

Behalve de
dagelijkse files
**Over betrouwbaarheid
van reistijd**



Reeds verschenen publicaties

Scene, een kwartet ruimtelijke scenario's voor Nederland

Ed Dammers, Hanna Lára Pálsdóttir, Frank Stroeken,
Leon Crommentuijn, Ellen Driessen, Friedel Filius
ISBN 90 5662 324 9

Energie is ruimte

Hugo Gordijn, Femke Verwest, Anton van Hoorn
ISBN 90 5662 325 9

Naar zee! Ontwerpen aan de kust

Bart Bomans, Luki Budiarto, Duzan Doepel,
Dieke van Ewijk, Jan de Graaf, Wouter van der Heijde,
Cleo Lenger, Arjan Nienhuis, Olga Trancikova
ISBN 90 5662 331 1

Landelijk wonen

Frank van Dam, Margit Jókövi,
Anton van Hoorn, Saskia Heins
ISBN 90 5662 340 0

De ruimtelijke effecten van ICT

Frank van Oort, Otto Raspe, Daniëlle Snellen
ISBN 90 5662 342 7

De ongekende ruimte verkend

Hugo Gordijn, Wim Derksen, Jan Groen,
Hanna Lára Pálsdóttir, Maarten Piek,
Nico Pieterse, Daniëlle Snellen
ISBN 90 5662 336 2

BEHALVE DE DAGELIJKSE FILES
Over betrouwbaarheid van reistijd

Hans Hilbers
Jan Ritsema van Eck
Daniëlle Snellen

NAi Uitgevers, Rotterdam
Ruimtelijk Planbureau, Den Haag
2004

INHOUD

Samenvatting

Betrouwbaarheid en de mobiele samenleving

Inleiding 13

Doelstelling en aanpak 13

Dit boek 14

Reistijdbetrouwbaarheid ervaren

Inleiding 17

Wat is betrouwbaarheid? 17

Betrouwbaarheid: een eerste inventarisatie 18

Objectieve betrouwbaarheid 18

Subjectieve betrouwbaarheid 20

Subjectieve en objectieve betrouwbaarheid
vergeleken 20

Reistijdbetrouwbaarheid en gedrag 21

Ervaring van reistijd 21

Omgaan met onbetrouwbaarheid 22

Reistijd**on**betrouwbaarheid als
maatschappelijk probleem 23

Conclusies 24

Reistijdbetrouwbaarheid geanalyseerd

Inleiding 27

Betrouwbaarheid in relatie tot infrastructuur,
mobiliteit en bereikbaarheid 27

Toenemende belasting van de netwerken 27

Conclusies 28

Reistijdbetrouwbaarheid als meetopgave 28

De huidige onbetrouwbaarheid op het

Nederlandse snelwegennet 31

Variaties in betrouwbaarheid in de tijd 34

Conclusies 38

Reistijdbetrouwbaarheid gemodelleerd

Inleiding 43

Oorzaken van reistijd**on**betrouwbaarheid 43

Variatie in vraag 43

Variatie in aanbod 47

Resumé 49

Smara 49

Modeltype 49

Modeluitwerking 52

Calibratie en validatie 58

Resumé en evaluatie 60

Conclusies 63

Reistijdbetrouwbaarheid berekend en voorspeld

Inleiding 67

Aanbod, gebruik en betrouwbaarheid van het
infrastructuurnetwerk 67

Het infrastructuurnetwerk 67

Gebruik infrastructuur 68

Betrouwbaarheid 69

Effectuitsplitsing 70

Reistijd en betrouwbaarheid van deur
tot deur 72

Reistijd en betrouwbaarheid 72

Betrouwbaarheid naar verplaatsingsafstand 74

Betrouwbaarheid naar regio 74

Betrouwbaarheid naar verstedelijkingstype 74

Betrouwbaarheid naar relatietype 76

Betrouwbaarheid naar verplaatsingsmotief 77

Effectuitsplitsing 77

Effect op bereikbaarheid 78

Conclusies 82

Toekomststrategieën

Inleiding 87

Strategieën gericht op benutting en
mobiliteitsgedrag 87

Strategieën gericht op de ruimtelijke
ontwikkeling 88

Strategieën gericht op de infrastructuur-
netwerken 90

Keuzemogelijkheden als leidraad 91

Literatuur 93

Over de auteurs 95

SAMENVATTING

- De betrouwbaarheid van het Nederlandse hoofdwegenet staat steeds meer onder druk. Er is sprake van een serieus maatschappelijk probleem. Vooral in de Randstad lijkt een situatie te ontstaan waarin de belangrijkste verbindingen hun capaciteitsgrenzen bereikt hebben. In Noord- en Zuidwest-Nederland is de betrouwbaarheid aanzienlijk beter.
- Zonder aanvullend beleid zal de onbetrouwbaarheid van de verbindingen tot 2020 verder toenemen. Daarmee komt de onbetrouwbaarheid in de dalperiode in 2020 bijna op hetzelfde niveau als in de spitsperiode nu.
- Tot 2020 zal de onbetrouwbaarheid in alle regio's toenemen, maar vooral in Zuid- en Oost-Nederland. Hierdoor wordt het huidige voordeel van de betere betrouwbaarheid voor deze regio's ten opzichte van het westen belangrijk kleiner. Dit kan implicaties hebben voor de aantrekkelijkheid van deze regio's als vestigingsgebied.
- Goede reisinformatie en dynamisch verkeersmanagement bieden in potentie substantiële mogelijkheden om de betrouwbaarheid te vergroten.
- De uitbouw van het regionale wegennet tot een meer samenhangend netwerk heeft een gunstiger effect op de totale bereikbaarheid in termen van reistijd. Verbreding van het hoofdwegenet heeft het grootste effect op de betrouwbaarheid, zolang het verkeer nog vast houdt aan zijn dagelijkse routes.
- Sleutelwoord is het creëren van uitwijkmogelijkheden. Uitwijkmogelijkheden maken het mogelijk de onbetrouwbaarheid te omzeilen en te beheersen.

Dat zijn de belangrijkste bevindingen in deze studie.

Aanleiding

We zijn sterk afhankelijk geworden van de auto. Hierdoor is het gebruik van het Nederlandse hoofdwegenet in de afgelopen decennia sterk toegenomen. Het aantal files is in de jaren negentig dan ook bijna vervijfvoudigd. Daardoor staat de betrouwbaarheid van de verbindingen onder druk: het is steeds minder zeker hoe lang je doet over een bepaalde reis. Mensen moeten hierdoor een buffer in de reistijd inbouwen die soms groter is dan de eigenlijke reistijd zelf. Het is een fenomeen dat inmiddels is uitgegroeid tot een maatschappelijk probleem, zowel op individueel niveau als voor het bedrijfsleven. Betrouwbaarheid is daarmee ook een belangrijk onderdeel van het ruimtelijke functioneren geworden. Dit was voor het Ruimtelijk Planbureau aanleiding om zich te verdiepen in de oorzaken en gevolgen van de reistijd onbetrouwbaarheid, althans wat de auto betreft.

Betrouwbaarheid gedefinieerd

Bij de betrouwbaarheid van het vervoersysteem gaat het in deze studie om de kans dat een verplaatsing gemaakt kan worden zonder (al te veel) af te wijken van de te verwachten reistijd. Eerdere studies wezen uit dat reizigers grote waarde hechten aan de betrouwbaarheid, meer waarde dan aan de reistijd zelf. Er is overigens een groot verschil tussen de feitelijk te meten vertraging en de manier waarop mensen die vertraging ervaren. Het is niet ongebruikelijk dat een feitelijke vertraging van bijvoorbeeld tien minuten wordt ervaren als twintig minuten.

Voor de reiziger is het vooral van belang dat hij de vertragingen kan voorspellen, en daarop tijdig kan anticiperen. Verwachte vertragingen worden beschouwd als een onderdeel van de

reguliere reistijd. Niet iedereen is echter even goed geïnformeerd over vertragingen en over de manier waarop ze daarmee kunnen omgaan.

Betrouwbaarheid neemt af

Reistijdmetingen op de Nederlandse autosnelwegen geven aan dat er nu al sprake is van een substantiële mate van onbetrouwbaarheid. Op drukke trajecten zijn de fluctuaties in de reistijd in de spits groter dan de gemiddelde reistijd. Buiten de spitsuren en op rustiger trajecten zijn die fluctuaties veel geringer. Vooral in de Randstad lijkt nu een situatie te ontstaan waarin de belangrijkste verbindingen hun capaciteitsgrenzen bereikt hebben. Het netwerk wordt steeds kwetsbaarder. Rondom Amsterdam, in de driehoek Gouda-Den Haag-Rotterdam en ten zuiden van Utrecht treden de meeste files op en is de reistijd het minst voorspelbaar. Buiten de Randstad is de betrouwbaarheid aanzienlijk beter. Oorzaken van de variatie in reistijd zijn de variaties in de vervoersvraag (evenementen, vakanties en andere seizoensinvloeden) en variaties in het capaciteitsaanbod (wegwerkzaamheden, weersomstandigheden, pechgevallen en ongevallen).

Model Smara

Om een beter zicht te krijgen op de betrouwbaarheid van de verbindingen voor het gehele land heeft het RPB in samenwerking met TNO-Inro een model ontwikkeld, genaamd Smara. Het model berekent dat reizigers in de spits op een gemiddelde reistijd van 30 minuten zo'n tien minuten, ofwel 33 procent, extra reistijd als buffer moeten aanhouden om met 95 procent zekerheid op tijd aan te komen. Buiten de spitsperiode bedraagt die buffer gemiddeld zes minuten, ofwel 25 procent. Deze buffertijd is groter dan het gemiddelde tijdverlies door congestie: gemiddeld zes minuten in de spits en drie minuten daarbuiten. De betrouwbaarheid vertoont duidelijk regionale verschillen. In West-Nederland liggen de percentages wat hoger, in Zuid- en Oost-Nederland iets lager en in Noord- en Zuidwest-Nederland veel lager.

Onbetrouwbaarheid breidt zich uit

De betrouwbaarheid van de reistijd hangt duidelijk samen met de af te leggen afstand. Voor afstanden langer dan 150 kilometer moet in de spits een marge van 25 minuten worden aangehouden, en in de daluren van een kwartier, om er voor 95 procent zeker van te zijn dat men op tijd aankomt. Het wordt bovendien alleen maar erger. In 2020 zal een buffer van bijna 40 minuten moeten worden aangehouden om bij een afstand van 150 kilometer op een redelijk voorspelbare tijd te arriveren. De daluren van 2020 zijn vergelijkbaar met de spitsuren nu. De onbetrouwbaarheid in reistijd wordt breed verspreid. Zonder aanvullend beleid zal de onbetrouwbaarheid dus verder toenemen.

Positie Oost- en Zuid-Nederland verslechtert

De toename van de onbetrouwbaarheid is in alle regio's zichtbaar, maar vooral in Zuid- en Oost-Nederland. Hierdoor wordt het huidige voordeel van de betere betrouwbaarheid voor deze regio's ten opzichte van West-Nederland belangrijk kleiner. Dit kan implicaties hebben voor de aantrekkelijkheid van Oost- en Zuid-Nederland als vestigingsgebied.

Betere benutting van infrastructuur en mobiliteitsgedrag

De mogelijkheden om de betrouwbaarheid te verbeteren zijn in drie categorieën onder te brengen.

De eerste categorie betreft strategieën gericht op benutting van de infrastructuur en mobiliteitsgedrag; instrumenten zijn onder meer reis-informatie, dynamisch verkeersmanagement en prijsbeleid. Als weggebruikers kunnen uitwijken naar andere routes, zal de onbetrouwbaarheid sterk worden gereduceerd. Goede informatievoorziening en een netwerkstructuur met alternatieven zijn hiervoor van belang.

Alternatieve ruimtelijke inrichting

De tweede strategie omvat een alternatieve ruimtelijke inrichting. De mogelijke effecten hiervan zijn verkend door na te gaan of eenzelfde hoeveelheid extra automobiliteit van of naar de stedelijke gebieden, dichtbij of verder van de snelweg leidt tot verschillen in betrouwbaarheid. Die verschillen lijken zeer beperkt. Voor de betrouwbaarheid van de vaste reistijd die nodig is, maakt het niet veel uit of extra verkeer de snelweg opgaat vanuit het landelijk gebied of vanuit de stad.

Hoofd- en regionale wegennet

De derde strategie is gericht op de uitbreiding van het wegennet. De uitbouw van het regionale wegennet tot een samenhangend netwerk heeft een gunstiger effect op de reistijd dan de uitbreiding van de capaciteit van het hoofdwegennet. Voor de spits zijn beide maatregelen even zinvol, in de dalperiode sorteert de uitbouw van het onderliggende, regionale wegennet meer effect. Nieuwe en verbeterde verbindingen leveren immers altijd reistijdwinst op, ook als het rustig is op de weg. Zolang het merendeel van het verkeer vasthoudt aan haar vaste route, heeft verbreding van het autosnelwegennet het grootste effect op de betrouwbaarheid.

Schep uitwijkmogelijkheden

Bovenstaande strategieën zijn nu zeer globaal verkend op hun mogelijke effectiviteit. Het gaat echter niet alleen om een netwerkbrede vergelijking, maar ook om het slim combineren en op regionale schaal kijken wat in een specifieke situatie het meest effectief is. Zoals de files nooit helemaal opgelost kunnen worden, zal het vervoersysteem ook nooit voor honderd procent betrouwbaar kunnen worden. Het doel moet zijn de betrouwbaarheid beheersbaar te maken. Sleutelwoord daarbij is het creëren van uitwijkmogelijkheden. Uitwijkmogelijkheden maken het mogelijk de onbetrouwbaarheid te omzeilen en te beheersen. Omzeilen, doordat een deel van het verkeer kan uitwijken naar andere routes,

andere tijdstippen, andere vervoerwijzen en/of andere bestemmingen. Beheersen, omdat voor het geringere aantal voertuigen dat nog langs het knelpunt moet, het probleem kleiner wordt.

Niet overal kunnen uitwijkmogelijkheden worden gecreëerd. Wel kan bij de uitbouw van de infrastructuur en bij het sturen van de ruimtelijke ontwikkeling erop worden gelet dat, voor een zo groot mogelijk deel van de mobiliteit, andere routes, andere vervoerwijzen en andere bestemmingen beschikbaar zijn. Dit biedt een basis waarop met prijsbeleid, reisinformatie en dynamisch verkeersmanagement de dagelijkse betrouwbaarheid kan worden beheerst.

Betrouwbaarheid en de mobiele samenleving

Inleiding

We leven in een mobiele samenleving. We participeren in allerlei activiteiten, op allerlei plekken, we hebben veel contacten met mensen en organisaties. Hierdoor verplaatsen we ons veelvuldig en over behoorlijke afstanden. Onder invloed van economische, sociale en culturele ontwikkelingen is deze mobiliteit de afgelopen decennia sterk toegenomen. Is de gemiddelde reistijd per persoon per dag al decennia lang ongeveer 70 minuten, de afgelegde afstand per persoon per dag daarentegen is aanzienlijk gestegen. Vervoermiddelen zijn immers steeds sneller geworden en ook de netwerken werden hierop aangepast.

Niet alleen is ons activiteitenpatroon veranderd, ook de ruimtelijke omgeving heeft zich aangepast aan de toegenomen mogelijkheden tot mobiliteit. Vroeger kenmerkten steden en dorpen zich bijvoorbeeld door een sterke menging van functies die voor het dagelijks leven noodzakelijk waren. Met het gemakkelijker worden van het verplaatsen werd het mogelijk om dergelijke functies te scheiden. Dit leidde tot schaalvergroting en specialisatie. Overheid, burgers en bedrijfsleven hebben hiervan gebruik van gemaakt. Als gevolg moeten we ons voor onze dagelijkse activiteiten steeds verder verplaatsen en zijn we steeds afhankelijker geworden van de auto (vergelijk Harms 2003).

De toegenomen drukte in onze dagschema's maakt ons kwetsbaar voor verstoringen in dat dagelijkse patroon. Daarbij leunen we dan ook sterk op de betrouwbaarheid van de vervoerssystemen. Een betrouwbaarheid die lijkt af te nemen. Toegenomen drukte op de wegen, congestie en problemen met het spoor: zij zijn dankbare thema's voor krantenkoppen. Het bedrijfsleven en de burgers beklagen zich over de steeds slechtere bereikbaarheid in ons land.

Daarmee bedoelen ze dat het vervoerssysteem vaak vastloopt en niet langer betrouwbaar is; niet dat er infrastructuur zou verdwijnen. Voor ons (ruimtelijk) functioneren is een betrouwbare bereikbaarheid van groot belang. De ruimtelijke inrichting heeft bij het ontstaan van deze afhankelijkheid een aanzienlijke rol gespeeld. Dit zijn voldoende redenen voor het Ruimtelijk Planbureau om zich te verdiepen in deze problematiek.

Tot nog toe was in de discussie over de invloed van infrastructuur op de ruimtelijke ontwikkeling en die van de ruimtelijke ontwikkeling op de mobiliteit bereikbaarheid het centrale begrip. De vraag die nu rijst is of de betrouwbaarheid van de vervoerssystemen zodanig problematisch wordt dat we er niet meer aan ontkomen om de betrouwbaarheid expliciet mee te nemen bij het beoordelen van de bereikbaarheid. Dit vereist meer zicht op het fenomeen reistijdontbetrouwbaarheid: Wat is reistijdontbetrouwbaarheid? Hoe belangrijk is zij? Wat zijn de (ruimtelijke) variaties? Hoe zal zij zich ontwikkelen? En wat kunnen we doen om de reistijdbetrouwbaarheid te verbeteren?

Doelstelling en aanpak

Doel van deze studie is zicht te krijgen op het fenomeen reistijdontbetrouwbaarheid en het belang ervan voor het ruimtelijk functioneren. Hiertoe zijn de volgende deelvragen geformuleerd:

- Wat is reistijdontbetrouwbaarheid?
- Wat is het belang van reistijdontbetrouwbaarheid?
- Hoe kan de reistijdontbetrouwbaarheid beoordeeld worden?
- Wat zijn de oorzaken van en (ruimtelijke) variaties in de reistijdontbetrouwbaarheid?
- Wat is de betekenis van de onbetrouwbaarheid voor de bereikbaarheid?

- Hoe zal de reistijd betrouwbaarheid zich ontwikkelen?
- Wat zijn mogelijke strategieën om de reistijd betrouwbaarheid te verbeteren en wat kunnen we daarvan verwachten?

Een definitief antwoord op al deze vragen zal niet mogelijk zijn; alleen al omdat dit onderzoek zich beperkt tot de betrouwbaarheid van de weginfrastructuur. Het doel van deze verkennende studie is vooral om meer zicht te krijgen op de aard van het fenomeen (on)betrouwbaarheid en de mogelijk implicaties daarvan. De studie moet aangrijpingspunten bieden voor een antwoord op de vraag hoe er in het onderzoek naar en het beleid voor infrastructuur en ruimtelijke ontwikkeling verder met dit fenomeen kan worden omgegaan.

Bij de uitwerking van deze studie hebben we verschillende onderzoeksmethoden gebruikt. In de eerste plaats hebben we de literatuur bestudeerd om te komen tot een definitie van het begrip betrouwbaarheid. Hierbij zijn we ook nagegaan hoe mensen kunnen omgaan met het fenomeen onbetrouwbaarheid en welke indicatoren geschikt zijn om onbetrouwbaarheid te meten. In de tweede plaats hebben we statistische analyses uitgevoerd op bestaande data, om een eerste beeld te krijgen van de patronen die op dit moment bestaan in de onbetrouwbaarheid van het hoofdwegennet. Daarbij hebben we ook gezocht naar de verschillende oorzaken van onbetrouwbaarheid. In de derde plaats heeft TNO-Intro, in samenwerking met Modelit, QQQ Delft en het RPB, een model ontwikkeld, genaamd Smara. Met dit model kan de bandbreedte in deur-tot-deurreistijden berekend worden. Smara is gecalibreerd en gevalideerd op gegevens die de Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV) beschikbaar had voor het hoofdwegennet. Vervolgens is met het model voor de huidige situatie en voor een toekomstjaar 2020 berekend wat voor spreiding in deur-tot-deurreistijden verwacht moet worden, en om na te gaan hoe deze spreiding doorwerkt op de bereikbaarheid. Het model is tot slot ook gebruikt om te verkennen wat de mogelijke invloed is van

verkeersmanagement en reisinformatie, van infrastructuurstrategieën en van ruimtelijke ontwikkelingen op de betrouwbaarheid.

Dit boek

In het vervolg van dit boek wordt de reistijd-onbetrouwbaarheid op het Nederlandse wegennet nader bestudeerd. Daarbij gaat het om de huidige situatie, om de meest waarschijnlijke toekomstige ontwikkeling ervan en om de mogelijkheden om deze reistijd-onbetrouwbaarheid te bestrijden.

In het tweede hoofdstuk gaan we eerst nader in op het begrip 'betrouwbaarheid': wat moeten we hieronder nu precies verstaan en op welke manieren beïnvloedt zij het gedrag van reizigers? Vervolgens beschrijven we in het derde hoofdstuk hoe het gesteld is met de betrouwbaarheid van het Nederlandse wegennet in meer algemene zin: Hoe wordt de reistijd betrouwbaarheid gemeten? Wat laten empirische gegevens zien over de huidige betrouwbaarheid van reistijden in Nederland? En hoe varieert deze in ruimte en tijd? Hoofdstuk vier stelt de factoren centraal die de onzekerheid van reistijden veroorzaken: Hoe kan op basis hiervan de betrouwbaarheid gemodelleerd worden? Daarna, in hoofdstuk vijf, bestuderen we de betrouwbaarheid van reistijden op wegsegmenten en voor verplaatsingen van deur tot deur. We doen dit aan de hand van modelberekeningen voor de huidige situatie en voor 2020. In hoofdstuk 6 tot slot reiken we enkele mogelijke toekomststrategieën aan. Hieruit willen we een eerste aanzet bieden voor een samenhangende oplossing waarmee de betrouwbaarheid beter kan worden beheerst.

Reistijdbetrouwbaarheid ervaren

Inleiding

In dit boek staat de betrouwbaarheid van de bereikbaarheid centraal. Maar wat is betrouwbaarheid? Dat onderwerp staat centraal in dit hoofdstuk. Aan de hand van wat er in de literatuur bekend is over het fenomeen, beperken we de definitie van het begrip zoals we dat in deze studie hanteren. Vervolgens gaan we na op welke manieren de betrouwbaarheid, of liever het ontbreken daarvan, ervaren wordt en hoe deze het gedrag van reizigers beïnvloedt. Reistijd/betrouwbaarheid is echter niet alleen een probleem van de individuele reiziger. De betrouwbaarheid van de bereikbaarheid lijkt een steeds groter maatschappelijke probleem te worden. Ook op dit thema wordt nader ingegaan.

Wat is betrouwbaarheid?

De eerste vraag rondom het begrip reistijd/betrouwbaarheid is natuurlijk wat betrouwbaarheid eigenlijk is. Een bruikbare definitie leveren v u e.a. (1998): *de betrouwbaarheid van een reis is de kans dat een reis wordt afgelegd met de vooraf verwachte kenmerken*. Als relevante kenmerken onderscheiden zij hierbij niet alleen de reistijd, maar ook de vervoerskosten en het comfort. Deze definitie is door B & A (2000) aangevuld met het kenmerk veiligheid. In deze studie beperken we ons echter tot het kenmerk reistijd. Onbetrouwbaarheid heeft immers de grootste gevolgen als het om de reistijd gaat. Een tekort aan zitplaatsen in de trein is natuurlijk vervelend, maar dat nadeel geldt alleen tijdens de rit zelf. Onbetrouwbaarheid van reistijden kan echter verder strekkende gevolgen hebben, zoals te laat komen of stress (Bates e.a. 2001).

Betrouwbaarheid kan worden onderscheiden in objectieve en subjectieve betrouwbaarheid

(v u e.a. 1998; B & A 2000). *Objectieve reistijd/betrouwbaarheid* is de kans dat een verplaatsing wordt gemaakt zonder de te verwachten reistijd al te veel te overschrijden. Zowel de kans op een vertraging als ook de omvang van die vertraging zijn hierbij van belang.

Bij *subjectieve betrouwbaarheid* gaat het niet om de feitelijke kenmerken van verplaatsingen, maar om de perceptie ervan: het vertrouwen dat individuen hebben om een verplaatsing te maken zonder dat de door hen verwachte reistijd al te veel wordt overschreden. Twee elementen spelen hierbij een rol:

– *ervaringsbetrouwbaarheid*: de mate waarin de verwachtingen over de reistijd van een verplaatsing overeenkomen met de ervaren reistijd. Ervaringsbetrouwbaarheid speelt alleen een rol voor mensen die al eerder gebruik hebben gemaakt van de betreffende vervoerswijze en verbinding. Ervaringsbetrouwbaarheid is dan ook te beïnvloeden door de objectieve betrouwbaarheid te verbeteren.

– *imagobetrouwbaarheid*: dit element speelt vooral een rol voor mensen die de betreffende vervoerswijze en verbinding niet eerder hebben gebruikt. Objectieve betrouwbaarheid speelt hier geen rol. Pogingen om die objectieve betrouwbaarheid te verbeteren hebben dan ook geen effect op de imago-betrouwbaarheid. Deze vorm van betrouwbaarheid vraagt vooral om een aanpak in de communicatieve sfeer.

Zowel de objectieve betrouwbaarheid als de ervaringsbetrouwbaarheid wordt bepaald door meerdere elementen. Zo geven Bates e.a. (2001) aan dat betrouwbaarheid sterk samenhangt met de variatie en de voorspelbaarheid van de reistijd¹. De betrouwbaarheid is groot als de variatie in reistijd klein is óf de voorspelbaarheid

groot. Alleen als de variatie groot is én de voorspelbaarheid klein, is er sprake van een slechte betrouwbaarheid (B & A 2000).

