheid	Opties paden zoeken en bereikbaarheid
TURNPROH	Par. voor het routezoeken	Opties paden zoeken en bereikbaarheid
BLOKSIZE	Par. voor selected link analyse	Opties selected link analyse
NSLOUT	Par. voor selected link analyse	Opties selected link analyse
SELCL	Par. voor selected link analyse	Opties selected link analyse
SELLNK	Aanzetten select link analyse	Opties selected link analyse
AFSTKL	Par. voor bepaling trajectsnelheden	Opties trajectsnelheden
CHECKNET	Par. voor bepaling trajectsnelheden	Opties trajectsnelheden

KNELVC	Par. voor bepaling trajectsnelheden	Opties trajectsnelheden
LABRG	Par. voor bepaling trajectsnelheden	Opties trajectsnelheden
NETFOR	Par. voor bepaling trajectsnelheden	Opties trajectsnelheden
NKNL	Par. voor bepaling trajectsnelheden	Opties trajectsnelheden
NOTRJDST	Par. voor bepaling trajectsnelheden	Opties trajectsnelheden
SECFAK	Par. voor bepaling trajectsnelheden	Opties trajectsnelheden
SKIM	Par. voor bepaling trajectsnelheden	Opties trajectsnelheden
SNELKL	Par. voor bepaling trajectsnelheden	Opties trajectsnelheden
CLASPROP<class>	Specificatie van beprijzing	Opties beprijzing
DAYPAS**	Par. voor beprijzing	Opties beprijzing
GROUP<Group>	Tolinstellingen voor linkgroepen	Opties beprijzing
HWNHEF**	Par. voor beprijzing	Opties beprijzing
KMHEF**	Par. voor beprijzing	Opties beprijzing
KMTYPE	Par. voor beprijzing	Opties beprijzing
NGROUP	Aantal linkgroepen in het netwerk	Opties beprijzing
SPEED<class>	Specificatie van beprijzing	Opties beprijzing
TOLDIF	Differentietie toltarieven	Opties beprijzing
TOLSECT**	Par. voor beprijzing	Opties beprijzing
TPERDAY**	Par. voor beprijzing	Opties beprijzing
DELTA V	Par. voor betrouwbaarheidsanalyse	Opties betrouwbaarheid
NAREA	Par. voor betrouwbaarheidsanalyse	Opties betrouwbaarheid
RELDIST	Par. voor betrouwbaarheidsanalyse	Opties betrouwbaarheid
RELIAB	Aanzetten bepaling betrouwbaarheid	Opties betrouwbaarheid
RELVOT	Par. voor betrouwbaarheidsanalyse	Opties betrouwbaarheid
RELYI	Par. voor betrouwbaarheidsanalyse	Opties betrouwbaarheid
RELZONE	Par. voor betrouwbaarheidsanalyse	Opties betrouwbaarheid
VORLATE	Par. voor betrouwbaarheidsanalyse	Opties betrouwbaarheid
VOYEARLY	Par. voor betrouwbaarheidsanalyse	Opties betrouwbaarheid

Bijlage E: Kruiselasticiteiten LMS2011

(Kruis)Elasticiteiten LMS2011 - tours (schattingsdata)

Tabel E.1: (Kruis)Elasticiteiten woon-werk tours (o.b.v. schattingsdata)

Tours	o bestuurder	to passagier	Trein	BTM	Fietsen	Lopen
Auto reistijd	-0,13	-0,35	0,25	0,17	0,23	0,23
Auto kosten	-0,07	0,11	0,10	0,07	0,10	0,09
BTM prijs	0,01	0,01	0,02	-0,25	0,02	0,02
BTM in-vehicle reistijd	0,00	0,01	0,02	-0,22	0,01	0,01
BTM out-of-vehicle reistijd	0,01	0,02	0,03	-0,39	0,03	0,03

Tabel E.2: (Kruis)Elasticiteiten woninggebonden zakelijke tours (o.b.v. schattingsdata)