Het gaat dus om twee elementen: variatie en voorspelbaarheid. Variatie is een hanteerbaar begrip, dat zich afspeelt rondom een bepaalde verwachte waarde (Bates e.a. 2001). Hoe deze waarde bepaald wordt, is vooral relevant voor de objectieve betrouwbaarheid. Het maakt immers aanzienlijk uit of wordt uitgegaan van de reistijd zonder enige belemmeringen (de zogenaamde 'free-flow'-reistijd) of van de gemiddelde (of mediane) reistijd tijdens de spitsuren.

Het tweede aspect bij het vaststellen van de objectieve betrouwbaarheid betreft de voorspelbaarheid. Maar wat moet hieronder worden verstaan? Niet alle vertragingen zijn immers voorspelbaar. Welke dat wel zijn, hangt af van de beschikbare informatie en kan per persoon verschillen. Dat de reistijd op een bepaald traject tijdens de ochtendspits op een willekeurige maandagochtend langer zal zijn dan op een vrijdagochtend, zal niemand verbazen. Hoe groot het verschil precies zal zijn, weten mensen die het bewuste traject dagelijks rijden waarschijnlijk beter dan degenen die dat incidenteel doen. Verkeerschaos als gevolg van een gekantelde vrachtwagen zal voor alle weggebruikers als een verrassing komen, terwijl lokale opstoppen als gevolg van evenementen, zoals een voetbalwedstrijd, een popconcert of een grote publiekstrekker in de RAI of de Jaarbeurs door sommige ingewijden wel zullen worden voorzien. Om iets te kunnen zeggen over objectieve betrouwbaarheid, moeten we dus aannamen doen over de informatie waarover reizigers in het algemeen beschikken.

Het probleem van de voorspelbaarheid blijft in deze studie buiten beschouwing. We versmallen onze definitie van reistijdbetrouwbaarheid tot de variatie van reistijden.

Betrouwbaarheid: een eerste inventarisatie

Hoewel we ons in deze studie concentreren op de reistijdbetrouwbaarheid van het personenvervoer per auto, gaan we in deze paragraaf, als een referentiekader, kort na wat in de literatuur bekend is over de betrouwbaarheid van de verschillende vervoerswijzen. Daarbij maken we weer een onderscheid naar objectieve en subjectieve betrouwbaarheid.

Objectieve betrouwbaarheid

Automobiliteit

Een eerste beeld van de objectieve betrouwbaarheid voor de auto volgt uit de fileregistratie door de Adviesdienst Verkeer en Vervoer (AVV). Hierbij tekenen we aan dat het vóórkomen van files niet per se tot onbetrouwbaarheid leidt. Immers, 'de gebruikelijke files', de bovenste regionen van de filetop-50, worden bij de verkeersinformatie niet langer genoemd; ze hebben een hoge mate van voorspelbaarheid. Dergelijke files komen vrijwel dagelijks terug; zo werd meer dan de helft van de files uit de filetop-50 van 2003 meer dan 200 maal gemeld (AVV 2004). Deze files leiden niet zo zeer tot onbetrouwbaarheid als wel tot een hogere gemiddelde reistijd. Dit geldt niet voor het grootste deel van de files; de files uit de filetop-50 waren in 2001 verantwoordelijk voor slechts 30 procent van het totaal aantal filemeldingen. De meeste files treden niet dagelijks op, of zijn niet iedere dag even lang. Juist deze files leiden tot onvoorspelbare variaties in de reistijd, ofwel tot reistijd-onbetrouwbaarheid.

In de jaren negentig nam het aantal files explosief toe, namelijk met bijna 475 procent. In de eerste helft van de jaren negentig was die groei iets hoger dan in de tweede helft. Maar ook tussen 2000 en 2003 was er nog sprake van een groei, namelijk van 13 procent. In deze periode was wel een zekere fluctuatie zichtbaar (tabel 1): een piek in het aantal files in 2001, een daling in

Tabel 1. Aantal files en filezwaarte, 2000-2003

	2000	2001	2002	2003
Aantal files	30.255	34.785	32.897	34.225
Filezwaarte	9.246.081	9.713.103	8.835.795	9.279.945

Bron: AVV

2002 en weer een stijging in 2003 (AVV 2002a; AVV 2004). Behalve het aantal files zijn ook de lengte en duur van de files van belang. Dit wordt uitgedrukt in het begrip filezwaarte: het aantal kilometers maal het aantal minuten. In de eerste jaren van het huidige decennium fluctueerde de totale filezwaarte tussen bijna 9 miljoen en bijna 10 miljoen (tabel 1) (AVV 2002a; AVV 2004). Het aantal files en de filezwaarte zijn de afgelopen jaren veel sterker toegenomen dan het totaal aantal afgelegde kilometers per auto. De fileproblematiek neemt dus toe, niet alleen absoluut maar ook relatief. De meeste files doen zich voor in de Randstad, gevolgd door de provincies Noord-Brabant en Gelderland. De herfstmaanden (oktober en november) zijn het meest filegevoelig. Het aantal files en de filezwaarte zijn het hoogst op donderdag en dinsdag, maar de echte pieken zijn te vinden op maandagochtend en woensdagmiddag (AVV 2002a).

Treinverkeer

Een beeld van de objectieve betrouwbaarheid van het treinverkeer krijgen we uit de punctualiteitsregistraties van het treinverkeer: het halfjaarlijks onderzoek van de Consumentenbond (1993-2001; Consumentenbond 2002), de punctualiteitsonderzoeken van ROVER (winter 1997/1998 tot winter 2002/2003; ROVER 2003) en de cijfers van de Railverkeersleiding (website NS). De cijfers van de Consumentenbond laten zien dat de punctualiteit van het treinverkeer behoorlijke fluctuaties vertoont. Gemiddeld genomen rijdt volgens dit onderzoek ongeveer driekwart van de treinen op tijd. De herfst van 1997 en die van 1998 scoorden het slechtst: tweederde van de treinen reed op tijd. Nadat zij in 1999 leek te zijn verbeterd, daalde de punctualiteit vervolgens toch weer.

Ook de cijfers van ROVER laten een fluctuatie zien, al liggen de scores bij dit onderzoek enkele procenten hoger dan bij dat van de Consumentenbond. Het ROVER-onderzoek laat zien dat de meeste vertragingen zich voordoen in het midden van het land en rondom Amsterdam. Overigens blijkt ook uit deze gegevens geen structurele verbetering van de betrouwbaarheid. De meest recente cijfers van de Railverkeersleiding (website NS) tot slot laten zien dat de punctualiteit van het treinverkeer in de afgelopen jaren is verbeterd, van 79,9 procent in 2001 naar 81,2 procent in 2002 en 83,1 procent in 2003.

De informatie over de betrouwbaarheid van het openbaar vervoer kent een beperking: zij wordt gemeten per trein en niet per totale verplaatsing. Openbaar vervoer is vrijwel altijd een onderdeel van een ketenverplaatsing; het wordt gecombineerd met ander openbaar vervoer of met een auto-, fiets- of loopverplaatsing. Dat maakt juist deze vervoersketens kwetsbaar. Immers: niet alleen de kwaliteit van de afzonderlijke verplaatsingen is van belang, maar ook de afstemming ertussen. Vervoersketens met maar één OV-verplaatsing en met lopen of fietsen als voor- en natransport zijn het minst kwetsbaar; combinaties van meerdere OV-verplaatsingen het meest. De enige gegevens die op dit punt beschikbaar zijn, betreffen de gegevens van ROVER en NS reizigers over de aansluitingen in het treinvervoer. De ROVER-cijfers vertonen een dalende lijn in het percentage gehaalde aansluitingen (ROVER 2003). Werd in 1998 nog 93 procent van de aansluitingen gehaald, in de winter van 2002/2003 kwam het tot een historisch dieptepunt van 76 procent. De meest recente cijfers van de Railverkeersleiding (website NS) daarentegen laten

1. Zie bijvoorbeeld ook het artikel 'De voorspelbare file is geen issue' in het NRC Handelsblad van 20 februari 2003.

zien dat het aandeel gehaalde aansluitingen in 2003 is toegenomen. Het is onbekend in hoeverre de verschillende meetmethoden hierbij een rol spelen. De definitie die de Railverkeersleiding hanteert, is bijvoorbeeld onbekend.

Overig vervoer

Voor andere vormen van openbaar vervoer zijn geen structurele registraties voorhanden over de betrouwbaarheid van de reistijd. Ook voor het langzaam vervoer zijn geen directe gegevens beschikbaar over de objectieve betrouwbaarheid. De indruk bestaat dat deze betrouwbaarheid hoog is.

Subjectieve betrouwbaarheid

Het COV (1998) onderzocht de subjectieve betrouwbaarheid van verschillende vervoerswijzen. Hiertoe werd mensen gevraagd welke aspecten ze bij een vervoerswijze van belang vinden, en hoe vaak het vervoermiddel op deze aspecten tekort schiet. Per vervoermiddel is gekeken naar frequente gebruikers, incidentele gebruikers en nooit-gebruikers als aparte groepen. Zo kan een onderscheid worden gemaakt naar ervaringsbetrouwbaarheid en imagobetrouwbaarheid.

Uit het onderzoek blijkt dat de imagobetrouwbaarheid voor alle vervoerswijzen slechter is dan de ervaringsbetrouwbaarheid; vrijwel steeds blijken de nooit-gebruikers negatiever te oordelen dan de frequente gebruikers. Hiervoor zijn verschillende verklaringen mogelijk. In de eerste plaats kunnen mensen hun verwachtingen snel aanpassen aan hun ervaringen, waardoor zij de reistijd beter voorspellen en de betrouwbaarheid dus beter wordt. In de tweede plaats kan hier sprake zijn van selectieve perceptie. Aangezien imagobetrouwbaarheid gebaseerd is op informatie 'uit de tweede hand', zullen verplaatsingen die niet op de verwachte wijze verlopen, vaker gesprekstof vormen dan verplaatsingen die precies volgens verwachting verlopen. Verder kan er sprake zijn van 'cognitieve dissonantiereductie': mensen die een bepaald vervoermiddel gebruiken, kunnen dit rechtvaardigen door de

onbetrouwbaarheid van andere vervoermiddelen te benadrukken. Hoe dit ook zij, de slechte imagobetrouwbaarheid van niet of weinig gebruikte vervoerswijzen kan een belemmering vormen voor een beleid dat de vervoermiddelkeuze wil beïnvloeden.

Uit het onderzoek van het COV (1998) blijkt dat de fiets het beste scoort als het gaat om de reistijdbetrouwbaarheid. 90 tot 95 procent van de fietsers geeft aan vrijwel nooit te maken te hebben met een langere reistijd dan gepland. Ditzelfde geldt voor ruim 70 procent van de automobilisten. Hiermee neemt de auto een tussenpositie in. Het openbaar vervoer scoort het slechtst: slechts 50 procent van de reizigers geeft aan geen last te hebben van een langere reistijd dan verwacht.

Het gaat bij deze cijfers om waarderingen door reguliere gebruikers voor de woon-werkverplaatsing. Niet-reguliere fietsers komen tot een reistijdbetrouwbaarheid van bijna 80 procent. Voor niet-reguliere autogebruikers is deze ruim 50 procent en voor niet-reguliere OV-reizigers slechts iets meer dan 20 procent. Het verschil tussen de reguliere en niet-reguliere gebruikers is dus het grootst bij het openbaar vervoer en het kleinst bij de fiets.

Subjectieve en objectieve betrouwbaarheid vergeleken

Uit onderzoek (VU e.a. 1998) blijkt het verschil tussen objectieve en subjectieve betrouwbaarheid het grootst te zijn bij het openbaar vervoer. Dat maakt het openbaar vervoer kwetsbaar. Immers: het gebruik ervan wordt veel sterker dan bij de andere vervoerswijzen beïnvloed door de (subjectieve) betrouwbaarheid. Bij de fiets is het verschil tussen objectieve en subjectieve betrouwbaarheid het kleinst.

Deze verschillen lijken goed verklaarbaar uit de karakteristieken van de vervoerswijzen. Het openbaar vervoer kent vastgestelde dienstregelingen; een vertraging van enkele minuten is hierdoor direct zichtbaar. Bovendien kan een dergelijke vertraging aanzienlijke consequenties hebben: de reiziger kan zijn aansluiting missen.

Aangezien hij geen zeggenschap heeft over de vertrektijden, kan hij zich hiertegen niet indekken door enkele minuten eerder te vertrekken.

In het privé-vervoer zijn kleine vertragingen veelal minder zichtbaar en de consequenties kleiner. Men kan zich eenvoudiger indekken tegen de gevolgen van kleine vertragingen door enkele minuten eerder te vertrekken. Ook heeft een reiziger in het privé-vervoer meer mogelijkheden om de situatie te beïnvloeden, bijvoorbeeld door een andere route te kiezen of door, waar dat mogelijk is, iets harder te rijden. Het gevoel de situatie te kunnen beïnvloeden, nog los van de feitelijke resultaten van deze beïnvloeding, leidt al tot een andere beleving van de situatie. Al deze oorzaken maken dat de betrouwbaarheid die bij het openbaar vervoer wordt ervaren, slechter is dan die van privé-vervoer, zelfs als de objectieve betrouwbaarheid even goed of beter is.

Naast een incidentele lekke band of openstaande brug, is de belangrijkste bron van reistijdonbetrouwbaarheid voor fietsers het weer, bijvoorbeeld harde tegenwind. Omdat dit over het algemeen van tevoren is in te schatten, kan de fietser hierop anticiperen door eerder te vertrekken, dan wel te kiezen voor een alternatieve vervoerswijze. Tijdens de tocht zelf kan de fietser, door zich harder in te spannen, de mate van vertraging vaak nog sterk beperken. Een fietser heeft zijn eigen reistijdbetrouwbaarheid dus beter in de hand dan de OV-reiziger of de automobilist. Daarbij komt dat de fietser in stedelijk gebied, iedere keer als hij een verkeersopstopping passeert, ziet dat de betrouwbaarheid van andere vervoerswijzen te wensen overlaat. Ook dit zal een positieve inschatting van de betrouwbaarheid van de fiets in de hand werken. Het lijkt erop dat de subjectieve betrouwbaarheid mede wordt bepaald door de mate waarin de reiziger het gevoel heeft 'overgeleverd te zijn' aan onvoorziene omstandigheden. Hoe meer de reiziger in staat is zijn gedrag aan te passen en zo de reistijd te beïnvloeden, hoe beter de objectieve betrouwbaarheid wordt ingeschat.

Reisbetrouwbaarheid en gedrag

De feitelijke reistijdbetrouwbaarheid laat voor sommige vervoerswijzen dus te wensen over. Maar hoe beïnvloedt de onbetrouwbaarheid het gedrag van reizigers? Hoe ervaren ze de onbetrouwbaarheid en in hoeverre leidt (slechte) ervarings- of imagobetrouwbaarheid tot daadwerkelijke aanpassing van gedrag? Deze aspecten komen in deze paragraaf aan de orde.

Ervaring van reistijd

Reizigers ervaren hun reistijd op verschillende manieren. Dat is onder meer afhankelijk van het motief en de noodzaak voor de verplaatsing, de tijdsdruk waaronder de persoon zich bevindt en de afhankelijkheid van bijvoorbeeld anderen. Zo is oponthoud op weg naar een dagje winkelen meestal minder erg dan oponthoud onderweg naar een zakelijke afspraak.

Niet alleen de reistijd als totaal kan anders worden beleefd. Dat geldt ook de verschillende onderdelen van de reis. Zo is reistijdonzekerheid waarschijnlijk belangrijker dan de werkelijke reistijd op zich. König & Axhausen (2002) verwijzen in dit verband naar een studie van Prashker uit 1979, waarin werd aangetoond dat de betrouwbaarheid van zoektijden voor parkeren of die van wachttijden belangrijker is dan de betrouwbaarheid van de reistijd sec. Op basis van een 'stated-preference'-experiment constateren zij zelf dat de kans op vertraging belangrijker is dan de hoeveelheid vertraging. Ook kan er een groot verschil zitten tussen de vertraging die als gevolg van bijvoorbeeld congestie wordt ervaren, en de feitelijke vertraging. Brownstone en Small (2003) melden dat een factor twee verschil hierbij niet ongebruikelijk is: een feitelijke vertraging van 10 minuten wordt ervaren als een van 20 minuten.

Wardman (2001) laat zien dat diverse onderdelen van een reis een verschillende tijdwaardering hebben. Vertragingstijd – dat is de reistijd bovenop de tijd die nodig is om direct van A naar B te rijden – telt ongeveer anderhalf keer zo zwaar als de reguliere reistijd. Dit is nauwelijks anders

voor andere motieven. De reistijdwaardering voor 'te laat tijd' – dat is het aantal minuten dat je later aankomt dan verwacht – is nog hoger. Uit onderzoek van Lam & Small (2001) blijkt dat vooral vrouwen een hoge waarde hechten aan betrouwbaarheid: hun waardering voor betrouwbaarheid is 1,4 keer zo hoog als de waardering voor de reistijd zelf. Voor mannen ligt het verhoudingsgetal op 0,7; zij vinden de reistijd belangrijker dan de betrouwbaarheid.

Uit Nederlands onderzoek (v u e.a. 1998) blijkt dat reizigers over het algemeen risicomijdend gedrag vertonen. Ze kiezen liever voor een reis die volgens de dienstregeling tien minuten langer duurt dan voor een reis waarbij zij een kans van 50 procent lopen op een kwartier vertraging. Dit is ook het geval voor reizen per auto. Modelberekeningen laten zien dat een onzekerheidsminuut 2,3 keer zo zwaar weegt als een minuut reguliere reistijd. Om de onzekerheid van de reistijd met één minuut te verminderen mag de reguliere reistijd met 2,3 minuten worden verlengd. Rietveld e.a. (2001) geven aan dat een onzekerheidsminuut voor o v-reizigers ongeveer 2,4 keer zo zwaar weegt als een zekere minuut.

Uit het bovenstaande blijkt dat de waardering van betrouwbaarheid hoger is dan die van de feitelijke reistijd. Dit is ook de conclusie van Bates e.a. (2001). Voor autoverplaatsingen vinden zij een verhouding van rond de 1,3 voor de waardering van betrouwbaarheid en reguliere reistijd. Voor openbaarvervoersverplaatsingen mag een hogere ratio worden aangehouden, al zal deze niet boven de twee liggen.

Ten slotte moet worden opgemerkt dat de verwachte reistijd een bepaalde marge kent

waarvoor men onverschillig is (Bates e.a. 2001, verwijzend naar onderzoek van Mahmassani en Chang gepubliceerd in 1986). Pas als de reistijd buiten dit gebied komt, ervaart de reiziger deze als onbetrouwbaar.

Omggaan met onbetrouwbaarheid

Hoe gaan reizigers om met de onbetrouwbaarheid die zij ervaren? Bonsall (2000) noemt vijf hoofdstrategieën:

1. Minimaliseren van de variabiliteit, bijvoorbeeld door een andere route te kiezen, door op een tijdstip te reizen waarop de reistijden betrouwbaarder zijn, of door de snelheid aan te passen.
2. Optimaal gebruik maken van de beschikbare kennis, bijvoorbeeld door routes te kiezen waarmee men vertrouwd is en door op de gebruikelijke tijd te vertrekken.
3. Kennis opbouwen door te experimenteren met alternatieven en door alle mogelijke informatiebronnen te gebruiken.
4. De consequenties van onbetrouwbaarheid minimaliseren, bijvoorbeeld door een tijdsruimte in te bouwen of door iemand op de plaats van bestemming telefonisch op de hoogte te brengen van de vertraging.
5. Er een spel van maken door te spelen tegen het systeem (sneller dan anders), tegen de medeweggebruikers (sneller dan die zwarte Carina) of tegen zichzelf (sneller dan gisteren).

Opvallend is dat de keuze voor een ander vervoermiddel of een andere bestemming niet als hoofdstrategie wordt genoemd. Voor wat betreft de vervoermiddelkeuze strookt dit met de conclusies van het C O V (1998). De betrouw-

baarheid wordt zelden expliciet genoemd als reden om voor een bepaald vervoermiddel te kiezen; hoogstens als motivatie waarom men niet met het openbaar vervoer reist. Ook bij een toenemende reistijd-onbetrouwbaarheid zal de reiziger niet snel van vervoerswijze veranderen. Men kiest er vooral voor te vertrekken op een eerder tijdstip², of om helemaal niet te veranderen. Veranderen van route staat op de derde plaats, met name bij autoverkeer en openbaar vervoer³.

Dat men niet snel overstapt naar een ander vervoermiddel, is verklaarbaar uit het feit dat de ervaringsbetrouwbaarheid van alle vervoermiddelen beter is dan de imagobetrouwbaarheid. Aanpassingen van mobiliteitsgedrag als gevolg van reistijd-onbetrouwbaarheid zijn dus beperkt tot het vertrektijdstip en alternatieve routes.

Reistijd-onbetrouwbaarheid als maatschappelijk probleem

Reistijd-onbetrouwbaarheid is niet alleen een individueel probleem maar ook een maatschappelijk probleem. Zoals gezegd, de reistijd-onbetrouwbaarheid heeft voor de reiziger immers verschillende gevolgen: te laat komen en stress. Verschillende maatschappelijke ontwikkelingen maken het aannemelijk dat het steeds moeilijker zal zijn de gevolgen van reistijd-onbetrouwbaarheid op te vangen. Dit geldt zowel voor individuen als voor het bedrijfsleven.

De moderne samenleving kenmerkt zich door een toenemende tijds-krapte (Harms 2003). Omdat we steeds minder vrije tijd hebben, wordt het moeilijker om veiligheidsmarges rondom de reistijd in te bouwen. Tweeverdienershuishoudens en vooral taakcombineerders hebben met deze tijds-krapte te maken (Jansen e.a. 2001). Voor de laatsten is het van groot belang dat zij goed kunnen inschatten hoe laat ze van hun werk weg moeten om bijvoorbeeld hun kinderen op tijd uit het kinderdagverblijf op te halen, of om de boodschappen voor oma te kunnen doen. De bevinding van Lam & Small (2001) dat betrouw-

baarheid voor vrouwen belangrijker is dan voor mannen lijkt ook een bevestiging van het belang van betrouwbaarheid voor taakcombineerders. Vrouwen behoren immers (veel) vaker tot deze categorie dan mannen. Uit het artikel van Noland & Polak (2002) blijkt eveneens dat mensen met kinderen het erger vinden om te laat te komen dan mensen zonder kinderen.

De problemen met taakcombinatie zijn het gevolg van drie soorten knelpunten: beschikbaarheid in de tijd (openingstijden e.d.), ruimtelijke plaatsing en bereikbaarheid van faciliteiten (spreiding, ligging t.o.v. o v, e.d.) en toegankelijkheid in sociaal-economische en sociaal-culturele zin (bijv. het zich de toegankelijkheid kunnen veroorloven) (V R O M raad 2000). Zowel de beschikbaarheid in de tijd als de bereikbaarheid van locaties hangen nauw samen met de reistijd-betrouwbaarheid. Vertragingen en congestie vormen hierbij een belangrijke bron van conflicten, die taakcombineerders behoorlijk in de problemen kan brengen.

Als het de Nederlandse samenleving ernst is met het stimuleren van de arbeidsparticipatie, met name van vrouwen, dan moet beleid zich vooral richten op de problemen waar taakcombineerders in de praktijk tegenaan lopen. Onbetrouwbaarheid van reistijden blijkt een belangrijke oorzaak van deze problemen te zijn. Hetzelfde geldt voor de verantwoordelijke samenleving waarin mensen zorgen voor hun familieleden en naasten.

Maar ook voor het bedrijfsleven is de betrouwbaarheid van reistijden van groot belang. Uit onderzoek blijkt dat zakelijke reizigers een groter belang hechten aan reistijd-betrouwbaarheid dan niet-zakelijke reizigers (Carlsson 1999). Een verklaring hiervoor is dat de 'value-of-time' hoger ligt. Vooral zakelijke reizigers die veel reizen, hebben relatief vaak last van onbetrouwbaarheid. De tijd die ze daarmee verliezen, of die ze als marge hadden ingebouwd, gaat direct ten koste van hun productiviteit. Zakelijke reizigers zijn gevoeliger voor veranderingen in reistijd dan voor veranderingen in prijs (Carlsson 1999).

2. Ook bij een toenemende betrouwbaarheid van vervoerwijzen is het vertrektijdstip het meest flexibel. De bevinding dat aanpassing van het tijdstip de meest voorkomende aanpassingsstrategie is, wordt trouwens door diverse andere studies ondersteund (zie bijvoorbeeld Stern 2002, Noland & Polak 2002 en Palma & Rochat 1999). Bij modellering van reistijd- en betrouwbaarheidswaardering wordt in de meeste studies eveneens uitgegaan van de strategie om het vertrektijdstip aan te passen (zie bijvoorbeeld het overzichtsartikel van Bates e.a. 2001).

3. De oorspronkelijke routekeuze wordt hoogstwaarschijnlijk wel sterk beïnvloed door de vervoermiddelkeuze.

Ook voor goederenvervoer speelt reistijdbetrouwbaarheid een belangrijke rol (NCHRP 2001). De reistijdwaarde voor dit vervoer ligt hoger dan voor zakelijke autoreizigers (Jong e.a. 1993). Strakke tijdschema's, just-in-time deliveries en multimodale vervoersketens maken betrouwbaarheid van steeds groter belang voor een goede gang van zaken binnen veel bedrijven. Onbetrouwbaarheid is een kostenpost. Deze leidt immers tot leveringsonzekerheid, tot de noodzaak om grotere voorraden aan te houden, of zelfs tot het stoppen van de productie of van leveranties op het moment dat voorraden onverhoopt opraken. Vooral multimodaal vervoer is gevoelig voor onbetrouwbaarheid (zie Regan & Golob 2000 en Golob & Regan 2001). Dat is een grotere kostenpost dan de reistijd zelf (Allen e.a. 1985).

Conclusies

In dit hoofdstuk hebben we de definitie van betrouwbaarheid beperkt tot de variatie in reistijd voor het autoverkeer. Voor de meeste reizigers blijkt de betrouwbaarheid belangrijker te zijn dan de feitelijke reistijd. Immers: zijn de afwijkingen in reistijd te voorspellen, dan kunnen reizigers hierop tijdig anticiperen. De meeste mensen kiezen hierbij als strategie een vroegere vertrektijd; anderen kiezen voor een andere route. Omdat de gevolgen van de reistijd onbetrouwbaarheid steeds moeilijker op te vangen zijn, zowel voor individuen als voor het bedrijfsleven, gaat het hierbij in toenemende mate om een maatschappelijk probleem. Dit onderstreept het belang van het fenomeen betrouwbaarheid van de bereikbaarheid.

Reistijdbetrouwbaarheid geanalyseerd

Inleiding

In het vorige hoofdstuk is het begrip reistijd-betrouwbaarheid geïntroduceerd en nader omschreven. In onze mobiele samenleving blijkt de betrouwbaarheid van de reistijd van groot maatschappelijk belang. In dit hoofdstuk analyseren we de betrouwbaarheid van het Nederlandse wegennet. We doen dit in de eerste plaats aan de hand van de ontwikkeling van de mobiliteit en de daaruit voortvloeiende toenemende belasting van het wegennet; zij voeden de hypothese dat de onbetrouwbaarheid kan afnemen. Vervolgens kijken we naar de feitelijke betrouwbaarheid op een aantal snelwegtrajecten in Nederland, en vooral ook naar de verschillen daartussen. Ten slotte onderzoeken we in hoeverre de reistijd op verschillende snelwegtrajecten door de tijd – in de loop van een dag, week of jaar – verandert en in hoeverre deze verandering vaste, en dus voorspelbare, patronen volgt.

Betrouwbaarheid in relatie tot infrastructuur, mobiliteit en bereikbaarheid

Over het algemeen wordt bereikbaarheid gedefinieerd als de hoeveelheid tijd, geld en moeite die het kost om de afstand te overbruggen en een gewenste bestemming te bereiken. Het begrip betrouwbaarheid van bereikbaarheid heeft te maken met elk van deze elementen. In deze publicatie concentreren we ons echter op de betrouwbaarheid van de reistijd. Naarmate deze een groter probleem wordt, wordt zij ook een belangrijker component in de gehele bereikbaarheid.

De betrouwbaarheid van vervoersvoorzieningen, zoals wegen, wordt bepaald door het aanbod en door de belasting. Bij het aanbod gaat het vooral om de bedrijfszekerheid – gevoeligheid voor zware belasting, weer, technische storingen –,

de staat van onderhoud en de uitwijkmogelijkheden die het systeem biedt. Bij de belasting gaat het om het aantal gelijktijdige gebruikers en de mate waarin zij de grenzen van de capaciteit benaderen.

Toenemende belasting van de netwerken

De laatste decennia zijn de mobiliteit en het autogebruik in Nederland, ondanks alle beleidsdoelstellingen en maatregelen om deze te beperken, fors toegenomen. Deze ontwikkeling kan worden gevolgd aan de hand van cijfers uit het Onderzoek Verplaatsingsgedrag (OVG) van het CBS (figuur 1).

Het totaal aantal afgelegde kilometers per persoon per dag is met zo'n 17 procent gegroeid, van 29,6 km in 1985 tot 34,6 in 2002. In deze periode schommelde het aantal verplaatsingen per persoon per dag enigszins, om in 2002 weer terug te zijn op de waarde van 1985, namelijk 3,08. De gemiddelde verplaatsingsafstand is toegenomen van 9,6 km tot 11,2 km, waarschijnlijk mede als gevolg van ruimtelijke schaalvergrotingsprocessen. De totale mobiliteit in Nederland groeide echter nog sterker. Doordat de bevolking van Nederland in deze periode toenam van 14,4 tot 16,1 miljoen – een groei van ruim 11% –, liep ook het totaal aan afgelegde personenkilometers op van 144,2 tot 189,3 miljard kilometer per jaar; dat is een toename van ruim 31 procent.

In deze totale vervoersprestatie heeft de auto een groot en groeiend aandeel: 74,2 procent in 1985 en 76,2 procent in 2002. Doordat de gemiddelde autobezetting afnam van 1,71 personen per auto naar 1,57, groeide het aantal autokilometers met 47 procent, van 62,7 tot 91,9 miljard. Meer dan de helft van deze autokilometers werd afgelegd op de autosnelwegen. In 2001 bedroeg de totale

vervoersprestatie op de rijkswegen 56,7 miljard autokilometers, waarvan 51,4 miljard op de autosnelwegen (AVV, vervoersprestatie rijkswegen 2001). Het gebruik van de snelwegen is tussen 1986 en 2000 verdubbeld, terwijl het aantal rijstrookkilometers toenam met slechts 12 procent (gegevens AVV, bewerking RPB).

Zo werd het wegennet steeds verder belast. Tussen 1994 en 2002, dus in een periode van acht jaar, nam de verkeersintensiteit op het Nederlandse wegennet toe met 27 procent, en op de autosnelwegen zelfs met 30 procent (Indexcijfers verkeersintensiteit CBS, CBS Statline). Belangrijker dan deze algehele toename is dat hierdoor lokaal capaciteitsproblemen zijn ontstaan. Tussen 1986 en 2000 nam het percentage zwaar belaste snelwegtrajecten in de Randstad toe van vier naar rond de 50 procent (zie figuur 2). Ook buiten de Randstad raken steeds meer snelwegen zwaar belast.

De situatie lijkt in de Randstad ernstiger dan in de grootstedelijke gebieden in aangrenzende landen. In een vergelijking van de kwaliteit van het wegennet tussen de Randstad, het Rijn/Ruhrgebied en de Vlaamse Ruit komen Hilbers e.a. (1996) tot opvallende verschillen. De Randstad heeft een goed toegankelijk snelwegennet, met hoge deur-tot-deursnelheden, maar ook een beperkte capaciteit en een intensief gebruik. In Nederland is het regionale wegennet sterk gefragmenteerd; het meeste regionale verkeer wordt afgehandeld via de goed toegankelijke autosnelwegen. Hierdoor is het gebruik van het snelwegennet zo'n 20 procent intensiever dan in aangrenzende grootstedelijke regio's (cijfers uit 1994). Het wegennet is kwetsbaar doordat een goed regionaal wegennet ontbreekt, dat als alternatief kan dienen wanneer het verkeer op de snelweg vast staat door ongelukken, wegwerkzaamheden of massale drukte.

Conclusies

Verskillende ontwikkelingen hebben ertoe geleid dat het gebruik van het hoofdwegennet de afgelopen decennia sterk is toegenomen:

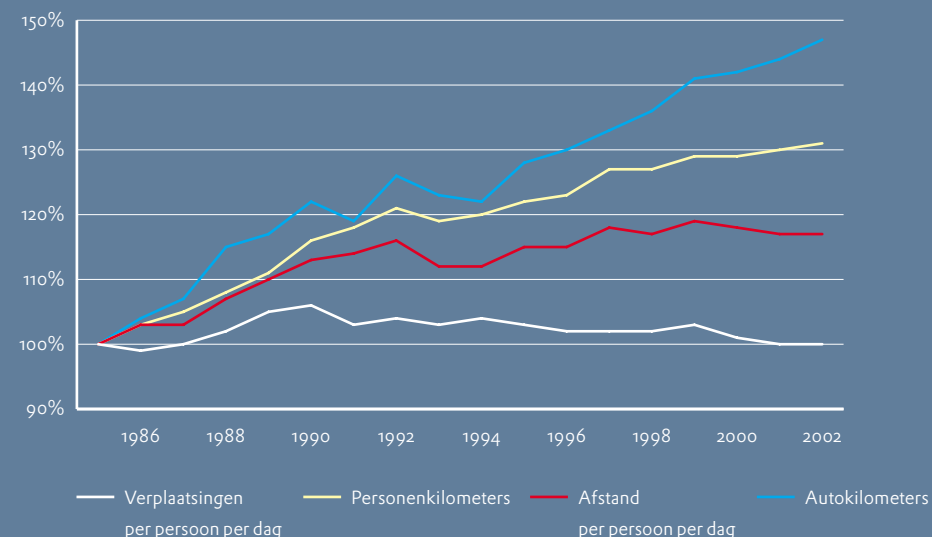
toename van de gemiddelde verplaatsingsafstand, bevolkingsgroei, groei van het aandeel verplaatsingen per auto, afname van de gemiddelde autobezetting, concentratie van verplaatsingen op het hoofdwegennet. Doordat de capaciteit van dat hoofdwegennet in dezelfde periode minder sterk toenam, nam de belasting ervan steeds verder toe. Dit probleem speelt in Nederland, waar een groter aandeel van de verplaatsingen over het snelwegennet wordt afgewikkeld, sterker dan in omliggende landen.

Vooraf in de Randstad lijkt nu een situatie te ontstaan waarin de belangrijkste verbindingen hun capaciteitsgrenzen bereikt hebben. Zodra er ergens iets mis gaat, kan het systeem de gevolgen moeilijker opvangen en planten de gevolgen van incidenten zich over het netwerk voort. Het netwerk wordt dus kwetsbaar. Zo kan een gekantelde vrachtwagen op een belangrijk verkeersknooppunt het verkeer in een groot deel van de Randstad doen vastlopen. Deze instabiliteit kan leiden tot grotere onbetrouwbaarheid van de reistijden. Maar hoe groot is de onbetrouwbaarheid nu eigenlijk?

Reistijdbetrouwbaarheid als meetopgave

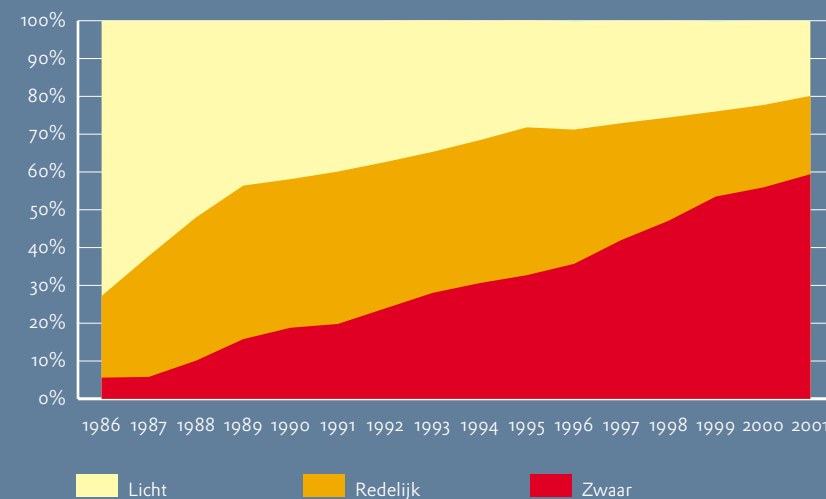
Om de betrouwbaarheid van de reistijden in een bepaalde regio, op een verbinding of op een stuk route te kunnen beoordelen, zijn methodes nodig die de betrouwbaarheid meten. Op basis van deze betrouwbaarheidsmaten moet een goede vergelijking gemaakt kunnen worden. Over het algemeen zijn de spreiding van de reistijden en de voorspelbaarheid van de reistijden van belang bij het meten van betrouwbaarheid. Inzicht in de spreiding van reistijden kunnen we verkrijgen door statistische analyse. Hiervoor moeten voldoende waarnemingen beschikbaar zijn voor bepaalde situaties, bijvoorbeeld voor al het woon-werkverkeer naar het stadscentrum. Idealiter worden deze reistijden 'real time' en ter plekke verzameld. Dit is echter een kostbaar en tijdsintensief proces. Als alternatief kunnen reistijden ook gegenereerd worden door simulatie, op basis van wat bekend is over de kans op congestie en andere bronnen van vertraging.

Figuur 1. Ontwikkeling geselecteerde mobiliteitsindicatoren, 1985-2002



Bron: OVG, CBS, bewerking RPB

Figuur 2. Autosnelwegennet Randstad naar belastingsgraad



Bron: gegevens AVV, bewerking RPB

Zoals eerder betoogd, is het moeilijk om precies aan te geven welke variaties in reistijden voor- spelbaar zijn en welke niet. Wel kan een onderscheid worden gemaakt tussen herhaalde en incidentele vertragingen. Aangezien de ervaren reiziger meestal rekening houdt met 'de gebruikelijke files', is voor de studie van betrouwbaarheid de incidentele file wellicht van groter belang. Vanuit het oogpunt van de gebruiker van het netwerk is het bovendien nuttig wanneer een betrouwbaarheidsmaat iets zegt over bijvoorbeeld de extra reistijd die in verband met onbetrouwbaarheid moet worden ingecalculeerd. Dit kan grote invloed hebben op het activiteitenpatroon van de betrokkenen.

In de literatuur kunnen drie groepen betrouwbaarheidsmaten worden onderscheiden (vergelijk Booz-Allen & Hamilton 1998; Shaw & Jackson 2002; en Lomax e.a. 2001):

- Maten gebaseerd op een spreiding in reistijden. Dit zijn de gebruikelijke statistische spreidingsmaten, zoals standaarddeviatie en variatiecoëfficiënt.
- Maten gebaseerd op verschillen tussen de reistijden met vertraging en verwachte reistijd. Dit verschil kan worden geïnterpreteerd als een tijds marge: de tijd dat iemand vroeger moet vertrekken om een bepaalde zekerheid te hebben dat hij/zij op tijd op de bestemming aankomt. Belangrijk hierbij is de keuze voor wat wordt gehanteerd als verwachte reistijd.
- Maten gebaseerd op de kans om 'op tijd' te komen. Dit wordt meestal uitgewerkt als de kans om aan te komen binnen een reistijd die kleiner is dan de verwachte reistijd plus een bepaalde, maximaal aanvaardbaar geachte vertraging. Ook hierbij moet weer een keuze gemaakt worden ten aanzien van de verwachte reistijd. Vaak wordt hiervoor de mediaan gehanteerd: de karakteristieke reistijd waarvoor geldt dat het in de helft van de dagen sneller gaat, maar in de andere helft van de dagen langzamer. Daarnaast moet worden vastgesteld hoe groot de maximaal aanvaardbare vertraging mag zijn.

Variatiecoëfficiënt

De variatiecoëfficiënt geeft aan hoe groot de variatie, in procenten, is ten opzichte van de (rekenkundig) gemiddelde reistijd. Een hoger percentage duidt op een lagere betrouwbaarheid. Een belangrijk voordeel van deze maat is dat hij afstand- en tijdneutraal is. Een nadeel is dat het een minder goede maat is wanneer de reistijdverdeling erg scheef is. In de praktijk valt dit echter meestal mee. In formulevorm ziet de variatiecoëfficiënt er als volgt uit:

$$\text{Variatiecoëfficiënt} = \frac{\text{Standaard deviatie}}{\text{Gemiddelde reistijd}} \times 100\%$$

Ellende-index (Misery Index)

De Ellende-index richt zich voor de slechtste situaties op de lengte van de vertragingen. Deze vertraging wordt berekend door de gemiddelde reistijd af te trekken van de traagste 10, 15 óf 20 procent van de reistijden.

$$\text{Ellende Index} = \frac{\text{Gemiddelde van de reistijde van de langste 20\% van de ritten} - \text{Gemiddelde van de reistijden voor alle ritten}}{\text{Gemiddelde reistijd}}$$

Buffertijdindex (Buffer Time Index)

Deze maat berekent hoeveel extra tijd nodig is om in 95 procent van de gevallen op tijd te komen. Dit is vergelijkbaar met ongeveer één dag per maand te laat op het werk komen. Door deze zogenoemde buffertijd te delen door een gemiddelde reistijd (bijvoorbeeld de mediaan) wordt een tijd- en afstandonafhankelijke maat verkregen. Een dergelijke relatieve maat kan gebruikt worden om regio's te vergelijken op de variatie van reistijden over de weg. Als formule ziet deze maat er als volgt uit:

$$\text{Buffertijd Index} = \frac{\text{Gemiddelde reistijd over alle secties (gewogen naar VKM)} \left[\frac{95\text{ste percentiel reistijd (in minuten)} - \text{Gemiddelde reistijd (in minuten)}}{\text{Gemiddelde reistijd}} \right] \times 100\%}$$

Percentielen en reistijdprofielen

Vaak wordt betrouwbaarheid van reistijden grafisch weergegeven met behulp van de mediaan (of gemiddelde) en één of meerdere percentielen. Een dergelijke grafiek wordt 'reistijdprofiel' genoemd. Vooral waar het gaat om een vergelijking tussen verschillende gebieden of groepen relaties, of om een ontwikkeling in de tijd, is dit een informatieve wijze van presenteren. Zo kunnen zowel de te verwachten reistijd als de betrouwbaarheid in één oogopslag op dezelfde schaal worden afgelezen. Daarbij komt het gebied tussen de mediaan (of gemiddelde) en het vijftennegentigste (of andere relevante) percentiel overeen met de buffertijd. De verhouding tussen dit gebied en het gebied onder de mediaan (of gemiddelde) is dan de *relatieve buffertijdindex*.

Keuze voor een maat

Het is lastig om uit de beschikbare diversiteit aan maten één 'ultieme' maat aan te wijzen. Die keuze is afhankelijk van het doel dat met het gebruik van de maat wordt nagestreefd. De buffertijdindex lijkt een geschikte maat voor gebruikers van het wegennet. Deze maat geeft een goede indicatie van de reistijd in minuten die moet worden uitgetrokken om een grote kans te hebben ergens op tijd te komen. Om dit absolute aantal minuten te bepalen moet vervolgens wel de relatieve buffertijdindex worden losgelaten op de verwachte mediane reistijd.

De meer statistisch getinte maten als standaarddeviatie en variatiecoëfficiënt zijn geschikter voor diegenen die de prestatie van het wegennet onderzoeken; zij zijn meer relevant voor wegbeheerders. Aan de hand van deze maten kan de betrouwbaarheid van verschillende routes en regio's worden vergeleken. Ook de te bestuderen eenheid van het wegennet speelt een rol bij de keuze. Maten als de ellende-index of de buffertijdindex zijn vooral geschikt om een route (een verzameling van lijnstukken) te bestuderen, terwijl de standaarddeviatie ook goed per lijnstuk gebruikt kan worden.

Voor de betrouwbaarheid op het niveau van herkomst-bestemmingsrelaties of verplaatsingen gebruiken we in dit boek zoveel mogelijk de 95%-buffertijd en de 95%-buffertijdindex. Hiermee geven we, afhankelijk van de situatie, een absoluut of relatieve waarde aan. In grafische presentaties geven we het verschil weer tussen de mediaan en het vijftennegentigste percentiel. De gemiddelde reistijd die in de berekening van de relatieve buffertijdindex wordt gebruikt, is hierbij steeds de mediaan van de reistijden. In sommige gevallen is informatie overgenomen van de AVV, waarbij het vijftachtigste percentiel is gehanteerd. In dat geval is natuurlijk de 85%-bufferindex gehanteerd. Voor analyse van reistijden op individuele wegsegmenten is een reistijdbuffer een minder zinvolle maat. In dat geval gebruiken we algemeen gangbare statistische maten als de variatiecoëfficiënt of de standaarddeviatie. Waar de variatie wordt uitgesplitst in de effecten van verschillende oorzaken, gebruiken we de variantie, die zich het eenvoudigst laat uiteenleggen.

De huidige onbetrouwbaarheid op het Nederlandse snelwegennet

Voor een kwantitatief beeld van de betrouwbaarheid op het Nederlandse wegennet worden hier gegevens gebruikt van het Ministerie van Verkeer & Waterstaat. In het kader van het project 'Trajectnsnelheden' heeft de AVV reistijdgegevens verzameld voor iedere twee minuten op elke werkdag in 2001, over vijf routes in beide richtingen: Eindhoven-Tilburg, Beesd-Utrecht, Gorinchem-Utrecht, Gouda-Den Haag en Purmerend-Amsterdam. Deze trajecten zijn ongeveer 30 kilometer lang en kunnen onder ideale omstandigheden in 15 tot 20 minuten worden afgelegd. Figuur 3 laat zien hoe de gemiddelde reistijd over deze tien trajecten varieert met de tijd van de dag. Inderdaad ligt de mediaan het grootste deel van de dag iets onder de 20 minuten. In de ochtend- en avondspts echter vertoont hij twee duidelijke pieken, met een gemiddelde reistijd van rond de 25 minuten; een vertraging dus van 25 procent. Opvallender is echter de bandbreedte in reistijd.

In figuur 3 zijn naast de mediaan ook de 5%- en 95%-lijnen aangegeven; dit zijn lijnen voor de snelste en de langzaamste vijf procent aan reistijden. De snelste vijf procent volgt een rechte lijn net boven de reistijd bij goede doorstroming ('free flow'). De langzaamste vijf procent laat zeer lange reistijden zien in de spits, maar ook vertragingen in de periode tussen de spitsen en in de avond. De bandbreedte in reistijd – het verschil tussen de snelste en de langzaamste 5% aan reistijden – varieert dus van enkele minuten 's nachts tot 26 minuten tijdens de spits. Dit laatste getal is vergelijkbaar met de gemiddelde reistijd tijdens de spits. De onzekerheid van de reistijden tijdens de spits is dus even groot als die reistijden zelf. Ook in de daluren overdag, tussen de spitsen, is de onzekerheid van de reistijden aanzienlijk¹.

Wat de verschillen zijn tussen de vijf trajecten en hun beide richtingen tijdens de spitsuren, is zichtbaar gemaakt in figuur 4. In deze figuur lijkt Eindhoven-Tilburg het meest betrouwbare traject met een 95%-buffertijd van ongeveer 4 minuten: het verschil tussen de mediaan en de 95%-lijn bedraagt 4 minuten. Daarna heeft Amsterdam-Purmerend de laagste 95%-buffertijd: circa 15 minuten. In absolute zin lijkt ook de reistijd van Tilburg naar Eindhoven goed betrouwbaar. Echter: doordat de gemiddelde reistijd op dit traject kort is, is de relatieve variatie toch tamelijk groot. De grootste problemen treden op bij het traject Purmerend-Amsterdam, dat een 95%-buffertijd kent van zo'n 37 minuten. Relatief gezien moeten reizigers op dit traject rekening houden met een reistijd die bijna twee keer zo lang is als de mediane reistijd om met 95 procent zekerheid op tijd aan te komen.

Bij vier van de vijf trajecten gaat het om verbindingen tussen grote steden in de Randstad en hun forenzengebieden. Deze trajecten kennen een veel grotere reistijdvariatie dan het traject Eindhoven-Tilburg v.v. Gezien de tamelijk grote variaties binnen deze tien trajecten, is het voor

een beeld van de variatie in heel Nederland, en met name van de ruimtelijke verschillen daarin, nuttig om meer trajecten te bestuderen. Het project 'Trajectsnelheden' van de AVV levert reistijdgegevens over een aantal trajecten op snelwegen zowel binnen als buiten de Randstad; het gaat om 33 trajecten in beide richtingen, waaronder ook de tien bovenstaande (zie themasite trajectsnelheid op de website van de AVV – www.rws-avv.nl). De reistijdgegevens betreffen werkdagen. Voor deze trajecten is onder andere de gemiddelde snelheid in de maatgevende spitsperiode – de periode en richting die het drukst zijn – berekend. Uit deze gegevens is duidelijk te zien dat de problematiek zich toespitst op een aantal gebieden in de Randstad: rondom Amsterdam, in de driehoek tussen Gouda, Rotterdam en Den Haag, en ten zuiden van Utrecht.

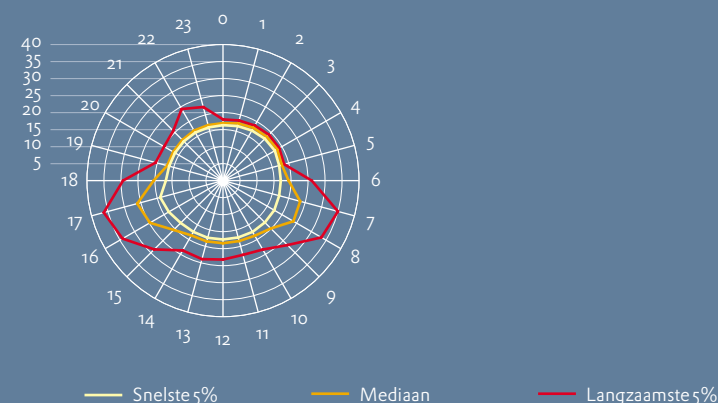
Behalve de gemiddelde snelheden is ook de variatie in reistijden bekend: de mediaan en de vijftiende en vijftachtigste percentielen van de reistijd op ieder traject, naar tijdstip van de dag. Hieruit kan de 85%-buffertijdindex worden berekend. Het resultaat varieert sterk tussen de trajecten. Zo is voor het traject tussen Heerlen en Maasbracht deze buffertijdindex 4 procent, en voor Almere-Amsterdam is hij 59 procent.

Ook de reistijdbetrouwbaarheid is een probleem dat zich vooral in de Randstad concentreert. De 85%-buffertijdindex bedraagt voor de trajecten in de noordelijke Randstad gemiddeld 37 procent en in de zuidelijke Randstad gemiddeld 36 procent. Buiten de Randstad is deze index 24 procent.

Het ligt voor de hand dat een en ander samenhangt met de drukte op de weg. In ieder geval blijkt er een verband te bestaan tussen de gemiddelde spitsvertraging – het verschil tussen de gemiddelde reistijd op het drukste moment in de spits en de laagste reistijd buiten de spits – gedeeld door die laagste reistijd buiten de spits – en de variatie (buffertijdindex).