Tours	o bestuurder	to passagier	Trein	BTM	Fietsen	Lopen
Auto reistijd	-0,03	-0,24	0,19	0,12	0,11	0,15
Auto kosten	-0,03	0,09	0,08	0,05	0,05	0,07
BTM prijs	0,01	0,01	0,01	-0,25	0,01	0,01
BTM in-vehicle reistijd	0,00	0,00	0,01	-0,20	0,01	0,01
BTM out-of-vehicle reistijd	0,00	0,00	0,01	-0,21	0,01	0,01
BTM prijs	0,01	0,01	0,01	-0,35	0,01	0,01
BTM in-vehicle reistijd	0,04	0,05	0,06	-0,24	0,03	0,03
BTM out-of-vehicle reistijd	0,08	0,10	0,13	-0,56	0,07	0,07

Tabel E.3: (Kruis)Elasticiteiten woninggebonden educatie tours (o.b.v. schattingsdata)

Tabel E.4: (Kruis)Elasticiteiten woninggebonden winkelen tours (o.b.v. schattingsdata)

Tours	o bestuurder	to passagier	Trein	BTM	Fietsen	Lopen
Auto reistijd	-0,17	-0,46	0,14	0,14	0,20	0,18
Auto kosten	-0,09	0,05	0,03	0,03	0,05	0,05
Parkkosten	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BTM prijs	-0,04	-0,17	0,02	-0,36	0,01	0,01
BTM in-vehicle reistijd	-0,03	0,03	0,01	-0,06	0,03	0,03
BTM out-of-vehicle reistijd	0,01	0,02	0,02	-0,02	0,02	0,03
BTM prijs	0,00	0,00	0,01	-0,11	0,00	0,00
BTM in-vehicle reistijd	0,00	0,00	0,00	-0,04	0,00	0,00
BTM out-of-vehicle reistijd	0,00	0,00	0,01	-0,18	0,00	0,00

Tabel E.5: (Kruis)Elasticiteiten overige woninggebonden tours (o.b.v. schattingsdata)

Tabel E.6: (Kruis)Elasticiteiten werkgebonden zakelijke tours (o.b.v. schattingsdata)

Tours	o bestuurder	to passagier	Trein	BTM	Fietsen	Lopen
Auto reistijd	-0,05	-0,82	0,75	0,65	0,54	0,72
Auto kosten	-0,07	0,22	0,19	0,17	0,12	0,19
BTM prijs	0,01	0,01	0,00	1,13	0,01	0,01
BTM in-vehicle reistijd	-0,34	-0,17	0,00	-0,38	0,00	0,33
BTM out-of-vehicle reistijd	-0,23	0,09	0,00	-0,37	0,00	0,13
BTM prijs	0,01	0,01	0,00	1,13	0,01	0,01
BTM in-vehicle reistijd	0,00	0,00	0,00	-0,16	0,00	0,00
BTM out-of-vehicle reistijd	0,00	0,00	0,00	-0,33	0,00	0,00

Tabel E.7: (Kruis)Elasticiteiten overige werkgebonden tours (o.b.v. schattingsdata)

Tabel E.8: (Kruis)Elasticiteiten kindmotief woninggebonden school tours (o.b.v. schattingsdata)

Tours	Auto passagier	Trein	BTM	Fietsen	Lopen
Auto reistijd	-0,61	0,00	0,16	0,19	0,18
BTM in-vehicle reistijd	0,00	0,00	-0,47	0,00	0,00
BTM out-of-vehicle reistijd	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00

Tabel E.9: (Kruis)Elasticiteiten kindmotief overige woninggebonden tours (o.b.v. schattingsdata)

Tours	Auto passagier	Trein	BTM	Fietsen	Lopen
Auto reistijd	-0,13	0,12	0,13	0,12	0,12
BTM prijs	0,00	0,00	-0,17	0,00	0,00
BTM in-vehicle reistijd	0,00	0,00	-0,08	0,00	0,00
BTM out-of-vehicle reistijd	0,00	0,00	-0,19	0,00	0,00

(Kruis)Elasticiteiten LMS2011 - kilometers (schattingsdata)

Tabel E.10: (Kruis)Elasticiteiten woon-werk kilometers (o.b.v. schattingsdata)

Reizigerskilometers	o bestuurder	to passagier	Trein	BTM	Fietsen	Lopen	Totaal
Auto reistijd	-0,95	-1,30	0,27	0,19	0,26	0,26	-0,65
Auto kosten	-0,25	0,13	0,11	0,08	0,11	0,11	-0,13
BTM prijs	0,01	0,01	0,02	-0,13	0,02	0,02	0,00
BTM in-vehicle reistijd	0,01	0,01	0,01	-0,30	0,01	0,02	-0,01
BTM out-of-vehicle reistijd	0,01	0,02	0,02	-0,27	0,03	0,03	-0,01