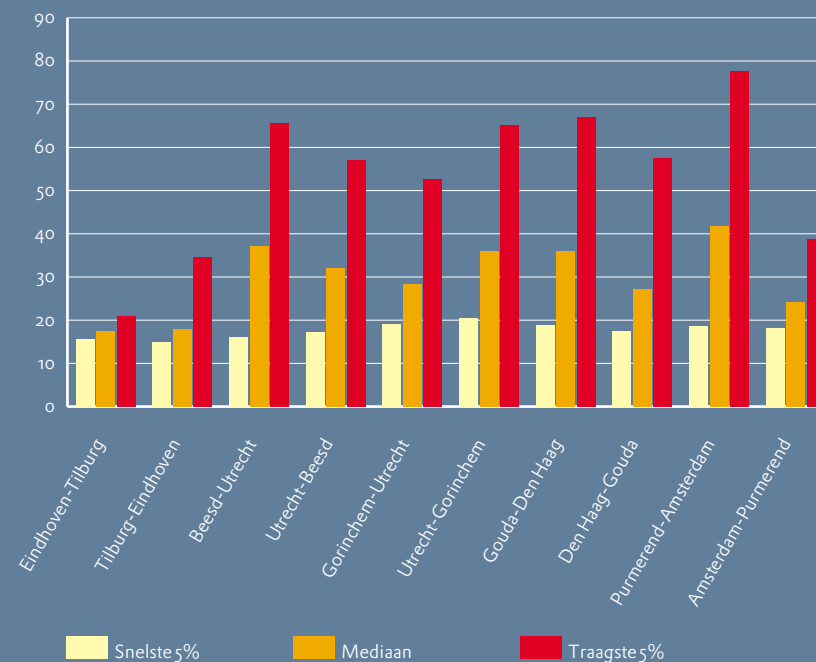
1. Hierbij moet worden opgemerkt dat de bandbreedte wordt beperkt, doordat per tijdstip het gemiddelde over de tien trajecten is genomen. Op individuele trajecten is de bandbreedte soms aanmerkelijk groter.

Figuur 3. Mediane reistijd en snelste en langzaamste 5 procent aan reistijd op verschillende (vertrek)tijdstippen van de dag (gemiddeld over 10 trajecten voor alle werkdagen in 2001)



Bron: Transpute (2002), bewerking RPB

Figuur 4. Mediane reistijd en snelste en langzaamste 5% tijdens de spits voor 10 trajecten (gemiddeld over alle werkdagen in 2001)



Bron: Transpute (2002)

Figuur 5 laat zien dat dit verband grofweg rechtlijnig is en bijna door de oorsprong gaat. Uit de figuur is echter ook duidelijk dat het verband niet heel sterk is: de punten liggen gespreid in een wijde band om de denkbeeldige lijn heen. Hoewel de buffertijdindex wel samenhang vertoont met de vertraging, is de variatie zeker niet zonder meer te voorspellen uit de drukte op de weg.

Variaties in betrouwbaarheid in de tijd

Variaties in de loop van een dag

De betrouwbaarheid in de loop van de dag vertoont grote verschillen. Dit illustreren we aan de hand van het traject Beesd-Utrecht v.v., als typisch voorbeeld van een forenzenverbinding.

Figuur 6 laat duidelijk zien dat zowel de mediane reistijd en de bandbreedte in reistijd in de relevante spitsperiode sterk toenemen. Daarbij tekent de ochtendspits zich iets scherper af dan de avondspits: tussen 7 en 8 uur bedraagt de mediane reistijd van Beesd naar Utrecht bijna 40 minuten, tegen zo'n 16 minuten in de vroege ochtend; de bandbreedte tussen de snelste en langzaamste 5 procent in die spits bedraagt 55 minuten. Tussen 17 en 18 uur bedraagt de reistijd van Utrecht naar Beesd ruim 30 minuten; de bandbreedte is 45 minuten. Opvallend is verder dat er in de richting Beesd-Utrecht in de avondspits duidelijk sprake is van een grotere bandbreedte in reistijd dan op de rest van de dag – het verschil is ongeveer 15 minuten, terwijl de mediane reistijd op dat moment nauwelijks afwijkt van die op de rest van de dag. Dit is onbetrouwbaarheid op zijn duidelijkst: geen vaste vertragingen, maar wel met enige regelmaat een vertraging van een kwartier. De grote spreiding in reistijden in de richting Utrecht-Beesd tussen 22 en 24 uur is waarschijnlijk te wijten aan nachtelijke wegwerkzaamheden. Overigens is hiermee de omvang van de onbetrouwbaarheid op dit traject nog niet volledig in kaart gebracht; incidenteel treden nog grotere vertragingen op. Deze zijn weergegeven in figuur 7.

Figuur 7 laat zien dat de vertragingen in incidentele gevallen kunnen oplopen tot twee uur op

een traject dat normaal gesproken in een kwartier wordt afgelegd. Hoewel de kans op grote vertragingen het grootst is tijdens de relevante spitsperiode, blijken extreme vertragingen op ieder moment van de dag te kunnen optreden, met uitzondering van de diepe nacht. In beide richtingen zien we dat de kans op extreme vertragingen in de late avond (tussen 22 en 24 uur) relatief groot is. Vaak zal dit te wijten zijn aan werkzaamheden, maar ook ongevallen kunnen deze nachtelijke vertragingen veroorzaken.

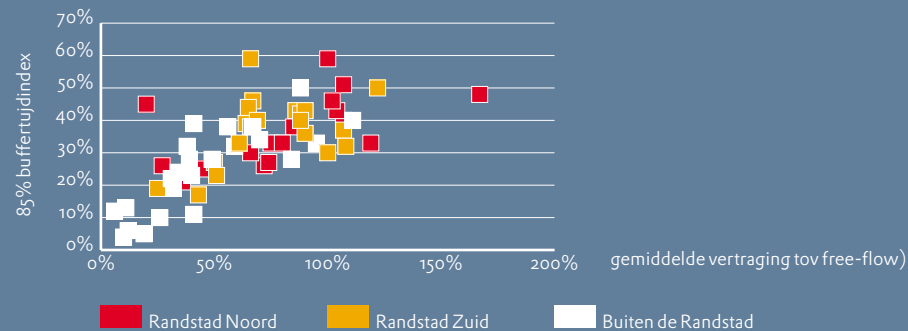
Variatie over een langer tijdsbestek

De variatie van reistijden en betrouwbaarheid in de loop van de dag is dus groot. Vanuit het oogpunt van ervaren betrouwbaarheid is dat niet het belangrijkste. Wie veel verplaatsingen op verschillende tijdstippen maakt, heeft wel een globaal beeld van de vertragingen die hij in de spitsuren kan verwachten. De variatie over de dagen van de week, en in de loop van het jaar, zijn in dat opzicht van groter belang, evenals de niet-periodieke variatie.

De variatie over de dagen van de week blijkt gering te zijn: gemiddeld genomen verschilt de reistijd op verschillende dagen van de week niet al te veel. Ook is de variatie op alle dagen ongeveer gelijk. Wel verschilt het moment waarop de spits zich voordoet tussen de dagen van de week. Zo is op maandag de ochtendspits iets scherper en is de avondspits duidelijk minder scherp dan op andere dagen; op vrijdag is de ochtendspits zwakker terwijl de avondspits over een langere periode is uitgesmeerd. De variatie van de reistijd volgt een zelfde patroon.

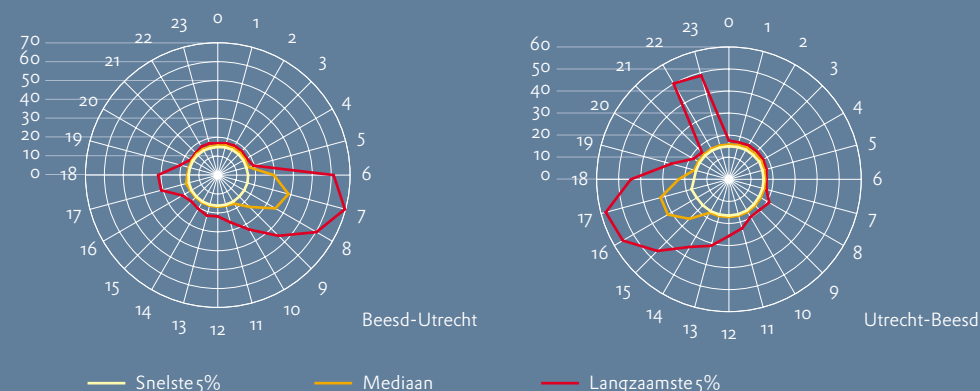
De verschillen tussen de maanden van het jaar zijn beter te herkennen dan die tussen de dagen van de week. In de daluren zijn de verschillen tussen de maanden gering, maar in de spits is de variatie in sommige maanden veel groter dan in andere. Hierin zijn ook verschillen tussen trajecten te herkennen. Algemeen gesproken zijn er vooral in april en december pieken in de variatie, terwijl de zomervakantie juist zorgt voor een geringe variatie in juli.

Figuur 5. Het verband tussen gemiddelde vertraging en variatie in de drukste spits



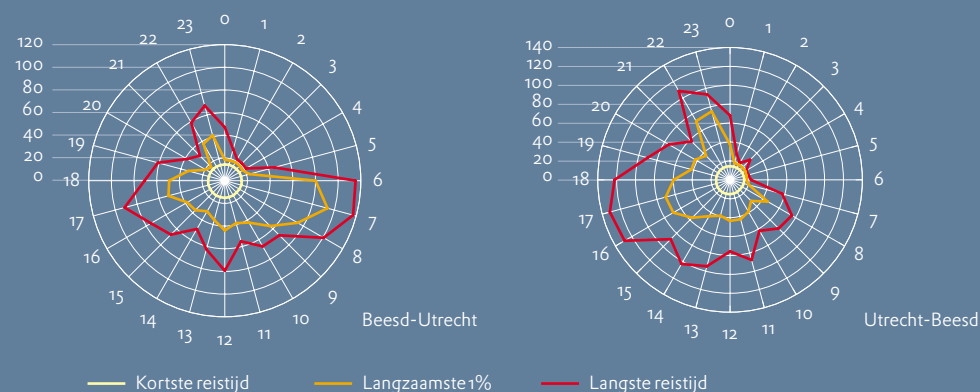
Bron: AVV, website trajectreistijd, bewerking RPB

Figuur 6. Mediane reistijd en snelste en langzaamste 5% in de loop van de dag, Beesd-Utrecht vv



Bron: Transpute (2002), bewerking RPB

Figuur 7. Extremen in reistijden: minimale reistijd, langzaamste 1% en maximale reistijd in de loop van de dag, Beesd-Utrecht vv



Bron: Transpute (2002), bewerking RPB

Op verschillende tijdschalen zijn er dus regelmatig terugkerende patronen. Dit geldt zowel voor de te verwachten reistijden als voor de variatie in de reistijden rondom die te verwachten reistijd. Voor een frequente en ervaren automobilist zijn deze patronen bekend. Wie dagelijks op een bepaald traject rijdt, weet op een gegeven ogenblik hoe laat de files beginnen, op welke dagen het verkeer het meest vastzit en wanneer het vanwege de vakantie goed doorstroomt. Maar niet alle weggebruikers zijn ervaren. De vraag is dan welk deel van de variatie in reistijden ook voor deze reizigers voorspelbaar is en welk deel onvoorspelbaar. Daarbij kijken we voornamelijk naar de regelmatig terugkerende patronen in de te verwachten reistijden: welk deel van de reistijdvariatie hangt samen met het tijdstip van de dag, de weekdag of het seizoen, en welk deel niet. Dit is voor de tien trajecten, in de spits- en daluren – tussen 6 en 9 uur 's ochtends en tussen 16 en 18 uur 's middags – nagegaan met behulp van een variantieanalyse (figuur 8). In een volgend hoofdstuk komen we terug op de incidentele oorzaken van variatie, zoals weersomstandigheden, evenementen en wegwerkzaamheden, die eveneens voorspelbaar zijn wanneer de automobilist er maar van op de hoogte is.

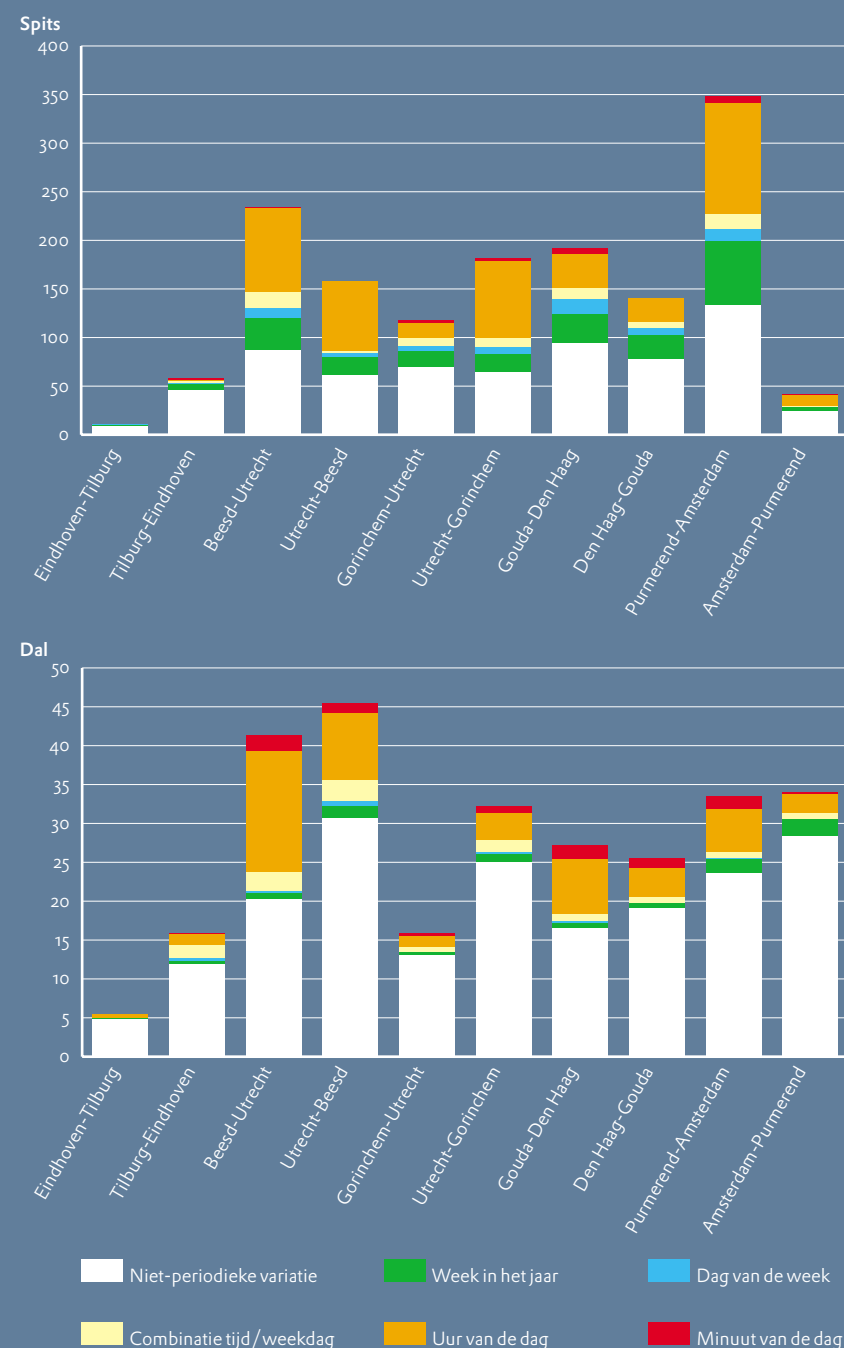
Voor alle tien trajecten is de variatie in reistijd in de spitsuren veel groter dan in de daluren. Hiernaast valt op dat in de spits een groter deel van deze variatie (gemiddeld 47% tegenover gemiddeld 27% in de daluren) optreedt in regelmatig terugkerende patronen. Voor alle trajecten is, zowel in de spits- als in de daluren, de fluctuatie over de dag het belangrijkste terugkerende patroon. Dit is in lijn met wat we eerder constateerden. Een uitsplitsing naar minuut van de dag blijkt niet zo veel toe te voegen ten opzichte van een uitsplitsing naar uur van de dag. Ook tussen de dagen van de week is de variatie op zichzelf bijna verwaarloosbaar klein. Daarentegen is de combinatie van weekdag met het tijdstip van de dag wel van belang: spitsuren zijn op verschillende dagen van de week immers duidelijker of vager, of vallen vroeger of later. Ook de week in het jaar draagt bij aan de totale periodieke

variatie, vooral in de spits; seizoensinvloeden zoals vakanties doen zich hier gelden.

Uit figuur 8 blijkt dat de hoeveelheid niet-periodieke variatie sterk wisselt tussen de trajecten. We noemen dit deel de niet-verklaarde variatie. In de spits is deze 81 procent voor het traject Eindhoven-Tilburg en maar 35 procent voor het traject Utrecht-Gorinchem; in de daluren varieert zij van 88 procent voor Eindhoven-Tilburg tot 49 procent voor Beesd-Utrecht. Dit percentage is duidelijk hoger naarmate de totale variatie in de reistijd kleiner is. Met andere woorden: waar de reistijd maar weinig fluctueert, is dat beetje variatie meestal het gevolg van oorzaken die niet samenhangen met terugkerende patronen door de tijd. Dit verklaart ook waarom het percentage niet-verklaarde variatie in de dalperiode hoger ligt dan in de spits: immers, in de dalperiode is de totale variatie in de reistijd veel kleiner. Dat het op bepaalde tijdstippen van de dag drukker is, is over het algemeen wel bekend. Variatie tussen tijdstippen op de dag, zowel regelmatig terugkerende als niet-periodieke variatie, maakt een groot deel uit van de totale variatie. Toch is deze voor de ervaren betrouwbaarheid waarschijnlijk minder van belang dan variaties tussen de dagen. Daarom is in figuur 9 de variatie tussen de dagen weergegeven.

Zoals de uren op een dag belangrijker waren dan de minuten, zo blijkt ook de week in het jaar (weeknummer) belangrijker te zijn dan de dag van de week. In de spits is ongeveer de helft van de dagvariatie terug te leiden op regelmatige patronen over de week en het jaar: het aandeel varieert van 28 procent op het traject Eindhoven-Tilburg tot 69 procent op het traject Purmerend-Amsterdam. In de daluren is het aandeel regelmatig terugkerende (dus 'voorspelbare') variatie iets kleiner: tussen 25 procent voor Eindhoven-Tilburg en 64 procent voor Purmerend-Amsterdam. Opvallend is de hoge dagvariatie op het traject Amsterdam-Purmerend. Op dit traject traden in 2001 op een aantal dagen gedurende een aanzienlijk deel van de dag grote vertragingen op, waarschijnlijk als gevolg van werkzaamheden.

Figuur 8. Reistijdvariatie (variantie) voor 10 trajecten naar bepalende tijdseenheid (variantie tussen minuten voor alle werkdagen in 2001)



Bron: Transpute (2002), bewerking RPB

Conclusies

Een aantal ontwikkelingen heeft ertoe geleid dat het gebruik van het hoofdwegennet de afgelopen decennia sterk is toegenomen. Dit in tegenstelling tot de capaciteit. Hierdoor hebben de belangrijkste verbindingen in de Randstad hun capaciteitsgrenzen bereikt. Het lijkt erop dat dit leidt tot een instabiele situatie op het netwerk, waardoor op zich kleine incidenten zouden kunnen leiden tot netwerkbrede verstoringen: de onbetrouwbaarheid van reistijden neemt toe.

Meetgegevens voor de Nederlandse snelwegen laten inderdaad zien dat de onbetrouwbaarheid van reistijden vaak groot is. De (95%)bufferindex op typische forensentrajecten zoals Purmerend-Amsterdam loopt op tot boven de honderd procent. Dat wil zeggen dat om in 95 procent van de gevallen op tijd aan te komen, een reistijdbuffer moet worden gehanteerd die groter is dan de eigenlijke reistijd zelf. Er blijken grote verschillen te bestaan tussen snelwegtrajecten naar plaats en tijd. De betrouwbaarheid is op de typische forensentrajecten in het westen van het land het slechtst. Rondom Amsterdam, in de driehoek Gouda-Den Haag-Rotterdam en ten zuiden van Utrecht treden de meeste files op en is de reistijd het minst voorspelbaar. Buiten de Randstad is de onbetrouwbaarheid aanzienlijk minder: ongeveer tweederde van die in de Randstad. Er is ook een duidelijk verband tussen de gemiddelde vertraging op de weg (gemiddelde spitsreistijd minus de reistijd bij een 'lege weg') en de betrouwbaarheid. Het punt waar het verkeer zo regelmatig vast staat dat de vertragingen groot maar zeer voorspelbaar zijn, is echter nog altijd niet bereikt, ook niet voor de spreekwoordelijke 'dagelijkse files'.

Betrouwbaarheid verandert in de tijd volgens duidelijk herkenbare patronen. Vooral het uur van de dag is hierbij belangrijk: in de spitsuren is de betrouwbaarheid slechter, vaak óók in de zogenoemde 'tegenspitsrichting' die een gemiddelde reistijd kent die nauwelijks langer is dan buiten de spits. De tegenspitsrichting lijkt dus instabieler in reistijden. Verder is de tijd van het

jaar van belang, vooral voor de betrouwbaarheid tijdens de spitsuren. Al met al volgt ongeveer de helft van de totale variatie tijdens de spits een vast patroon in de tijd; in de daluren is dat ongeveer een kwart.

Deze conclusies zijn gebaseerd op de gegevens van een beperkt snelwegtrajecten. Voor andere wegen zijn eenvoudigweg geen bruikbare gegevens over de reistijdbetrouwbaarheid voorhanden. Om iets te kunnen zeggen over de betrouwbaarheid op andere Nederlandse wegen, en om uitspraken te kunnen doen over de toekomstige ontwikkeling van de betrouwbaarheid en de mogelijkheden om deze te beïnvloeden, is het nodig om deze betrouwbaarheid met behulp van een model in kaart te brengen. Dit komt in het volgende hoofdstuk aan de orde.

Figuur 9. Reistijdvariatie voor 10 trajecten naar bepalende tijdseenheid (variantie tussen daggemiddelden voor alle werkdagen in 2001)



Bron: Transpute (2002), bewerking RPB

Reistijdbetrouwbaarheid gemodelleerd

REISTIJDBETROUWBAARHEID GEMODELLEERD

Inleiding

In het vorige hoofdstuk is de variatie in reistijden geanalyseerd. Om uitspraken te kunnen doen over toekomstige ontwikkelingen van de reistijdbetrouwbaarheid, en vooral over mogelijke strategieën om deze te beïnvloeden, moeten we echter ook inzicht hebben in de factoren die de variatie in reistijden veroorzaken. Daarnaast is het nodig om in beeld te krijgen hoe elke factor op zichzelf, en verschillende factoren tezamen, de variatie in reistijd beïnvloeden. Hiertoe heeft TNO-Inro in opdracht van het Ruimtelijk Planbureau het model Smara ontwikkeld. Ten behoeve van dit model zijn de belangrijkste oorzaken van reistijdbetrouwbaarheid statistisch geanalyseerd. In de volgende paragraaf worden de uitkomsten van deze analyse besproken. Daarna wordt het Smara-model zelf gepresenteerd.

Oorzaken van reistijdbetrouwbaarheid

De belangrijkste oorzaken van congestie en vertraging, vallen uiteen in twee groepen: variaties in (vervoers)vraag en in (capaciteits)aanbod. Een tweede onderscheid is dat tussen generieke en specifieke factoren. In het geval van generieke factoren strekt de invloed zich uit over het gehele Nederlandse netwerk, of althans een groot deel daarvan; specifieke factoren doen zich alleen lokaal gelden, rondom één bestemming of op één wegsegment. Door deze twee criteria dwars op elkaar te zetten, ontstaat een matrix van invloeden (tabel 2).

TNO-Inro (2003) heeft gegevens verzameld aan de hand waarvan kan worden vastgesteld wat de frequentie of kans is waarmee deze factoren optreden, en wat hun invloed is op de vervoersvraag dan wel capaciteit.

Variatie in vraag

Generiek: seizoensinvloeden
Het is alom bekend dat het in de vakantieperiodes minder druk is op de weg dan bijvoorbeeld in oktober. Ook is het op vrijdag rustiger dan op dinsdag. Deze effecten geven een bepaalde bandbreedte voor de typische drukte tijdens een spitsuur (op werkdagen, tussen 7 en 9 uur) of tijdens een daluur (overige uren op werkdagen tussen 6 en 24 uur). Op basis van het Onderzoek Verplaatsingsgedrag 2001 (OVG) (CBS 2002) is nagegaan hoe het aantal autoverplaatsingen tijdens de spitsuren en tijdens de daluren varieert tussen de verschillende werkdagen van 2001. Op een werkdag worden in de spits over het algemeen (mediaan) ruim 5,5 miljoen verplaatsingen per auto gemaakt, maar de variatie is groot: minder dan 4,0 miljoen verplaatsingen in de spits op de 5 procent rustigste werkdagen tot meer dan 6,9 miljoen voor de 5 procent drukste. In de daluren is de variatie nauwelijks minder groot: bijna 10,5 miljoen verplaatsingen op een doorsnee werkdag, minder dan 7,7 miljoen op de 5 procent rustigste dagen en meer dan 13,0 miljoen op de 5 procent drukste dagen. Over de relatieve variatie kunnen we zeggen dat de variatiecoëfficiënt van het aantal verplaatsingen in de spits 0,165 bedraagt, en in de daluren 0,154.

Tabel 2. Situaties die tot variatie in reistijden kunnen leiden

	Generiek	Specifiek
Vervoersvraag	seizoensinvloed	evenementen
Capaciteitsaanbod	weer (regen, duisternis)	incidenten, werkzaamheden

Bron: TNO-Inro (2003)

In de figuren 10 en 11 zijn de voorkomende aantallen verplaatsingen over het jaar voor respectievelijk de daluren en de spitsperiode in een histogram weergegeven.

Een deel van deze generieke variatie in het aantal verplaatsingen is voorspelbaar. Om te bepalen welk deel van de variatie als voorspelbaar kan worden beschouwd, is een analyse gemaakt van het o v g 2001. Zoals we in het vorige hoofdstuk de variatie in reistijden bestudeerden, zo onderzoeken we hier de variatie in het aantal autoverplaatsingen: in hoeverre varieert het gemiddelde aantal verplaatsingen systematisch met de dag van de week, vakantie versus niet-vakantiedagen en de tijd van het jaar, en in hoeverre is hierbij sprake van toevallige, niet regelmatig terugkerende en daardoor moeilijk voorspelbare variatie?

Tabel 3 geeft de gemiddelde relatieve vervoersvraag op verschillende tijdstippen. Hoe groot de gemiddelde vervoersvraag is voor de spitsuren op verschillende dagen, kan worden gevonden door het algemene gemiddelde te vermenigvuldigen met de relatieve vraagfactoren uit de eerste kolom van tabel 3, bijvoorbeeld 0,962 voor de maandag of 1,025 voor de dinsdag. Uit de tabel blijkt dat de spits op maandag en vrijdag gemiddeld wat rustiger is dan op de andere dagen. Aangezien veel automobilisten in de spits bijna dagelijks gebruik maken van de auto, gaan we ervan uit dat zij op de hoogte zijn van de verschillen tussen de dagen. Dat betekent dat deze variatie voor hun voorspelbaar is.

Uit dezelfde tabel is af te lezen dat de drukte in de daluren in de loop van de week langzaam toeneemt. Op vakantiedagen is het uiteraard rustiger dan buiten de vakanties, een verschil dat in de spitsuren ongeveer twee maal zo sterk is als in de daluren. De maanden van het jaar laten, na correctie voor de vakantiedagen, een driedeling zien: de zomermaanden, met een laag aantal verplaatsingen, het einde van het jaar, met een hoog aantal verplaatsingen, en de overige maanden. Door nu het gemiddelde aantal verplaatsingen in de spits (5.667.987) of in de daluren (10.478.757)

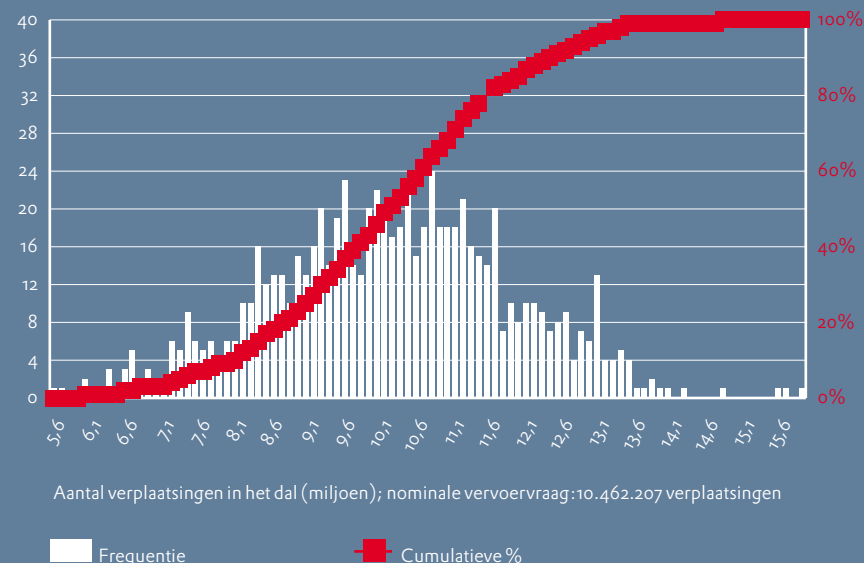
Tabel 3. Periodieke variaties in de generieke vervoersvraag op werkdagen

Spits	Relatieve vervoersvraag	Dal	Relatieve vervoersvraag
Weekdag			
Maandag	0,962	Maandag	0,901
Dinsdag	1,025	Dinsdag	0,967
Woensdag	1,018	Woensdag	1,008
Donderdag	1,016	Donderdag	1,040
Vrijdag	0,978	Vrijdag	1,080
Vakantie			
Geen vakantie	1,047	Geen vakantie	1,027
Vakantie	0,817	Vakantie	0,895
Maand			
Januari	1,028	Januari	1,010
Februari	1,038	Februari	0,970
Maart	1,040	Maart	0,988
April	0,978	April	1,020
Mei	1,009	Mei	0,972
Juni	0,891	Juni	0,940
Juli	0,929	Juli	0,931
Augustus	0,938	Augustus	0,931
September	0,977	September	0,977
Oktober	1,007	Oktober	1,004
November	1,112	November	1,091
December	1,051	December	1,183
Variatieanalyse			
Verklaarde var.	0,231		0,216
Residuele var.	0,769		0,784

Bron: o v g, analyse door RPB

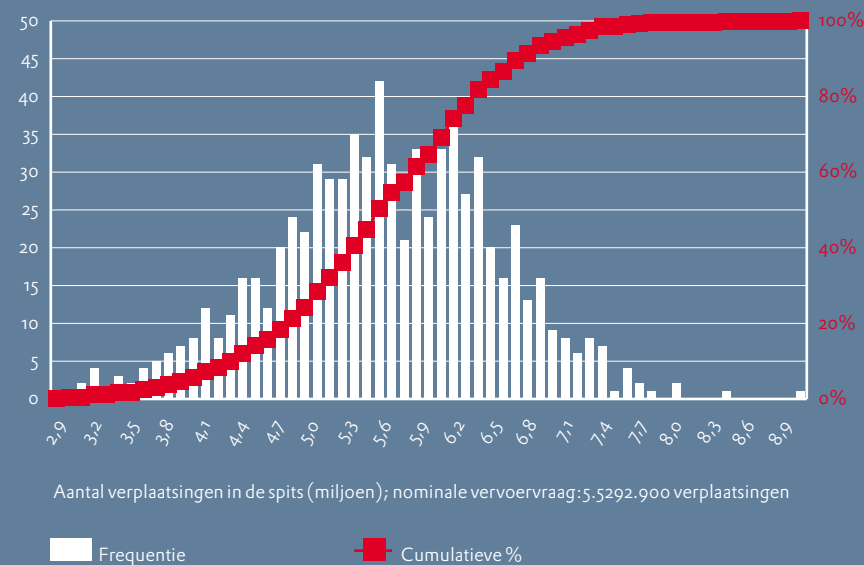
te vermenigvuldigen met de relatieve vraagfactoren die van toepassing zijn voor de dag en het tijdstip van vertrek, krijgen we een beeld van de op dat moment te verwachten vervoersvraag. Deze is gemiddeld even groot als de werkelijke vervoersvraag (in de spits of het dal), maar de afwijkingen (residuen) kunnen groot zijn. Deze residuen vertegenwoordigen de onvoorspelbare variaties in de vervoersvraag.

Figuur 10. Histogram van het aantal verplaatsingen in de daluren, 1999-2001



Bron: o v g, bewerking door TNO

Figuur 11. Histogram van het aantal verplaatsingen in de spits, 1999-2001



Bron: o v g, bewerking door TNO

De geschatte werkelijke variantie van de vervoersvraag in de spits blijkt voor 23,1 procent samen te hangen met eenvoudige fluctuaties over de week of het jaar; waarschijnlijk zijn deze voor de gemiddelde automobilist te voorzien. Voor de daluren is dit percentage 21,6 procent. Het grootste deel van de generieke vraagfluctuatie tussen de dagen daarentegen is niet-periodiek en dus waarschijnlijk voor veel automobilisten onvoorspelbaar.

Naast de fluctuaties tussen de dagen zijn er ook fluctuaties over de dag. Niet alleen zijn de spitsuren drukker dan de daluren, ook daarbinnen bestaan verschillen. Zo blijkt de ochtendspits gemiddeld wat rustiger te zijn dan de avondspits, en op beide spitsmomenten geldt dat het eerste uur wat rustiger is dan het tweede. Automobilisten zullen deze variatie kunnen voorspellen. De gemiddelde vervoersvraag voor verschillende tijdstippen in de spits kan worden berekend door het algemene gemiddelde van 1.419.929 te vermenigvuldigen met een tijdspecifieke factor (tabel 4).

Tijdens de dalperiode blijkt het tussen 6 en 7 uur betrekkelijk stil te zijn, en tussen 9 en 16 uur relatief druk. Deze drukte neemt langzaam toe, totdat zij na 14 uur weer iets afneemt, om vanaf 15 uur in de aanloop naar de avondspits haar hoogste waarde te bereiken. 's Avonds neemt de drukte geleidelijk af. Het lijkt niet aannemelijk dat de gemiddelde autogebruiker op de hoogte is van de kleine verschillen in drukte tussen 9 en 15 uur. Aangezien de overige drukteverschillen tamelijk voor de hand liggen, zal een regelmatige autogebruiker daarmee wel rekening kunnen houden.

Specifiek: evenementen

Bij specifieke variaties in de vervoersvraag gaat het in de eerste plaats om evenementen die met een bepaalde regelmaat op bepaalde locaties worden georganiseerd en die een extra bezoekersstroom genereren, zoals sportevenementen, concerten, festivals en dergelijke. Daarnaast zijn er ook attracties die weliswaar het hele jaar of een groot deel daarvan geopend zijn, maar

Tabel 4. Variatie in de generieke vervoersvraag tijdens de spits en in de daluren

Tijdstip	Factor
Spits	
07.00-08.00	0,840
08.00-09.00	0,996
16.00-17.00	1,050
17.00-18.00	1,114
Daluren	
06.00-07.00	0,607
09.00-15.00	1,218
15.00-16.00	1,508
18.00-19.00	1,235
19.00-20.00	1,040
20.00-21.00	0,645
21.00-22.00	0,467
22.00-23.00	0,457

Bron: TNO-Info (2003)

op bepaalde dagen toch een veel grotere bezoekersstroom genereren dan normaal, en die op deze wijze bijdragen aan de variatie van de vraag. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan musea, dierentuinen, recreatieparken, stranden en dergelijke, bij mooi weer of in de vakantie. Aan de hand van gegevens van het Nationaal Bureau voor Toerisme (2000) zijn de evenementen en attracties geïnventariseerd die de grootste bezoekersstromen genereren. Ook is een globale raming gemaakt van de aantallen auto's die dan per uur verwacht mogen worden (TNO-Info 2003: 8-9). Evenementen op feestdagen en in het weekend zijn hierbij niet meegenomen. Het grootste evenement in Nederland, voor zover het de invloed op de vervoersvraag betreft, blijkt de Vierdaagse in Nijmegen te zijn, met bijna 12.000 auto's per uur. Gemiddeld over het jaar zorgen de onderzochte evenementen met elkaar voor zo'n 4.000 auto's per uur in de spits en 8.000 in de daluren. Al stelt dit op het totaal van 16 miljoen autoverplaatsingen per dag weinig voor, lokaal echter kunnen de gevolgen op de betreffende dagen groot zijn. In tabel 5 wordt een overzicht gegeven van de top-tien van eve-

nementen, hun vervoersvraag per uur en de kans dat deze vervoersvraag zich in de spitsperiode voordoet. Tabel 5 bevat een aantal grootschalige evenementen die éénmaal per jaar gehouden worden en landelijke bekendheid genieten. Voor de verkeerseffecten van deze evenementen wordt in de media gewaarschuwd. Andere 'evenementen', zoals de verschillende toeristische activiteiten in het centrum van Amsterdam, zijn diffuser en moeilijker voorspelbaar. Evenals bij generieke vraagfluctuaties doet zich bij evenementen de vraag voor in hoeverre ze voor de gemiddelde automobilist te voorspellen zijn. Hierover is in algemene zin weinig te zeggen.

Variatie in aanbod

Generiek: weersinvloeden

Bij regenachtig weer is de capaciteit van de wegen kleiner. Doordat het zicht slechter is, is de afstand tussen de auto's noodzakelijkerwijs groter. Naast regen kunnen factoren als duisternis, mist en wind de capaciteit beïnvloeden. Het weer heeft zo invloed op de capaciteit van de wegen en op de snelheid van de voertuigen.

Het effect van weersomstandigheden op het verkeersaanbod kan worden afgeleid uit het Handboek Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen (CIA, AVV 1999). De capaciteitsreductiewaarden voor de autosnelwegen die in dit boek zijn opgenomen voor regen en duisternis, afzonderlijk en in combinatie, zijn ook toegepast voor het onderliggend wegennet, waarvoor vergelijkbare gegevens ontbreken. Hiermee is de invloed van het weer op het onderliggend wegennet waarschijnlijk onderschat. Door deze waarden te combineren met de kansen op verschillende weersomstandigheden – verkregen uit gegevens van het KNMI – kan de invloed van het weer op het verkeersaanbod worden gekwantificeerd. De capaciteitsreductie bij mist is het grootst, namelijk 11 procent.

Naast effecten op de capaciteit heeft het weer ook invloed op de snelheid. Zo kan in geval van (dichte) mist slechts met de helft van de normale snelheid worden gereden.

Weersomstandigheden zijn maar ten dele voorspelbaar. Net als reistijden per auto of per ov zijn

Tabel 5. Top-tien evenementen

Nr	Locatie	Omschrijving	Aantal auto's per uur	Kans op voorkomen
1	Nijmegen	Vierdaagse/Zomerfeesten	11.786	1,41%
2	Tilburg	Kermis	9.048	1,76%
3	Amsterdam	Centrumactiviteiten: Uitmarkt, Artis, Aquarium, Planetarium, Carré, Rondvaarten, Diamantslijperijen, Anne Frankhuis, Madame Tussaud's	8.727	21,08%
4	Haarlem	Bloemencorso Haarlem, Jazzstad	7.875	1,41%
5	Den Haag	Prinsjesdag, Koninginnenach, Koninginnekermiss	4.721	2,12%
6	Aalsmeer	Bloemencorso Aalsmeer	4.286	0,71%
7	Rotterdam	Ahoy	4.247	14,11%
8	Assen	TT Assen (training)	3.857	0,71%
9	Rotterdam	De Kuip	3.714	2,12%
10	Amsterdam	Arena	3.048	4,94%

Bron: TNO-Info (2003)

ze juist om deze reden een dankbaar gespreks-
onderwerp. Uiteraard liggen per dag de tijdstip-
pen van zonsopkomst en zonsondergang vast,
en daarmee de perioden van daglicht, schemering
en duisternis. De kans op regen en mist wordt
weliswaar daags tevoren in het weerbericht aan-
gekondigd, maar juist de hevigste regenbuien en
de dichtste mistbanken, die de sterkste effecten
op de reistijd hebben, zijn altijd lokaal. In hun
uitwerking op individuele trajecten zijn zij dus
grotendeels onvoorspelbaar.

Specifiek: incidenten

Bij incidenten is de capaciteit van de weg tijdelijk
minder, bijvoorbeeld doordat een autowrak of
hulpdiensten een of meer rijbanen versperren.
Bovendien veroorzaken incidenten vaak kijkfiles
waardoor ook de capaciteit van de rijbaan in
tegengestelde richting tijdelijk wordt beperkt.
Op basis van ongevallenstatistiek is per weg-
type bepaald welke factoren de capaciteit ver-
mindern, en wat de kansen zijn op zulke voor-
vallen. Maar liefst 85 procent van alle incidenten
wordt veroorzaakt door pech; ongevallen vor-
men de hoofdmoot van de overige incidenten.
Tachtig procent van de pechgevallen staat 15 tot
30 minuten op de vluchtstrook, terwijl de overige
20 procent een rijstrook blokkeert, eveneens
gedurende 15 tot 30 minuten. Hoe lang een onge-
val gemiddeld een strook blokkeert, is niet
bekend.

De pechgevallen en ongevallen kunnen worden
onderverdeeld in vier klassen:

- pechgevallen;
- ongevallen die de vluchtstrook blokkeren;
- ongevallen die één of meer rijstroken
blokkeren;
- kijkfiles.

De capaciteitseffecten van pechgevallen en onge-
vallen zijn afgeleid van cijfers over ongevallen op
de Amerikaanse motorways. Bij pechgevallen
en kijkfiles is de capaciteitsreductie vrij gering. Bij
ongevallen is deze veel groter, tot (bijna) volle-
dig in het geval dat alle rijstroken geblokkeerd
worden. Al met al bedraagt de variatiecoëfficiënt
van de capaciteitsfactoren (op het niveau van

wegsegmenten) 0,035 in de spits en 0,028 in de
daluren; dit verschil is verklaarbaar uit de grotere
frequentie van incidenten tijdens de spits.

Specifiek: wegwerkzaamheden

Ook als er wegwerkzaamheden zijn is de
capaciteit van de weg kleiner. Het Handboek
Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnel-
wegen (C1A) geeft aan wat de capaciteit is van
rijkswegen bij wegwerkzaamheden en onder
'normale' omstandigheden. Voor verschillende
typen wegafzettingen kunnen op basis van
deze gegevens verschillende capaciteitsreductie-
factoren worden bepaald. Voor het onderliggend
wegennet zijn de C1A-gegevens voor 'overige
Rijkswegen' (N-wegen) gebruikt.

Bij wegwerkzaamheden neemt niet alleen de
capaciteit af als gevolg van wegafzettingen,
ook wordt hierbij altijd een snelheidsbeperking
opgelegd. De snelheidslimieten variëren van 50
tot 90 kilometer per uur, al geldt bij verreweg
de meeste afzettingen (97%) een snelheidslimiet
van 70 kilometer per uur. De kans dat zich weg-
werkzaamheden voordoen, zijn berekend per
kilometer weg voor de spits- en dalperiode en
voor autosnelwegen en hoofdwegen. Hiertoe
is de duur (minuten) van iedere afzetting vermen-
igvuldigd met de lengte (km) en vervolgens
over alle wegwerkzaamheden opgeteld. Deze
som wordt gedeeld door het product van de tota-
le duur van de spits- of dalperiode (minuten) en
de totale lengte van autosnelwegen of hoofdwe-
gen (km). Gegevens voor deze berekening zijn
afgeleid uit het programma Meldwerk van de
AVV.

De capaciteitsfactoren hebben (op het niveau
van wegsegmenten) een variatiecoëfficiënt
van 0,102 in de spits en van 0,108 in de daluren.
De vertragingen als gevolg van de aangepaste
maximumsnelheid zijn in de spits gemiddeld
0,012 minuut per kilometer met een standaard-
deviatie van 0,076, en in de daluren gemiddeld
0,014 minuut per kilometer met een standaard-
deviatie van 0,084. Doordat kortlopende werk-
zaamheden bij voorkeur buiten de spits worden
uitgevoerd, zijn deze cijfers in de daluren iets
kleiner dan in de spits.

Van de factoren die de reistijd beïnvloeden, zijn
ongevallen bijna per definitie onvoorspelbaar.
Wegwerkzaamheden daarentegen zijn het best
voorspelbaar. Zij kunnen immers door de weg-
beheerder worden gepland en ze worden meest-
al ruim van tevoren aangekondigd. Illustratief was
in dit opzicht het onderhoud aan de A10 in 2001.
Reizigers bleken massaal hun gedrag aan te pas-
sen, waardoor files en verkeerschaos uitbleven.

Resumé

In het voorgaande zijn de belangrijkste oorzaken
van reistijdvariatie onderzocht. Naast fluctuaties
in drukte op de weg, zijn wegwerkzaamheden
de belangrijkste bron van reistijdvariatie. Dit
ondanks het feit dat wegwerkzaamheden in veel
gevallen voor de meeste weggebruikers niet
onverwacht komen. Van onbetrouwbaarheid, in
de zin van onverwachte reistijdvariatie, is in zulke
gevallen geen sprake. De meeste factoren ver-
oorzaken tijdens de spits een sterkere variatie
dan tijdens de daluren; uitzonderingen zijn de
wegwerkzaamheden en de evenementen.

Smara

Hiervoor zijn verschillende oorzaken van onbe-
trouwbaarheid de revue gepasseerd. Hierbij is
een indruk gegeven van de kans dat de verschil-
lende oorzaken zich voordoen, en van de effecten
op de wegcapaciteit of snelheid. Op basis hiervan
lijkt het mogelijk de mate van onbetrouwbaar-
heid op het Nederlandse wegennet grofweg te
schatten. Daarbij moet echter ook worden geke-
ken naar de ruimtelijke spreiding van de plekken
waar mensen vandaan komen en naar toe gaan,
en naar de structuur van het wegennet. Deze
ruimtelijke factoren kunnen de problemen ver-
zachten of juist versterken, al naar gelang het
netwerk, de herkomst en de bestemming al dan
niet goed op elkaar zijn afgestemd. Maar om de
effecten van deze ruimtelijke factoren goed te
kunnen schatten, is een vervoersmodel nodig.
Daarom wordt in deze paragraaf het model
Smara (Strategic model for analyzing reliability
of accessibility) geïntroduceerd. Dit model
berekent, op basis van de gegeven kansen en

effecten, de invloed die de hiervoor genoemde
factoren hebben op de uiteindelijke reistijd
en reistijdbetrouwbaarheid. De resultaten van
Smara worden in het volgende hoofdstuk
beschreven.

Modeltype

Verkeersmodellen kunnen naar hun basis-
structuur worden ingedeeld in statische en dyna-
mische modellen. Statische modellen berekenen
de situatie op het wegennet op één moment, dat
kan worden gezien als gemiddelde of als karak-
teristiek moment voor een langere periode, zoals
'de gemiddelde avondspits' of 'de gemiddelde
zaterdagmiddag'. Dynamische modellen simule-
ren de situatie op het wegennet op verschillende,
na elkaar volgende tijdstippen, waarbij de
situatie op ieder tijdstip wordt beïnvloed door
die op de voorgaande tijdstippen. Dynamische
modellen lijken het meest geschikt voor het
modelleren van zaken als het ontstaan en weer
oplossen van files.

Het, tweede, onderscheid tussen macro- en
micromodellen hangt hiermee samen. Bij macro-
modellen is het wegsegment de basiseenheid.
Per wegsegment wordt gekeken hoe groot de
stroom van voertuigen is en hoe deze zich ver-
houdt tot de capaciteit van het wegsegment. Op
basis van een algemene formule wordt de snel-
heid bepaald waarmee, bij een bepaalde verhou-
ding tussen stroom en capaciteit, de voertuigen
over dat wegsegment kunnen rijden. Bij micro-
modellen is het voertuig de basiseenheid. Per
voertuig wordt berekend waar het zich op een
bepaald moment bevindt, hoe groot de afstand is
tot het voertuig ervoor, enzovoorts. Op basis van
gedragsregels worden vervolgens de snelheid
en het overige gedrag van het voertuig bepaald.
Filevorming is in laatste instantie een mogelijke
consequentie van dit gedrag. Voor de modelle-
ring van zulke verschijnselen zijn micromodellen
het meest geschikt. Dynamische modellen en micromodellen lijken
dus beter dan statische macromodellen in staat
om een aantal relevante verschijnselen met
betrekking tot congestie te modelleren. Daar

staat tegenover dat deze modellen meer gegevens nodig hebben en vooral meer rekentijd vergen. Voor ons onderzoek is de realistische modellering van allerlei verschijnselen rondom het optreden van congestie op specifieke wegen niet van heel groot belang. Het model heeft vooral als doel de effecten op de reistijdbetrouwbaarheid door te rekenen over een wat langere termijn en op het ruimtelijk schaalniveau van regio's. Omdat de reistijdberekeningen in Smara een groot aantal malen moeten worden uitgevoerd om een beeld van de reistijdbetrouwbaarheid te krijgen, is de rekentijd van groot belang. Om deze reden is bij Smara gekozen voor een statisch macromodel.

Een 'standaard' verkeersmodel, zoals het Landelijk Modellsysteem (LMS) van AVV of Smart (Strategic model for analysing regional travel patterns) van TNO-Intro, wordt gebruikt om de zogenoemde HB-matrix te berekenen: een tabel met de verkeersstromen tussen alle herkomsten en bestemmingen. Deze modellen werken in stappen:

1. Voor alle zones worden de aantallen verplaatsingen per herkomstzone berekend (productie). Dit gebeurt aan de hand van bevolkingskenmerken.
2. Voor iedere herkomstzone wordt de verdeling van de verplaatsingen over de verschillende bestemmingszones en vervoerwijzen berekend (distributie/modal split). Hiervoor worden ruimtelijke interactiemodellen toegepast, die voor ieder herkomst-bestemmingspaar het aantal verplaatsingen berekenen aan de hand van de omvang en aantrekkelijkheid van de verschillende bestemmingen en de reistijdweerstand per vervoerswijze naar die bestemmingen. Daarbij wordt een onderscheid gemaakt tussen verschillende motieven. Voor woon-werkverkeer wordt een dubbelbeperkt interactiemodel toegepast, waarbij zowel aan de herkomstkant als aan de bestemmingkant het totaal aantal ritten per zone precies overeen moet komen met de beroepsbevolking, respectievelijk de werkgelegenheid. Voor de overige motieven wordt veelal een enkelbeperkt model gebruikt, waarbij

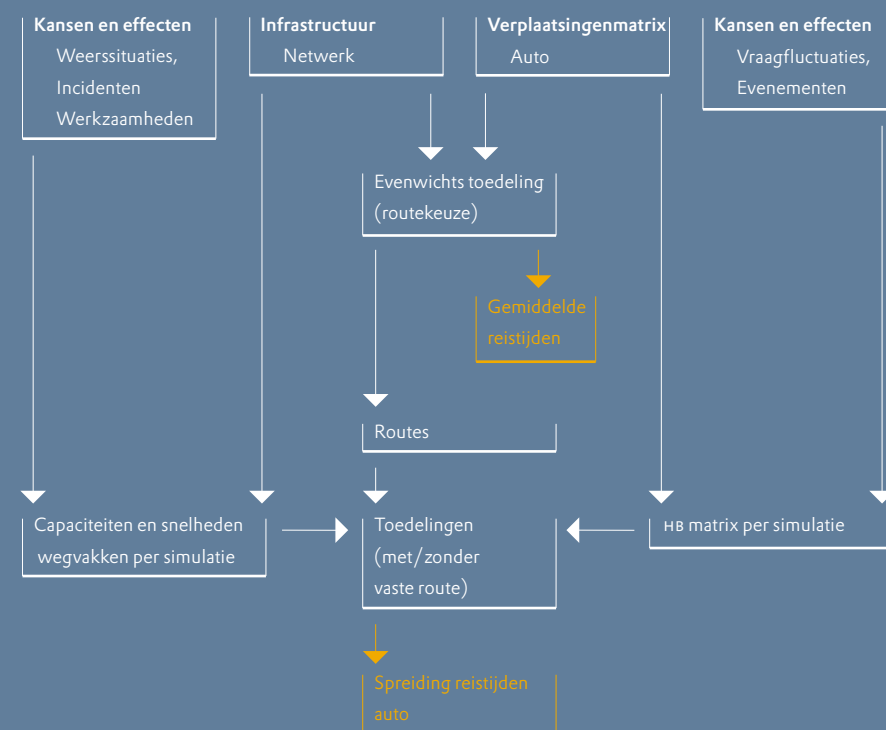
alleen aan de herkomstzijde het aantal ritten per zone vastligt.