Tabel E.11: (Kruis)Elasticiteiten woninggebonden zakelijke kilometers (o.b.v. schattingsdata)

Reizigerskilometers	o bestuurder	to passagier	Trein	BTM	Fietsen	Lopen	Totaal
Auto reistijd	-0,76	-0,94	0,22	0,14	0,12	0,17	-0,67
Auto kosten	-0,08	0,10	0,09	0,05	0,05	0,07	-0,04
BTM in-vehicle reistijd	-0,00	-0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	-0,00
BTM out-of-vehicle reistijd	-0,00	0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	-0,00
BTM prijs	0,01	0,00	0,01	-0,04	0,01	0,01	0,00
BTM in-vehicle reistijd	0,05	0,05	0,08	-0,49	0,04	0,03	-0,04
BTM out-of-vehicle reistijd	0,09	0,11	0,15	-0,60	0,09	0,07	-0,01

Tabel E.12: (Kruis)Elasticiteiten woninggebonden educatie kilometers (o.b.v. schattingsdata)

Tabel E.13: (Kruis)Elasticiteiten woninggebonden winkelen kilometers (o.b.v. schattingsdata)

Reizigerskilometers	o bestuurder	to passagier	Trein	BTM	Fietsen	Lopen	Totaal
Auto reistijd	-1,11	-1,84	0,13	0,13	0,24	0,23	-0,76
Auto kosten	-0,50	0,06	0,02	0,03	0,06	0,06	-0,16
BTM in-vehicle reistijd	-0,00	-0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	-0,00
BTM out-of-vehicle reistijd	-0,00	0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	-0,00
BTM prijs	0,00	0,00	0,00	-0,17	0,00	0,00	0,00
BTM in-vehicle reistijd	0,00	0,00	0,00	-0,31	0,00	0,00	-0,01
BTM out-of-vehicle reistijd	0,00	0,00	0,01	-0,43	0,00	0,00	-0,01

Tabel E.14: (Kruis)Elasticiteiten overige woninggebonden kilometers (o.b.v. schattingsdata)

Tabel E.15: (Kruis)Elasticiteiten werkgebonden zakelijke kilometers (o.b.v. schattingsdata)

Reizigerskilometers	o bestuurder	to passagier	Trein	BTM	Fietsen	Lopen	Totaal
Auto reistijd	-1,05	-1,81	0,74	0,32	0,56	0,75	-1,04
Auto kosten	-0,14	0,22	0,19	0,10	0,13	0,20	-0,04
BTM in-vehicle reistijd	-0,00	-0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	-0,00
BTM out-of-vehicle reistijd	-0,00	0,00	0,00	-0,00	0,00	0,00	-0,00
BTM prijs	0,01	0,01	0,00	-0,35	0,01	0,01	-0,02
BTM in-vehicle reistijd	0,00	0,00	0,00	-0,17	0,00	0,00	-0,01
BTM out-of-vehicle reistijd	0,00	0,00	0,00	-0,15	0,00	0,00	-0,01

Tabel E.16: (Kruis)Elasticiteiten overige werkgebonden kilometers (o.b.v. schattingsdata)

Tabel E.17: (Kruis)Elasticiteiten kindmotief woninggebonden school kilometers (o.b.v. schattingsdata)

Reizigerskilometers	Auto passagier	Trein	BTM	Fietsen	Lopen	Totaal
Auto reistijd	-1,90	0,00	0,13	0,21	0,20	-0,47
BTM in-vehicle reistijd	0,00	0,00	-0,36	0,00	0,00	-0,02
BTM out-of-vehicle reistijd	0,00	0,00	-0,39	0,00	0,00	-0,02

Tabel E.18: (Kruis)Elasticiteiten kindmotief overige woninggebonden kilometers (o.b.v. schattingsdata)

Reizigerskilometers	Auto passagier	Trein	BTM	Fietsen	Lopen	Totaal
Auto reistijd	-1,64	0,13	0,11	0,12	0,11	-1,22
BTM prijs	0,00	0,00	-0,22	0,00	0,00	0,00
BTM in-vehicle reistijd	0,00	0,00	-0,27	0,00	0,00	-0,01
BTM out-of-vehicle reistijd	0,00	0,00	-0,27	0,00	0,00	0,00