3. De verdeling over de vervoerswijzen wordt berekend (modal split). Dit gebeurt op basis van keuzefuncties waarin naast reistijden ook kwaliteitskenmerken van de verschillende vervoerswijzen meespelen, evenals de verschillen tussen bevolkingsgroepen in afstandsgedrag en voorkeur voor vervoerswijzen.
4. Ten slotte worden de ritten toegedeeld aan routes over de relevante infrastructuurnetwerken (allocatie). Hierbij wordt meestal een evenwichtstoedeling toegepast. Dat wil zeggen dat het verkeer tussen een herkomst en een bestemming zodanig over de beschikbare routes wordt verdeeld dat de reistijd over alle gebruikte routes gelijk is. Ontstaan er op de kortste route bijvoorbeeld opstoppingen als gevolg van de grote stroom verkeer, dan wordt een deel van dit verkeer toegedeeld aan andere routes, totdat op alle routes de reistijd even groot is. Deze zogenoemde parallelle routes zijn weliswaar langer, maar door de geringere drukte is een hogere snelheid mogelijk.

Smara (zie ook figuur 12) gebruikt van het vervoersvraagmodel het wegennetwerk en de verplaatsingenmatrix auto (aantallen autoverplaatsingen tussen alle zones). De vervoersstromen worden in Smara toegedeeld aan verschillende routes over het wegennet. Hierbij wordt een evenwicht toegepast op basis van de todelingsroutine van Smart. Dit geeft ook de gemiddelde reistijden voor de HB-relaties.

Specifiek voor Smara is dat vervolgens een zogenoemde Monte-Carlosimulatie wordt uitgevoerd. Hierbij worden de verschillende invloedsfactoren (sezoensinvloeden, weer, evenementen, ongelukken, werkzaamheden) stochastisch gevarieerd. De algehele vervoersvraag en de weersomstandigheden, maar ook de diverse evenementen, ongevallen en wegwerkzaamheden op ieder wegsegment, worden gekozen op basis van kanstabellen (gebaseerd op de analyses in het eerste deel van dit hoofdstuk) en toevalsgetallen. Door dit een groot aantal

Figuur 12. Structuur Smara



malen te herhalen wordt een groot aantal situaties 'getrokken', die elk op zich plausibel zijn. De verdeling van die situaties komt overeen met de werkelijkheid in de zin dat extreme situaties, die in werkelijkheid weinig voorkomen, ook een kleinere kans hebben om te worden getrokken dan normalere situaties. Door voor elk van deze getrokken situaties de reistijd tussen ieder paar van herkomst en bestemming te berekenen, kan de spreiding in de reistijden worden bepaald.

Daarbij zijn verschillende veronderstellingen mogelijk over de reactie van weggebruikers op incidenten: kijken ze uit naar de snelste alternatieve route of houden ze vast aan de oorspronkelijk gekozen route? In de overgrote meerderheid van de gevallen zullen reizigers niet uitwijken, bijvoorbeeld omdat dat niet mogelijk is (denk aan files op de snelweg), omdat ze niet weten hoeveel vertraging het incident zal opleveren of omdat ze de alternatieve routes niet goed kennen. In de huidige toepassing van Smara wordt dan ook met een *fixed-path* simulatie gerekend: de routes van de oorspronkelijke evenwicht-toedeling worden aangehouden en de reistijden voor iedere route worden berekend op basis van de gesimuleerde algemene omstandigheden en de incidenten op die route. Daarnaast biedt Smara de mogelijkheid om te rekenen met een *user-equilibrium* simulatie. Daarbij wordt voor iedere getrokken situatie opnieuw een evenwicht toegedeeld. Dit houdt in dat de effecten worden meegenomen van verkeer dat, bijvoorbeeld als gevolg van een ongeluk of ingrijpende wegwerkzaamheden, uitwijkt naar een parallelle route.

Hoewel de indruk bestaat dat dergelijk uitwijkgedrag in de meeste gevallen niet of nauwelijks voorkomt, kan het in sommige gevallen toch van groot belang zijn. Verschillende strategieën om de betrouwbaarheid te vergroten, zijn juist gebaseerd op het verruimen van de mogelijkheden voor uitwijkgedrag. Te denken valt aan de uitbouw van filesignaleringsystemen en verdere verbetering van de verkeersinformatie, maar ook aan dubbele verbindingen, zoals in het Franse systeem van autosnelwegen (met tol-

heffing) met parallelle *routes nationales*. Om dergelijke strategieën te kunnen evalueren moet Smara de effecten van uitwijkgedrag kunnen berekenen. Waarschijnlijk zal een deel van de reizigers toch geen gebruik maken van bestaande uitwijkmogelijkheden. Daarom lijkt een gemengde simulatie het meest reëel, waarbij voor een bepaald percentage van de reizigers een *fixed-path* simulatie wordt uitgevoerd, en voor het andere deel een *user-equilibrium* simulatie. Een dergelijke gemengde simulatie is in de huidige versie van Smara echter niet mogelijk. Zoals hierboven al opgemerkt, is in deze toepassing gebruik gemaakt van de *fixed-path* simulatie.

Modeluitwerking

In het voorgaande zijn de belangrijkste elementen uit de Smara-berekeningen aan de orde geweest. Bij de benodigde invoergegevens voor het model gaat het om *HB*-matrices met voertuigstromen tussen herkomsten en bestemmingen, om netwerkbestanden met een vereenvoudigde weergave van het Nederlandse wegennet, om bestanden met kansen op, en effecten van, verschillende typen invloedsfactoren, en om een stuurbestand met aanwijzingen over de wijze waarop de berekening moet worden uitgevoerd. Aan de hand van deze invoerbestanden zullen we het model hieronder in meer detail behandelen. Verder gaan we in op de uitvoerbestanden die het model levert. Aan de hand daarvan kunnen we een beeld krijgen van de betrouwbaarheid.

HB-matrices

HB-matrices met stromen van voertuigen tussen alle herkomsten en bestemmingen vormen de invoer voor Smara. Hierbij wordt de zone-indeling gehanteerd van het strategische verkeersmodel Smart: een indeling in 470 zones, meest gemeenten of samenvoegingen van enkele kleinere gemeenten; de grote steden zijn elk in enkele Smart-zones opgesplitst (zie figuur 13). Daarnaast is een dertigtal zonenummers beschikbaar voor specifieke toepassingen: internationale verkeersstromen kunnen bijvoorbeeld

Figuur 13. Zone-indeling Smart en Smara



Bron: TNO-Inro

worden geanalyseerd door een aantal zones in het buitenland te definiëren, en de effecten van grootschalige nieuwbouwlocaties kunnen worden geëvalueerd door deze locaties als nieuwe zones in het model op te nemen. In totaal zijn er 500 zonenummers en de $H \cdot V$ -matrices bevatten $500 \times 500 = 250.000$ records.

Smara werkt met een twee $H \cdot V$ -matrices, één voor de spits en één voor de daluren. Bij de spitsuren gaat het om werkdagen tussen 7 en 9, en tussen 16 en 18 uur; bij daluren gaat het om werkdagen tussen 6 en 24 uur met uitzondering van de spitsuren. Voor deze perioden wordt de verkeersstroom gegeven als het gemiddelde aantal voertuigen per uur. De verkeersstromen in de avondspits worden in omgekeerde richting geteld, zodat typische woon-werkrelaties in één richting, namelijk van de woning naar de werklocatie, zichtbaar worden gemaakt. Op deze wijze kan de vervoerstromen in de spitsuren het best worden gerelateerd aan de beschikbare capaciteit op de weg. Naast personenauto's is uiteraard ook het vrachtverkeer van belang. Dit is dus ook opgenomen in de $H \cdot V$ -matrices. Daarbij telt een vrachtwagen mee als 1,9 zogenaamde personenauto-equivalenten. De $H \cdot V$ -matrices voor gebruik in Smara kunnen direct worden aangemaakt met behulp van het verkeersmodel Smart. Het is echter ook mogelijk om matrices uit andere modellen, of directe meetgegevens zoals uit het OVG, te converteren naar de zone-indeling van Smara en vervolgens in dit model te gebruiken. In deze studie worden uitkomsten van het Landelijk Modellsysteem (LMS) van de AVV gebruikt.

Netwerk

Bij verkeersmodellen wordt vrijwel altijd een vereenvoudigde weergave van het wegennet gebruikt. Als de herkomsten en bestemmingen worden geaggregeerd tot een beperkt aantal, in dit geval 500 zones, dan hebben in het model alleen die wegsegmenten een functie die verschillende zones met elkaar verbinden, of die de ontsluiting van de zones vanaf het verbindend wegennet verzorgen. De mate van gedetailleerdheid die in de netwerkbestanden moet worden

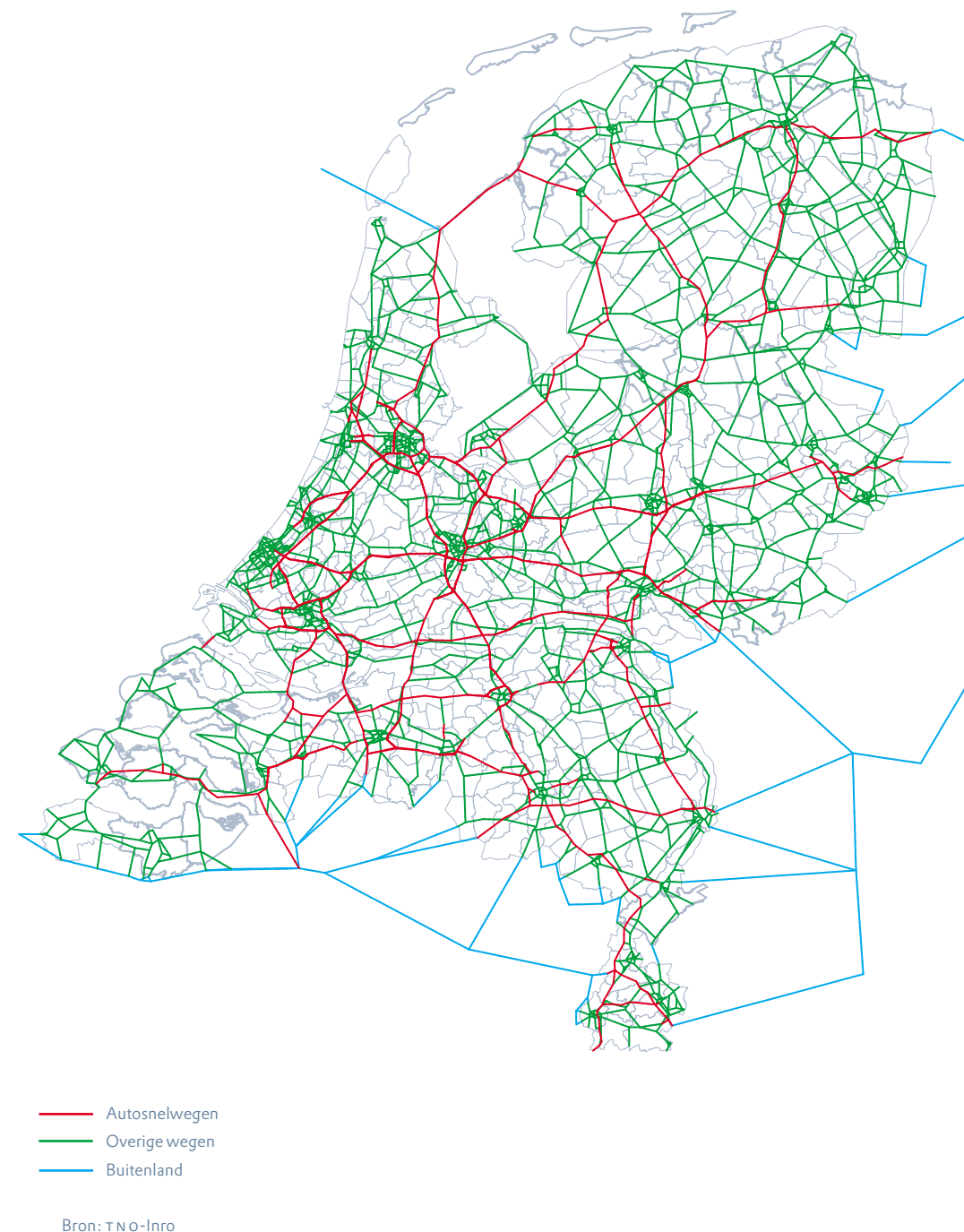
nagestreefd, hangt dus sterk samen met de gehanteerde zone-indeling. In Smara zijn daarom ook de netwerkbestanden van het verkeersmodel Smart overgenomen (zie figuur 14).

Het gaat hierbij om ruim 7000 wegsegmenten, ingedeeld in negen categorieën – van 120 km/uur snelweg tot lokale wegen met langzaam verkeer op de rijbaan. De totale lengte van deze wegsegmenten bedraagt bijna 15.000 kilometer (zie figuur 14). In vergelijking met de totale lengte van 116.000 km aan verharde wegen in Nederland lijkt dit weinig. Echter: het grootste deel van de wegen die niet in het Smart-netwerk zijn opgenomen, betreft straten en lokale wegen zonder verbindingfunctie. Het overgrote deel van de voertuigkilometers wordt dus gemaakt over wegen die wél in het Smart-netwerk zijn opgenomen. Zo neemt het hoofdwegennet (2.500 km), dat uiteraard in zijn geheel is opgenomen, de helft van de totale vervoersprestatie voor zijn rekening.

Naast 'gewone' wegsegmenten bevat het Smart-netwerk ook een aantal voedingslinks. Het gaat hier om één tot drie verbindingen per zone, die het zwaartepunt van deze zone met het wegennet verbinden. Deze verbindingen komen in de meeste gevallen niet overeen met daadwerkelijk bestaande wegen, maar zijn nodig om de zone-zwaartepunten te verbinden met het wegennet zoals dat in het Smart-netwerk is opgenomen.

Om de snelheid van het verkeer te kunnen berekenen, is voor ieder wegsegment in het netwerkbestand ook de capaciteit vastgelegd (in personenauto's per uur). Verder is voor elk van de negen typen wegsegmenten een *speed-flow*-curve gegeven: een lijn die weergeeft hoe bij een toenemende I/C -verhouding (de vervoersstroom in relatie tot de capaciteit) de gemiddelde snelheid afneemt. Figuur 15 geeft bij wijze van voorbeeld de *speed-flow*-curve voor autosnelwegen met een maximum snelheid van 100 respectievelijk 120 kilometer per uur. De figuur laat duidelijk zien dat bij lage I/C -verhoudingen de snelheid hoog is en dat zij bij kleine toenames nauwelijks afneemt. Deze snelheid wordt de

Figuur 14. Netwerk Smart/Smara



free-flowsnelheid genoemd. Pas wanneer de i/c -verhouding in de buurt van 0,8 komt, begint de snelheid duidelijk af te nemen. Die afname is het sterkst bij waarden boven de 1,0: als het aantal voertuigen de capaciteit flink overtreft, komt het verkeer tot stilstand. In Smara worden voor ieder wegtype twee speed-flowcurven gebruikt: één voor spits en één voor de daluren. Deze speed-flowcurven zijn gecalibreerd om de spreiding in reistijden op tien trajecten zo goed mogelijk te reproduceren (zie de volgende paragraaf). Calibreren wil zeggen dat de precieze parameterwaarden via een schattingsprocedure zo worden gekozen dat ze volgens een vooraf bepaald criterium tot een zo goed mogelijke modeluitkomst leiden.

Invloedsfactoren

De verschillende factoren die de reistijd beïnvloeden zijn de vorige paragraaf aan de orde geweest: generieke vraagfluctuatie, evenementen, weersomstandigheden, ongevallen en wegwerkzaamheden. Voor elk van de vijf onderscheiden factoren gebruikt Smara bestanden waarin de kansen op en effecten van deze factoren vastliggen. In alle gevallen worden er voor de spits- en de daluren verschillende bestanden gebruikt. De cijfers zijn gebaseerd op de statistische analyse naar de oorzaken van reistijd- onbetrouwbaarheid in de vorige paragraaf. De effecten van evenementen, weersomstandigheden, ongevallen en wegwerkzaamheden zijn gecalibreerd om de spreiding in reistijden op tien trajecten zo goed mogelijk te reproduceren (zie de volgende paragraaf). In de Monte-Carlo-simulatie worden aan de hand van deze cijfers willekeurige situaties getrokken:

- Uit de tabel met generieke vraagfluctuaties wordt een vermenigvuldigingsfactor getrokken. Vervolgens wordt voor alle herkomstbestemmingsparen de vervoerstroombestemmingen vermenigvuldigd met de getrokken factor.
- Voor elk van de 45 zones in de tabel van evenementen wordt geloot of de evenementen in deze zone plaatsvinden. Wordt een evenement getrokken, dan wordt het betreffende aantal voertuigen opgeteld bij de vervoerstromen die deze zone als bestemming

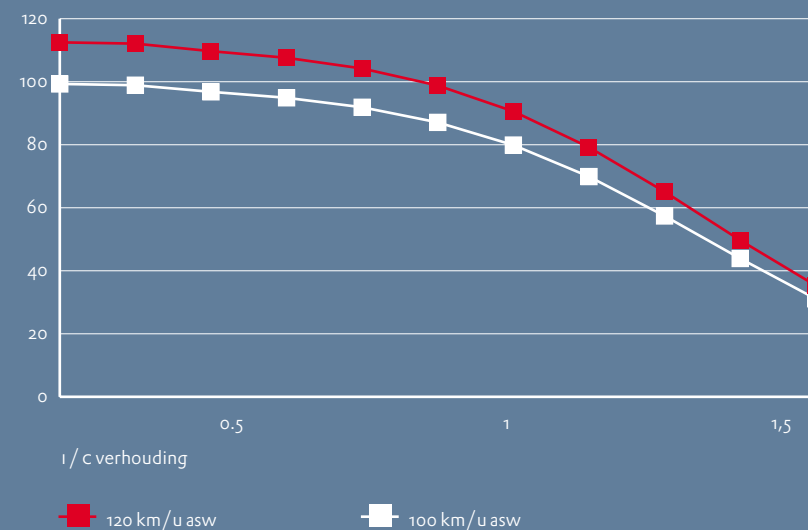
hebben. Van dit aantal voertuigen wordt driekwart evenredig over de vervoersstromen verdeeld; het andere kwart wordt verdeeld naar rato van de omvang van de herkomstzone. Op deze wijze wordt rekening gehouden met het feit dat veel evenementen bezoekers trekken uit het hele land.

– Uit de tabel met weersomstandigheden wordt een meteorologische situatie getrokken. Vervolgens worden de capaciteiten op alle wegsegmenten vermenigvuldigd met de getrokken factor.

– Voor ieder wegsegment wordt aan de hand van de tabel met ongevallen vastgesteld of hier een ongeval plaatsvindt en, zo ja, welk type ongeval dit is. De kans op een ongeval is daarbij afhankelijk van het aantal voertuigkilometers per uur dat over het betreffende wegsegment wordt gemaakt. Wordt een ongeval getrokken, dan wordt de capaciteit op het betreffende segment vermenigvuldigd met een capaciteitsfactor die, behalve van het type ongeval, afhankelijk is van het aantal rijstroken op de betreffende weg.

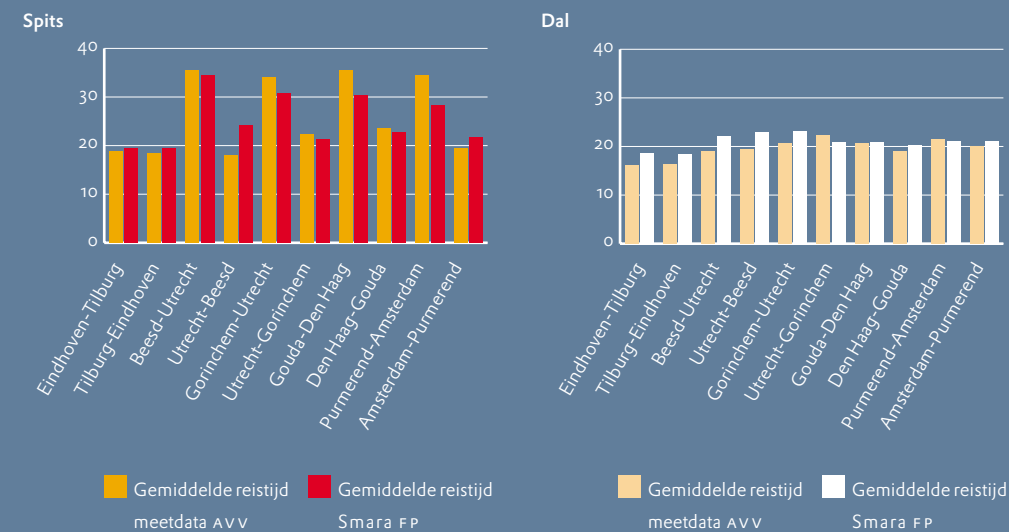
– Voor ieder wegsegment wordt aan de hand van de tabel met wegwerkzaamheden vastgesteld of er wegwerkzaamheden plaatsvinden. De kans op wegwerkzaamheden is daarbij afhankelijk van de lengte en het wegtype van het wegsegment. Als een werkzaamheid wordt getrokken, wordt de capaciteit op het betreffende segment vermenigvuldigd met een capaciteitsfactor die, behalve van het type werkzaamheid, afhankelijk is van het aantal rijstroken op de betreffende weg. De reistijd over dit wegsegment wordt berekend aan de hand van de i/c -verhouding en de speed-flowcurve. Vervolgens wordt die reistijd vergeleken met de reistijd op basis van de maximumsnelheid die gedurende de werkzaamheid aangehouden moet worden. De langste reistijd wordt gebruikt.

Figuur 15. Speed-flowcurven voor autosnelwegen tijdens de spits



Bron: TNO-Inro

Figuur 16. Calibratieresultaten: vergelijking uitkomsten Smara met meetdata AVV op gemiddelde reistijden op 10 trajecten in de spits en daluren



Bron: data Transpute, uitkomsten Smara, bewerking door TNO

Stuurvariabelen

Ten slotte worden voor iedere Smara-analyse één of meer stuurbestanden gebruikt. Hierin wordt onder meer vastgelegd wat de namen zijn van de hiervoor genoemde invoerbestanden, hoeveel simulaties uitgevoerd worden en onder welke namen de uitvoerbestanden moeten worden weggeschreven.

Daarnaast bevat het stuurbestand aanwijzingen voor de wijze waarop de modelberekeningen precies moeten worden uitgevoerd.

Uitvoerbestanden

Smara levert voor iedere modelberekening (spits of dal) twee uitvoerbestanden. Het ene bestand geeft resultaten op het niveau van wegsegmenten, het andere op het niveau van herkomst-bestemmingsrelaties (verplaatsingen). Op het niveau van wegsegmenten wordt, per wegsegment en voor beide richtingen, gegeven:

- het aantal voertuigen per uur
- de free-flowreistijd, zoals gegeven in de speed-flowcurve voor het betreffende wegtype
- de nominale reistijd, zoals gevonden bij de initiële evenwichtstoedeling
- de gemiddelde reistijd over alle getrokken en doorgerekende situaties
- de standaarddeviatie van de reistijd over alle getrokken en doorgerekende situaties
- de frequentieverdeling van de gevonden reistijden over een aantal klassen. De klassen zijn gedefinieerd ten opzichte van de free-flowreistijd, die immers een ondergrens geeft voor de mogelijke reistijden. Het aantal klassen en de breedte daarvan zijn in te stellen in het hiervoor genoemde stuurbestand.

Met behulp van een hiertoe ontwikkeld programma, kunnen de reistijden en standaarddeviaties worden omgerekend naar waarden per kilometer weglengte. Vervolgens worden zij geaggregeerd naar gemiddelden voor bepaalde wegtypen, regio's en/of gebiedstypen.

Op het niveau van herkomst-bestemmingsrelaties wordt voor iedere relatie gegeven:

- het aantal voertuigen per uur
- de free-flowreistijd zoals gegeven in de speed-flowcurve voor het betreffende wegtype, gemiddeld over de verschillende routes van herkomst naar bestemming met weging naar het aantal voertuigen over iedere route
- de nominale reistijd, zoals gevonden bij de initiële evenwichtstoedeling, op dezelfde wijze gemiddeld over de routes
- de gemiddelde reistijd over alle getrokken en doorgerekende situaties, opnieuw op dezelfde wijze gemiddeld. Bij een user equilibrium, waarbij de verdeling over de routes kan afwijken van die bij de initiële evenwichtstoedeling, wordt toch de oorspronkelijke verdeling toegepast in de weging
- de standaarddeviatie van de reistijd over alle getrokken en doorgerekende situaties
- de frequentieverdeling van de gevonden reistijden over een aantal klassen. De klassen zijn gedefinieerd ten opzichte van de free-flowreistijd, die immers een ondergrens geeft voor de mogelijke reistijden. Het aantal klassen en de breedte daarvan zijn in te stellen in het hiervoor genoemde stuurbestand. Aan de hand van een voldoende gedetailleerde frequentieverdeling kunnen verschillende betrouwbaarheidsmaten worden berekend, waaronder de buffertijd en buffertijdindex.

Met behulp van een hiertoe ontwikkeld programma, kunnen de reistijden, standaarddeviatie en eventueel andere berekende maten worden geaggregeerd naar gemiddelden voor bepaalde regio's, gebiedstypen en/of relatietypen.

Calibratie en validatie

Zoals vrijwel alle modellen, heeft ook Smara een aantal parameters: getalwaarden die bepalen hoe en hoe sterk de uitkomsten van het model door de verschillende invoergegevens en tussenresultaten worden beïnvloed. Bij Smara gaat het om de speed-flowcurven en de effecten van de verschillende factoren die in de eerste paragraaf van dit hoofdstuk zijn behandeld. Uit de literatuur bestaat een globaal beeld van de vorm die speed-flowcurven in het algemeen hebben, en van de

effecten die de verschillende onderscheiden factoren ongeveer hebben op de wegcapaciteit en reistijd. Toch is dit beeld niet erg exact. In zulke gevallen is het gebruikelijk om een model te calibreren. In dit geval was het criterium dat de gemiddelde reistijd en de standaarddeviatie van reistijden zo goed mogelijk gereproduceerd worden, in de spits en in de daluren, op tien snelwegtrajecten waarover gedetailleerde reistijdinformatie beschikbaar was. Het gaat hierbij om de snelwegtrajecten Eindhoven-Tilburg, Beesd-Utrecht, Gorinchem-Utrecht, Gouda-Den Haag en Purmerend-Amsterdam vice versa (zie ook voorgaande hoofdstuk). De standaarddeviatie waarop is gecalibreerd, betreft de standaarddeviatie tussen twee-minutenblokken. Dat wil zeggen dat deze de variatie naar tijd van de dag meeneemt.

Van belang is nog dat in het calibratieproces de betreffende parameters niet al te sterk zijn gewijzigd: de cijfers met betrekking tot de fluctuaties in de drukte zijn niet gewijzigd ten opzichte van de uitkomsten van de statistische analyse. Dit geldt ook voor de cijfers met betrekking tot de evenementen. De cijfers die betrekking hebben op de effecten van het weer, zijn gewijzigd met minder dan één procent; de cijfers die betrekking hebben op de effecten van ongevallen en wegwerkzaamheden zijn gewijzigd met maximaal tien procent.

De resultaten zijn weergegeven in figuur 16. Voor de tien trajecten tezamen voorspelt Smara de gemiddelde reistijd vrij goed. In de spits vindt het model een gemiddelde over alle trajecten van 25,3 minuten, tegen 26,0 volgens de meetdata van A v v. In de daluren vindt Smara een gemiddelde van 21,0 minuten, tegen 19,5 volgens de meetdata van A v v. Kijken we naar de individuele trajecten, dan valt op dat Smara de reistijd tijdens de spits in de typische spitsrichtingen (Gorinchem-Utrecht, Gouda-Den Haag en Purmerend-Amsterdam) onderschat, terwijl die vooral op het traject Beesd-Utrecht de reistijd wordt overschat. Voor de daluren wordt de reistijd op de trajecten in Brabant en ten zuiden van Utrecht iets overschat.

De variatie van reistijden wordt door Smara systematisch iets onderschat; zie figuur 17. Voor alle trajecten samen vindt het model voor de spits een gemiddelde standaarddeviatie van 7,0 minuten, tegen 9,0 minuten volgens de meetdata van A v v. In de daluren vindt Smara een gemiddelde standaarddeviatie van 4,3 minuten tegen 5,6 volgens A v v. Op het niveau van individuele trajecten wordt de standaarddeviatie tijdens de spits in de typische spitsrichtingen onderschat. Voor de daluren geldt dit vooral voor het traject Utrecht-Gorinchem en voor het traject Purmerend-Amsterdam vice versa.

De onderschatting van de variatie is op zichzelf verklaarbaar. Zoals alle modellen is ook Smara een vereenvoudiging van de werkelijkheid. De belangrijkste bronnen van reistijdvariatie op interlokaal niveau worden in Smara doorgerekend, terwijl een aantal andere buiten beschouwing blijft. Denk hierbij aan zaken als variatie in rijgedrag en variatie in de samenstelling van het verkeer, en aan de interactie-effecten tussen de oorzaken (meer ongevallen bij slecht weer). In dit opzicht wijkt Smara af van de meeste andere modellen. Die andere zijn gericht op het modeleren van gemiddelden en daarbij kunnen minder belangrijke invloeden worden genegeerd; opwaartse en neerwaartse invloeden zullen elkaar over het geheel genomen min of meer neutraliseren. Omdat Smara is gericht op het modelleren van variatie, zou elke invloedsfactor die wordt genegeerd een opwaartse invloed op de variatie hebben gehad. Per saldo leidt dit dus altijd tot een onderschatting van de variatie.

Belangrijker is de vraag of de resultaten van Smara andere systematische afwijkingen bevatten. Wordt de variatie op drukker trajecten bijvoorbeeld systematisch te laag ingeschat in relatie tot die op rustigere trajecten? Om daar meer over te kunnen zeggen moeten we de resultaten voor meer trajecten bekijken. Het gaat dan om de validatie van het model: nagaan of het model voldoende vertrouwenwekkende resultaten oplevert om deze te kunnen generaliseren naar andere gevallen dan waarop is gecalibreerd.

In dit geval worden daarvoor de meetgegevens gebruikt voor 40 trajecten van het project traject-snelheid (zie voorgaande hoofdstuk).

Voor deze trajecten is berekend wat de buffer-tijdindex is op het drukste moment in de spits. Vervolgens is nagegaan hoe deze samenhangt met de buffertijdindex zoals deze door Smara is voorspeld. De correlatie tussen beide bedraagt 0,678, wat aangeeft dat het model redelijk overeenkomt met de berekening. Ook uit het spreidingsdiagram (figuur 18) komt dit beeld naar voren. In het algemeen voorspelt Smara een grotere onbetrouwbaarheid in die gevallen waar volgens de meetgegevens de reistijdvariatie groter is. Voor individuele trajecten zijn de Smara-uitkomsten niet erg nauwkeurig, maar belangrijke verschillen op geaggregeerd niveau (bijvoorbeeld tussen landsdelen) worden wel goed weergegeven. Het feit dat de Smara-uitkomsten gemiddeld hoger zijn dan de meetgegevens, vloeit voort uit verschillende definities van betrouwbaarheid die gehanteerd worden. Bij de meetgegevens gaat het om het verschil tussen de 85%-waarde en het gemiddelde op het drukste tijdstip in de spits; bij de Smara-uitkomst gaat het om het verschil tussen de 95%-waarde en de mediaan, in de gehele spitsperiode.

Resumé en evaluatie

In het voorgaande is het model Smara beschreven. Hoe moeten we nu de onderbouwing van Smara, en dus van de uitkomsten van het model, waarderen? Wat kunnen we zeggen over de betrouwbaarheid van de resultaten? En ten slotte, op welke punten zou het model in eerste instantie verbetering behoeven?

Voor de betrouwbaarheid van de uitkomsten van Smara lijken vier elementen van belang:

1. de ingevoerde $H \cdot B$ -matrix
2. de gehanteerde kansen en effecten van de verschillende invloedfactoren,
3. de evenwichtstoedeling en reistijd-berekeningen binnen Smara
4. de opzet van de Monte-Carlosimulatie zelf.

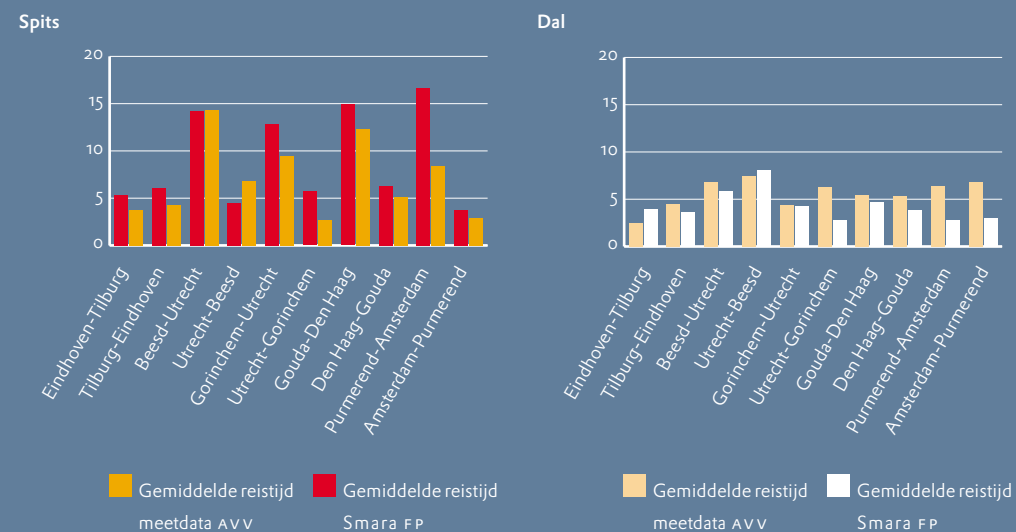
De ingevoerde $H \cdot B$ -matrix beschouwen we als een extern gegeven. In deze studie gebruiken we $H \cdot B$ -matrices die zijn berekend met behulp van het $L \cdot M \cdot S$, het model dat $A \cdot V \cdot V$ gebruikt voor alle belangrijke vervoerprognoses. De betrouwbaarheid hiervan lijkt op voorhand groot in vergelijking tot de onzekerheden die samenhangen met de andere elementen.

De evenwichtstoedeling en reistijdberekening in Smara zijn gebaseerd op rekenmodules van het model Smart van $T \cdot N \cdot O$. Ook hiervoor geldt dat dit tot op zekere hoogte als een 'bewezen techniek' kan worden beschouwd. Wel moet worden opgemerkt dat Smart een strategisch model is. Het is dus bedoeld om op een hoog aggregatieniveau de langetermijneffecten door te rekenen van grootschalige maatregelen. Het netwerk dat gebruikt wordt, is onvoldoende gedetailleerd om betrouwbare uitspraken te kunnen doen op lokaal niveau.

Bovendien is Smart tot nu toe hoofdzakelijk gebruikt om vervoerseffecten in termen van voertuigkilometers te evalueren, en niet zozeer om reistijdeffecten te berekenen. Binnen Smara echter zijn juist die reistijdeffecten van het allergrootste belang. Het gaat daarbij vooral om de mate waarin de reistijd verandert als gevolg van een kleine wijziging in het verkeersvolume of in de capaciteit. Technisch geformuleerd gaat het dus om de steilheid van de speed-flowcurve. Tegen deze achtergrond zijn de speed-flowcurven voor autosnelwegen opnieuw gecalibreerd om de reistijdvariatie op tien snelwegtrajecten te reproduceren. Dit leidde vooral tot een aanpassing in het rechterdeel van de curve. Bij een toenemend volume bleef de snelheid langer en steiler dalen dan in de oorspronkelijk gehanteerde curves. Vervolgens zijn ook de speed-flowcurven voor het onderliggend wegennet in dit opzicht aangepast.

Fundamenteel is de vraag in hoeverre een statisch macromodel als Smart geschikt is om de relevante reistijdeffecten in kaart te brengen. Zoals eerder opgemerkt, zijn dergelijke modellen niet goed in staat om effecten zoals de achterwaartse voortplanting van files ('blocking back') en andere tijdelijke effecten te modelleren.

Figuur 17. Calibratieresultaten: vergelijking uitkomsten Smara met meetdata $A \cdot V \cdot V$ standaarddeviaties op 10 trajecten in de spits en daluren



Bron: data Transpute, uitkomsten Smara, bewerking door $T \cdot N \cdot O$

Figuur 18. Validatie van Smara op buffertijdindices over 40 snelwegtrajecten in de spits



Bron: data Transpute, uitkomsten Smara, bewerking $R \cdot P \cdot B$

Bovendien wordt gewerkt met een gemiddelde voor de spits en een gemiddelde voor de dalperiode, waardoor de werkelijke reistijdvariatie zal worden onderschat. Immers: de drukste tijdstippen in beide periodes, die de grootste bijdrage aan die variatie leveren, tellen niet evenredig zwaar mee bij het berekenen van de gemiddelden. Hierdoor zal de onbetrouwbaarheid waarschijnlijk wat te laag worden ingeschat.

De gehanteerde kansen en effecten zijn gebaseerd op de statistische analyse van de oorzaken van betrouwbaarheid zoals gepresenteerd in de vorige paragraaf. Bovendien zijn zij gebaseerd op cijfers voor de afgelopen jaren. Bij de capaciteitsgerelateerde factoren pechgevallen en ongevallen, en bij wegwerkzaamheden, is een onderscheid gemaakt tussen wegen op basis van wegtype en, waar relevant, op basis van aantal rijstroken. Voor de effecten van weersomstandigheden zou dit ook moeten gebeuren. Omdat hiervoor alleen cijfers voor autosnelwegen beschikbaar waren, zijn die ook toegepast op het onderliggend wegennet. Hierdoor is de onbetrouwbaarheid op het onderliggend wegennet waarschijnlijk onderschat. Gezien de kleine invloed van weersomstandigheden op de onbetrouwbaarheid, zal deze onderschatting hier niet erg groot zijn. Voor alle parameters geldt dat het gaat om algemene gemiddelden voor heel Nederland. Verschillen tussen regio's of tussen individuele weggedeelten, bijvoorbeeld veroorzaakt door specifieke inrichtingselementen, zijn in deze cijfers niet zichtbaar. In hoeverre deze kansen en effecten in de toekomst zullen gaan veranderen, is niet onderzocht.

Bij de opzet van de Monte-Carlosimulatie kunnen twee kanttekeningen worden gemaakt. In de eerste plaats dient het aantal situaties dat wordt doorgerekend, groot genoeg te zijn om de totale kansverdeling van de uitvoervariabele (in dit geval: de reistijden) goed te reproduceren. Op basis van de gemeten AVV cijfers is geraamd dat met 400 simulaties de kans op substantiële afwijkingen tussen de berekende en de werkelijke trajectreistijd kleiner is dan 5 procent. Het is evident dat met 400 berekeningen niet iedere

denkbare toestand van het Nederlandse wegennet kan worden afgedekt. Dit is vooral van belang voor betrekkelijk zeldzame gebeurtenissen. Evenementen die maar één dag in het jaar voorkomen (een kans van 0,4%), hebben een reële kans om helemaal niet voor de berekening getrokken te worden. Op dezelfde wijze geldt voor ongelukken waarbij rijstroken worden geblokkeerd, en voor sommige typen wegwerkzaamheden, dat deze zo zeldzaam zijn dat ze maar op een aantal wegvakken zullen worden getrokken. Op geaggregeerd niveau komen ongevallen en wegwerkzaamheden echter vaak genoeg voor om bij 400 berekeningen, een representatief beeld op te leveren van kansverdeling en van de spreiding over de regio's en over verschillende wegtypen. In de tweede plaats worden bij de Monte-Carlosimulatie de verschillende gebeurtenissen volledig onafhankelijk van elkaar getrokken. Uiteraard zijn niet alle categorieën gebeurtenissen helemaal onafhankelijk van elkaar. Bepaalde evenementen vinden bijvoorbeeld plaats op vaste data in het jaar, waarop het gemiddeld drukker op de weg is dan op andere data. Andere evenementen vallen juist op rustige data. De kans op ongevallen is meer dan evenredig groter bij grote drukte, en bij bepaalde weertypen. Bovendien is ook de invloed van verschillende factoren niet onafhankelijk van elkaar. Bij slecht zicht is de invloed van een ongeval op de capaciteit waarschijnlijk groter dan bij helder weer. Hoe groot deze afhankelijkheden tussen de kansen en tussen de effecten van verschillende invloedsfactoren zijn, is niet onderzocht.

Bruikbaarheid van resultaten

Uit het voorgaande kunnen we constateren dat de resultaten van Smara in het algemeen bruikbaar zijn, zij het met enkele beperkingen en kanttekeningen:

- Door een aantal oorzaken, inherent aan de modelstructuur, is het waarschijnlijk dat de werkelijke reistijdvariatie door Smara wat wordt onderschat. Dit blijkt ook uit de vergelijking met meetgegevens voor de autosnelwegen. Het model is daarmee vooral nuttig om vergelijkingen te maken tussen

verschillende situaties (tussen regio's, tussen ruimtelijke categorieën, tussen verschillende tijdstippen of scenario's).

- Binnenstedelijk verkeer wordt in Smara niet of slechts zeer grof gemodelleerd; dat betekent dat uitspraken aan de hand van Smara alleen betrekking hebben op interlokale verplaatsingen.

- Smara is niet geschikt om uitspraken te doen over individuele weggedeelten of gemeenten, daarvoor zijn de onderliggende gegevens te grof en is het aantal situaties dat wordt doorgerekend in de Monte-Carlosimulatie te gering. Op meer geaggregeerd niveau (met name op het niveau van C O R O P-gebieden of hoger, of van ruimtelijke categorieën zoals stedelijkheidsklassen) levert Smara wel bruikbare uitkomsten.

- Doordat de onderbouwing van sommige cijfers voor het onderliggend wegennet bij gebrek aan gegevens hierover vrij beperkt is, kunnen uitspraken over verschillen tussen het onderliggend wegennet en het snelwegennet alleen een tentatief karakter hebben.

Conclusies

In dit hoofdstuk is gekeken naar de belangrijkste oorzaken van reistijd onbetrouwbaarheid. Het gaat daarbij hoofdzakelijk om:

- variaties in de vervoersvraag: landelijk, als gevolg van verschillende activiteitenpatronen op verschillende weekdays, vakanties en andere seizoensinvloeden, maar ook lokaal in verband met evenementen en dergelijke
- variaties in het capaciteitsaanbod, als gevolg van weersomstandigheden, pechgevallen en ongevallen en wegwerkzaamheden.

Voor elk van deze oorzaken is nagegaan hoe groot de kans op een bepaalde situatie is en wat in dat geval de invloed op vervoersvraag of capaciteit is, en in het geval van wegwerkzaamheden: wat de invloed op de maximumsnelheid is. Op grond hiervan lijkt het aannemelijk dat vraagfluctuaties en wegwerkzaamheden de belangrijkste oorzaken van reistijd onbetrouwbaarheid zijn.

Om hierover met grotere zekerheid en nauwkeurigheid, en ook in meer ruimtelijk detail, uitspraken te doen, is een model nodig zoals Smara. Dit model kiest op basis van de statistische analyse van de verschillende oorzaken van onbetrouwbaarheid, een groot aantal situaties op het wegennet en berekent met een strategisch vervoermodel voor iedere situatie de consequenties voor de reistijd. Door dit voor een groot aantal situaties te doen, kunnen we een beeld krijgen van de reistijdbetrouwbaarheid. Hiermee is het niet alleen mogelijk om de huidige situatie te analyseren, maar ook om prognoses voor toekomstige ontwikkelingen te doen. Daarbij mag aan de uitkomsten geen absoluut karakter worden toegekend, het gaat vooral om de vergelijking tussen verschillende jaren en situaties. De resultaten worden in het volgende hoofdstuk gepresenteerd.

**Reistijdbetrouwbaarheid
berekend en voorspeld**

Inleiding

In dit hoofdstuk wordt het model Smara gebruikt om de betrouwbaarheid van de reistijd te beschrijven voor 2001 en de te verwachten ontwikkeling tot 2020 te voorspellen. De vervoerstromen voor 2001 en 2020 zijn afkomstig uit het Landelijk Modellsysteem (LMS). Daarbij is voor 2020 gebruik gemaakt van de referentievariant die is gemaakt bij de voorbereiding van het Nationaal Verkeers- en Vervoersplan (NVVP). Het wegennet voor 2020 is bepaald door de nu reeds vaststaande investeringen. De prognoses gaan bovendien uit van ongewijzigde voorkeuren in reisgedrag van de bevolking.

Hieronder gaan we eerst in op het infrastructuurnetwerk: infrastructuuraanbod, infrastructuurgebruik, variatie in rijnsnelheden en de invloed van de verschillende oorzaken van onbetrouwbaarheid. Vervolgens laten we zien wat dit betekent voor de betrouwbaarheid van de reistijd van deur tot deur. Verschillen tussen spits- en daluren en verschillen tussen afstandsklassen, regio's, gebiedstypen en relatietypen worden hierbij belicht. In de vierde paragraaf gaan we na wat dit uiteindelijk betekent voor het beoordelen van de bereikbaarheid.

Aanbod, gebruik en betrouwbaarheid van het infrastructuurnetwerk

Het infrastructuurnetwerk

Om de ontwikkeling van de onbetrouwbaarheid te kunnen plaatsen, is het van belang een beeld te hebben van de omvang en capaciteit van het beschikbare infrastructuurnetwerk. Zo kunnen we ook de regionale verschillen in beeld brengen. De netdichtheid of maaswijdte (in wegkilometers per km²) beïnvloedt of men rechtstreeks van herkomst naar bestemming kan

reizen, of via een omweg, en op welke afstand alternatieve verbindingen beschikbaar zijn. Van iedere weg is ook de weggcapaciteit bekend: het aantal voertuigen dat de weg per uur zonder problemen kan verwerken. Gecombineerd met de lengte van de wegen kan zo berekend worden hoeveel voertuigkilometers het netwerk als geheel kan verwerken. Gedeeld door het aantal inwoners geeft dit de capaciteit per inwoner, een factor die mede de belastinggraad van het netwerk beïnvloedt. Een lage capaciteit betekent dat bij een vergelijkbaar autogebruik de infrastructuur zwaarder wordt belast en daarmee wordt de kans op congestie en onbetrouwbaarheid groter.

Tabel 6 geeft een beeld van de dichtheid en de capaciteit van het autosnelwegennet en het regionaal wegennet, uitgesplitst voor drie landdelen in 2001. Het is geen onverwacht beeld: een hogere netdichtheid in het dichtbevolkte West-Nederland en een grotere capaciteit per inwoner in het dunner bevolkte noorden en zuidwesten. Tevens laat de tabel zien dat in Noord- en Zuidwest-Nederland het regionale wegennet een veel groter aandeel heeft in de totale capaciteit.

Tot 2020 is een aantal uitbreidingen van het wegennet voorzien. De reeds ingeplande uitbreidingen van het wegennet, zoals die ook zijn verondersteld in de referentievariant voor de LMS-berekeningen, leiden tot een beperkte verdichting van het wegennet. Ook de capaciteit wordt vergroot, met name bij het autosnelwegennet en in de Randstad. Doordat deze capaciteitsuitbreiding achterblijft bij de bevolkingsontwikkeling, daalt echter de feitelijk beschikbare capaciteit per inwoner.

Tabel 6. Netdichtheid en capaciteit van het infrastructuurnetwerk

	Netdichtheid (wegkm/km ²)				Capaciteit per inwoner (voertuigkm per uur per inw)			
	west	oost/ zuid	noord/ zuidwest	totaal	west	oost/ zuid	noord/ zuidwest	totaal
2001								
Autosnelwegennet	0,20	0,16	0,08	0,15	1,49	1,89	2,15	1,74
Regionaal wegennet	0,74	0,57	0,55	0,61	1,94	3,06	6,17	2,94
Totaal	0,94	0,73	0,63	0,75	3,43	4,94	8,32	4,68
2020								
Autosnelwegennet	0,22	0,17	0,08	0,16	1,53	1,86	2,04	1,73
Regionaal wegennet	0,74	0,57	0,55	0,60	1,77	2,73	5,80	2,66
Totaal	0,95	0,73	0,63	0,76	3,30	4,59	7,85	4,39
Ontwikkeling 2001-2020	+1%	+1%	+0%	+1%	-4%	-7%	-6%	-6%

Bron: Smara

Gebruik infrastructuur

Tabel 7 geeft de gemiddelde wegbelasting van het hoofdwegennet (HWN) en het onderliggende wegennet (OWN) voor verschillende delen van ons land en voor de spits- en dalperiode. Deze wegbelasting is uitgedrukt als de verhouding tussen de intensiteit van het gebruik van de weg en de capaciteit van de weg (de i/c verhouding).

Uit de tabel blijkt duidelijk dat het hoofdwegennet in 2001 in de spits het zwaarst belast was, vooral in het westen. Het onderliggende wegennet heeft meer capaciteit beschikbaar, zelfs in de spits. Dit komt doordat het hoofdwegennet in de dalperiode aanzienlijk meer benut wordt dan het onderliggende net in de spits. In het landsdeel noord/zuidwest is de belasting gemiddeld genomen niet erg hoog; het verschil tussen spits en dal is hier ook veel kleiner dan elders. Landsdeel oost/zuid neemt een middenpositie in. Zoals gezegd, het aanbod aan infrastructuur kent slechts een beperkte groei. Het gebruik van de infrastructuur daarentegen is flink toegenomen (tabel 8). Opvallend is dat deze groei van het gebruik het grootst is op het hoofdwegennet buiten het westen. Wel neemt in het westen het

gebruik van het onderliggende wegennet het meeste toe. Dit is ook logisch. In het westen is het hoofdwegennet immers al zo druk bezet dat automobilisten gaan uitwijken naar het onderliggende wegennet. In de andere delen van Nederland is er nog ruimte voor groei op het hoofdwegennet. Een ander opvallend verschijnsel is het feit dat de groei in de dalperiode hoger is dan in de spitsperiode. Niet alleen verspreidt de drukte zich verder over de dag, ook wordt het over het geheel gezien drukker, met minder specifieke piekperiodes. Dit verschijnsel wordt nu al gesignaleerd (Harms 2003: 69-70).

Doordat de wegcapaciteit slechts beperkt toeneemt en het gebruik van de infrastructuur aanzienlijk stijgt, zal in de periode 2001-2020 het wegennet behoorlijk zwaarder belast gaan worden (tabel 7). De i/c -verhouding stijgt het snelst in de dalperiode. In de landsdelen oost/zuid en noord/zuidwest verslechtert de situatie het meest, wat gezien de toename in het weggebruik niet verrassend is. Ook stijgt de druk op het onderliggende wegennet sterker dan op het hoofdwegennet. Toch blijft de druk daar in vergelijking met het hoofdwegennet nog beperkt.

Tabel 7. Gemiddelde wegbelasting (i/c -verhouding) per kilometer weg naar landsdeel¹ en wegtype

	Spits				Dal			
	west	oost/ zuid	noord/ zuidwest	totaal	west	oost/ zuid	noord/ zuidwest	totaal
2001								
Hoofdwegennet	0,67	0,50	0,23	0,52	0,47	0,39	0,19	0,39
Onderliggend wegennet	0,27	0,21	0,09	0,19	0,17	0,15	0,07	0,14
Totaal	0,45	0,32	0,13	0,32	0,31	0,25	0,10	0,23
2020								
Hoofdwegennet	0,78	0,68	0,33	0,67	0,61	0,60	0,28	0,56
Onderliggend wegennet	0,36	0,27	0,12	0,25	0,26	0,22	0,10	0,20
Totaal	0,57	0,44	0,17	0,42	0,43	0,38	0,15	0,34

Bron: Smara

Tabel 8. Gebruik infrastructuur naar wegtype en landsdeel, 2001-2020

	Spits				Dal			
	west	oost/ zuid	noord/ zuidwest	totaal	west	oost/ zuid	noord/ zuidwest	totaal
Hoofdwegennet	+37%	+57%	+50%	+46%	+52%	+75%	+58%	+63%
Onderliggend wegennet	+35%	+32%	+29%	+33%	+52%	+42%	+41%	+46%
Totaal	+36%	+47%	+39%	+41%	+52%	+63%	+49%	+56%

Bron: Smara o.b.v. LMS

Betrouwbaarheid

De verschillen in wegbelasting leiden tot verschillen in onbetrouwbaarheid. Het zwaarder belaste wegennet in West-Nederland heeft de grootste onbetrouwbaarheid (in tabel 9 uitgedrukt in de variatiecoëfficiënten van de wegsegmenten). Ook zien we dat de betrouwbaarheid van het onderliggende wegennet bij een vergelijkbare belasting slechter is dan die van het hoofdwegennet. Uitgesplitst naar landsdelen valt op dat de betrouwbaarheid relatief weinig verschilt tussen landsdeel west en landsdeel

oost/zuid, vooral in de dalperiode. In landsdeel noord/zuidwest is de situatie aanzienlijk beter. Hier lijken nauwelijks problemen te spelen.

Ook in 2020 gaan de betrouwbaarheid en de belasting gedeeltelijk gelijk op. In vergelijking met 2001 is de betrouwbaarheid van het hoofdwegennet in het landsdeel oost/zuid sterk verslechterd; zij is dan vergelijkbaar met de situatie in West-Nederland. Spits- en dalperiode verschillen nog maar weinig in betrouwbaarheid, zeker op het hoofdwegennet. Het onderliggende wegennet scoort nog steeds het slechtst in

1. In deze rapportage wordt de volgende landsdeelindeeling gehanteerd: west: Noord-Holland, Zuid-Holland, Utrecht en Flevoland; oost/zuid: Gelderland, Overijssel, Noord-Brabant en Limburg; noord/zuidwest: Groningen, Friesland, Drenthe en Zeeland.

Tabel 9. Variatiecoëfficiënt rijtijd per kilometer weglengte

	Spits			totaal	Dal			totaal
	west	oost/ zuid	noord/ zuidwest		west	oost/ zuid	noord/ zuidwest	
2001								
Hoofdwegennet	40%	36%	5%	32%	33%	28%	2%	25%
Onderliggend wegennet	24%	18%	6%	16%	16%	13%	4%	11%
Totaal	28%	22%	6%	20%	20%	17%	4%	14%
2020								
Hoofdwegennet	44%	49%	17%	42%	44%	50%	12%	41%
Onderliggend wegennet	30%	23%	8%	21%	23%	19%	6%	17%
Totaal	34%	30%	9%	26%	28%	27%	7%	22%

Bron: Smara

landsdeel west, maar in oost/zuid wordt deze slechte betrouwbaarheid aardig genaderd. De problemen in het landsdeel noord/zuidwest blijven beperkt.

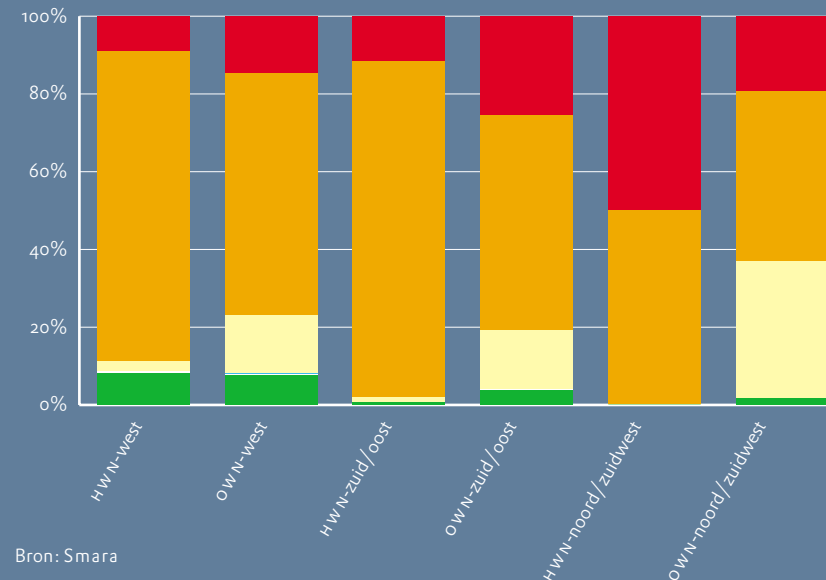
Effectuitsplitsing

Smara houdt rekening met een groot aantal oorzaken van onbetrouwbaarheid. In figuur 19 en 20 is uitgesplitst hoe de diverse oorzaken bijdragen aan de totale onbetrouwbaarheid. Hiervoor is een variantieanalyse uitgevoerd. Er worden vijf categorieën onderscheiden: seizoensinvloeden, evenementen, weer, ongevallen en werkzaamheden. Daarnaast is er een categorie 'interactie'. De invloed van de verschillende oorzaken is bepaald door het model steeds opnieuw te draaien voor slechts één bepaalde categorie. Het verschil tussen de totale onbetrouwbaarheid (in dit geval variantie in reistijd) en de bijdragen van de afzonderlijke categorieën tezamen zijn de interactie-effecten: effecten die uitsluitend optreden wanneer twee of meer oorzaken tegelijkertijd optreden. De effecten zijn uitsluitend uitgesplitst voor de situatie in 2001. Benadrukt moet worden dat bij de vraagfluctuaties de dagelijks terugkerende verschillen in drukte over de dag buiten beschouwing zijn gelaten. Verondersteld is dat de ervaren weggebruiker hiervan op de hoogte is.

Op wegsegmentniveau zijn in de spitsperiode werkzaamheden een belangrijke oorzaak van onbetrouwbaarheid (zie figuur 19). Ook de samenloop van omstandigheden (zich uitend in de interactiecomponent) is relatief vaak de oorzaak van vertragingen. Ongevallen staan op de derde plaats. Het zijn vooral de specifieke oorzaken van onbetrouwbaarheid die hun effect hebben op de onbetrouwbaarheid naar wegsegment. Evenementen hebben op wegsegmentniveau een verwaarloosbare invloed, evenals generieke oorzaken, zoals seizoensinvloeden en weersomstandigheden. Op verplaatsingsniveau zal dit anders zijn.

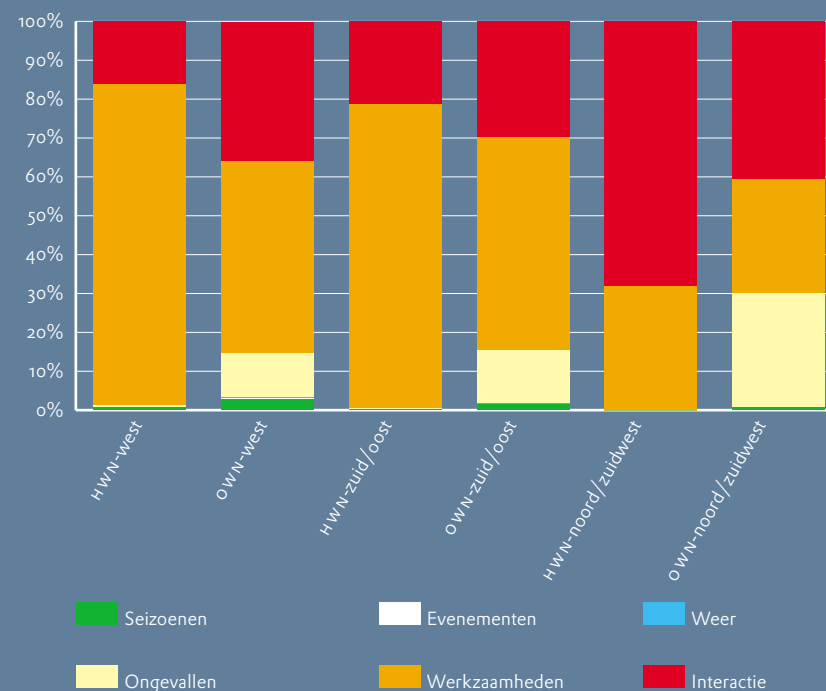
Er zijn aanzienlijke verschillen tussen de landsdelen. West en oost/zuid vertonen een vergelijkbaar beeld, maar vooral in noord/zuidwest tellen ongevallen relatief zwaarder mee. Ook tussen het hoofdwegennet en het onderliggende wegennet zijn opvallende verschillen. Vertragingen op het hoofdwegennet worden vooral veroorzaakt door werkzaamheden, terwijl op het onderliggende wegennet ongevallen en interactie-effecten relatief belangrijker zijn. Dit is ook logisch. Zo worden ongevallen op het hoofdwegennet meestal met minder overlast afgehandeld dan op het onderliggende wegennet, mede doordat op het hoofdwegennet een groter aantal rijstroken beschikbaar is.

Figuur 19. Reistijdvariantie per kilometer naar oorzaak, regio en wegtype in de spitsperiode, 2001



Bron: Smara

Figuur 20. Reistijdvariantie per kilometer naar oorzaak, regio en wegtype in de dalperiode, 2001



Bron: Smara

Verder valt op dat er op het hoofdwegennet in het landsdeel noord/zuidwest een groot deel van de vertraging wordt veroorzaakt door interactie-effecten. De beperkte drukte in deze regio zorgt ervoor dat het hier pas mis gaat als er sprake is van een samenloop van omstandigheden.

Figuur 20 laat zien welke factoren de reistijdvariatie tijdens de dalperiode veroorzaken. Verschillen met de spits uit zich vooral in een nog grotere invloed van werkzaamheden. Deze oorzaak blijkt ook bij mindere drukte voor relatief veel vertraging te zorgen. Vooral in het noorden en zuidwesten en op het onderliggende wegennet blijven ongevalen relatief vaak oorzaak van vertragingen; dit is vergelijkbaar met de spitsperiode.

Reistijd en betrouwbaarheid van deur tot deur

Reistijd en betrouwbaarheid

De spreiding in reistijden van deur tot deur zijn uiteindelijk voor de reiziger bepalend. In deze paragraaf gaan we dan ook uitgebreid in op deze deur-tot-deurreistijden, die we bekijken vanuit verschillende gezichtspunten².

Voor de hele korte verplaatsingen en de internationale verplaatsingen kan Smara geen uitspraken doen over de spreiding in de reistijden. Daarom richten we ons op binnenlandse personenautoverplaatsingen tussen zones en beperken we ons tot werkdagen. We kiezen de buffertijd als indicator voor debetrouwbaarheid: hoeveel extra reistijd (in minuten of als percentage van de mediane reistijd) moet de reiziger in acht nemen om met 95 procent zekerheid op tijd aan te komen.

In tabel 10 is de buffertijd aangegeven voor de spits- en dalperiode, voor de drie onderscheiden landsdelen, voor 2001 en voor 2020. Ter vergelijking is ook de mediane reistijd en de verliestijd (extra reistijd t.o.v. de kortst denkbare reistijd ten gevolge van congestie) opgenomen. De reiziger zal voor de gemiddelde verplaatsing in de spitsuren tien minuten en daarbuiten 6,4 minuten buffertijd moeten aanhouden. Dat is substantieel ten opzichte van een gemiddelde reistijd van rond de 30 minuten; het is ook duidelijk hoger dan de verliestijd ten gevolge van congestie. In Noorden Zuidwest-Nederland is de buffertijd duidelijk lager dan gemiddeld, in West-Nederland wat hoger.

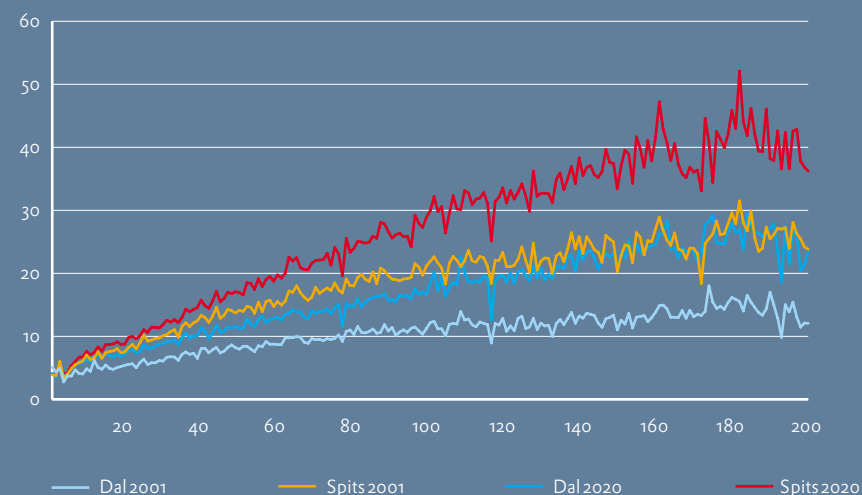
Tabel 10. Reistijd, verliestijd en buffertijd in 2001 en 2020

	Spits				totaal	Dal			
	west	oost/zuid	noord/zuidwest	totaal		west	oost/zuid	noord/zuidwest	totaal
2001									
Reistijd	31,2	32,0	33,3	31,6	27,2	29,6	33,6	28,6	
waarvan verliestijd	7,2	5,4	2,9	6,2	3,1	2,6	2,0	2,8	
Buffertijd	10,9	9,6	5,5	10,0	6,8	6,5	3,5	6,4	
2020									
Reistijd	34,2	35,5	34,6	34,7	30,1	32,7	34,6	31,4	
waarvan verliestijd	10,3	8,6	3,8	9,2	6,0	5,2	2,6	5,4	
Buffertijd	12,4	12,7	7,2	12,1	9,1	9,5	5,2	8,9	

Bron: Smara

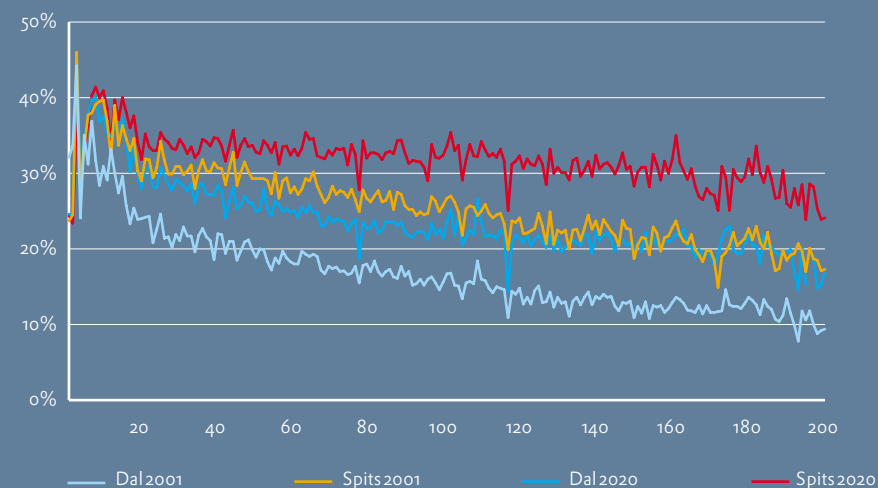
2. De betrouwbaarheidscijfers zijn berekend over alle herkomst-bestemmingsrelaties over het complete wegennet in Smara en gemiddeld over het aantal personenauto's.

Figuur 21. Buffertijd (absoluut) naar afstandsklasse en periode



Bron: Smara

Figuur 22. Buffertijd (relatief) naar afstandsklasse en periode



Bron: Smara

De verwachte onbetrouwbaarheid in 2020 is hoger: 12,1 minuut per verplaatsing in de spits en 8,9 minuut in de daluren. Ook de gemiddelde reistijd neemt toe, als gevolg van de grotere verliestijd. Opvallend is de sterke toename van de verliestijd en de onbetrouwbaarheid in Oost- en Zuid-Nederland, waar de gemiddelde buffertijd hoger wordt dan in het westen.

Betrouwbaarheid naar verplaatsingsafstand

Wanneer de betrouwbaarheid wordt uitgedrukt in het aantal minuten buffertijd of een percentage buffertijd ten opzichte van de mediaan, dan is het natuurlijk relevant te weten over welke afstand de verplaatsing plaatsvindt. Dat bepaalt namelijk in belangrijke mate de gemiddelde reistijd voor de betreffende verplaatsing. Figuur 21 laat zien dat met het toenemen van de verplaatsingsafstand de absolute buffertijd eerst stijgt en daarna lijkt te stabiliseren. Bij langere verplaatsingen is de kans groter dat mee- en tegenvallers onderweg elkaar compenseren. In de spitsperiode is de buffertijd duidelijk groter. Op de zeer korte afstanden is er bijna geen verschil, al stijgt de absolute buffertijd in de spitsperiode veel harder dan in de dalperiode. Voor 2001 stabiliseert de buffertijd zich dan ook op rond de 15 minuten in de dalperiode, en in de spitsperiode rond de 30 minuten.

De figuur laat ook zien dat de onbetrouwbaarheid, uitgedrukt als bufferindex, voor alle afstanden slechter wordt, zowel in de spits- als in de dalperiode. De buffertijden voor de dalperiode in 2020 lijken sterk op die voor de spits in 2001. De stabilisatie in de dalperiode treedt op rond de 30 minuten, tegenover 15 minuten in 2001; in de spitsperiode is dit rond de 45 minuten, tegenover 30 minuten in 2001. De situatie in de dalperiode verslechtert dus relatief het meest.

De relatieve buffertijdindex (figuur 22) vertoont een langzaam dalende lijn. In 2001 moeten reizigers op de langere afstanden in de dalperiode rekening houden met een kleine 10 procent extra reistijd. Voor de spitsperiode is een buffer nodig van zo'n 15 procent. De hogere bufferindex

geeft aan dat voor 2020 de onbetrouwbaarheid toeneemt, zowel voor de spits als voor de dalperiode. Relatief gezien moet de automobilist op de langere afstanden rekening houden met ruim 15 procent meer reistijd in de dalperiode, tegen bijna 25 procent extra reistijd in de spits.

Betrouwbaarheid naar regio

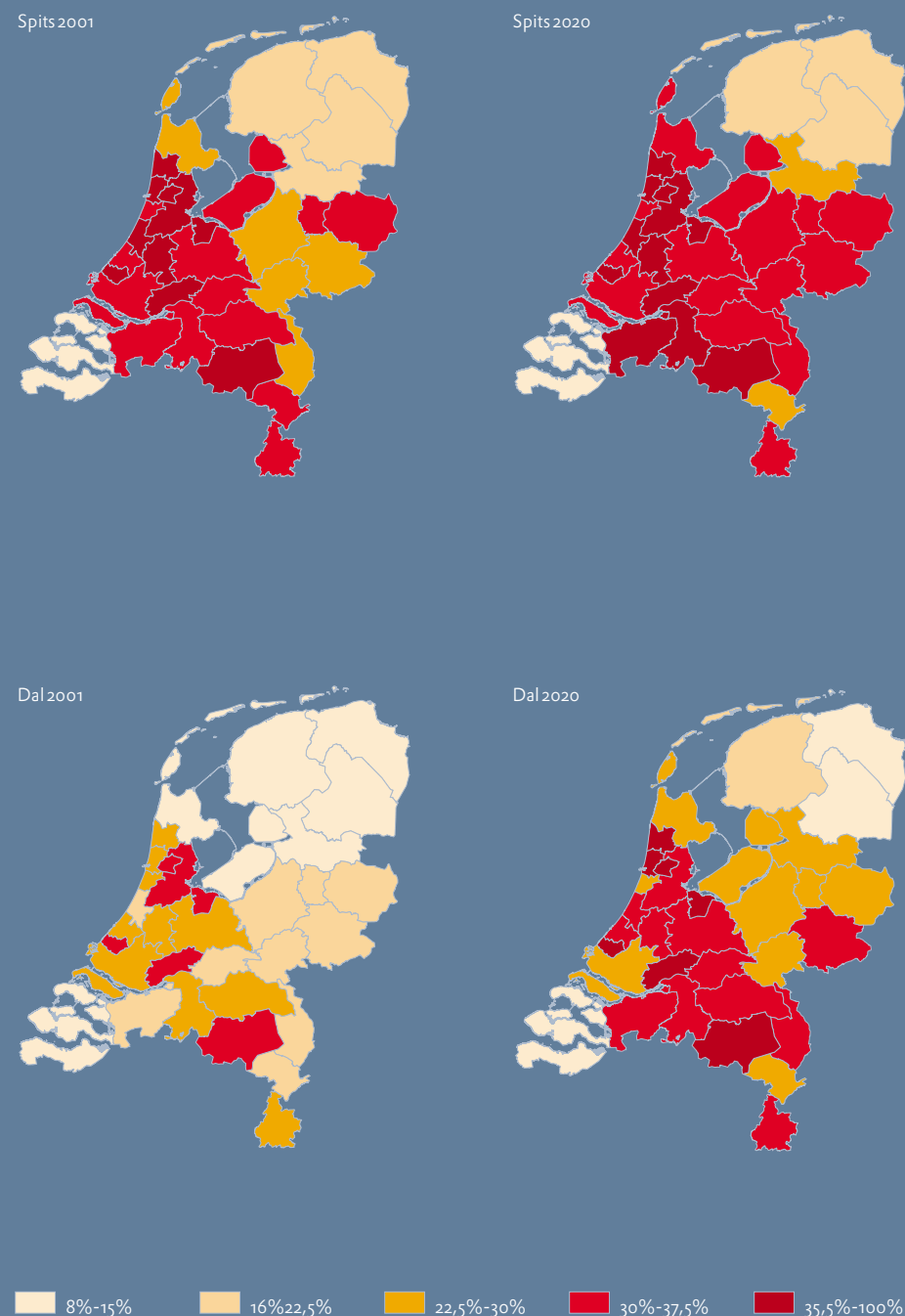
Naast de verdeling over de landsdelen is er een verdere opsplitsing gemaakt naar regio. In figuur 23 zijn de relatieve buffertijdindices weer gegeven naar regio en naar periode. Alleen in Noord- en Zuidwest-Nederland is gekozen voor provincies, dit vanwege de geringere celvulling. De buffertijdindices zijn ook hier weer groter in de spitsperiode dan in de dalperiode. De betrouwbaarheid in spits en dal is duidelijk het grootst in Zeeland. In de dalperiode scoren alle perifere regio's goed; naast Zeeland ook de noordelijke provincies, de kop van Noord-Holland en zelfs Flevoland. In de spitsperiode is het voordeel van deze regio's al veel minder. De westelijke Randstad, maar ook Zuidoost-Brabant, zijn er in 2001 het slechtst aan toe. Om met een behoorlijke zekerheid op tijd te komen moet in deze regio's minimaal bijna 40 procent extra reistijd worden ingecalculleerd.

De ontwikkelingen in de relatieve buffertijdindices naar regio laten opvallende verschillen zien. In de daluren verslechtert de betrouwbaarheid over het geheel genomen sterker dan in de spitsuren. Vooral de ontwikkelingen in Flevoland en aan de noordrand van Overijssel zijn spectaculair. De situatie in de spits verandert in de Randstad maar weinig. Vooral de regio's in de intermediaire zone (met name Gelderland en Noord-Brabant) laten een verslechtering zien. Hierdoor valt de Randstad in 2020 niet langer negatief op door een slechte bereikbaarheid, maar scoort eigenlijk geheel centraal Nederland slecht.

Betrouwbaarheid naar verstedelijkingstype

Uit tabel 11 blijkt dat in de dalperiode vooral centrumgemeenten en randgemeenten in de

Figuur 23. Betrouwbaarheid naar regio en periode



Bron: Smara

landsdelen west en oost/zuid te kampen hebben met een matige betrouwbaarheid van de reistijd. De kleinere steden en het landsdeel noord/zuid-west doen het aanzienlijk beter. Opvallend is wel dat de randgemeenten ook in het noorden en zuidwesten beduidend slechter scoren dan de overige verstedelijkstypen. In de spitsperiode zien we een vergelijkbaar beeld, alhoewel de randgemeenten hier in alle regio's nog meer opvallen in negatieve zin.

De betrouwbaarheid van de diverse verstedelijkstypen kruipt in 2020 voor de dalperiode dichters naar elkaar. Vooral de kleine steden laten een aanzienlijke verslechtering van de situatie zien. Ook in het landelijk gebied wordt de betrouwbaarheid behoorlijk minder. In het westen zien we zelfs dat de situatie in de kleine steden en in het landelijk gebied slechter wordt dan in de centrum- en randgemeenten. Over het algemeen kan gezegd worden dat daar een situatie die nog redelijk was, aanzienlijk verslechtert terwijl de slechte gebieden stabiel slecht blijven. Het lijkt erop dat er een bepaalde bovengrens in onbetrouwbaarheid is (ca. 35-40%). De centrum- en randgemeenten in het westen

hebben deze grens in 2001 al ongeveer bereikt. Daar schuift vooral de situatie in de overige gebieden op in de richting van dit onbetrouwbaarheidsniveau. Verder valt op dat zowel in het zuiden en oosten als in het noorden en zuidwesten vooral de randgemeenten in hoog tempo opschuiven naar een vergelijkbaar onbetrouwbaarheidsniveau, (op een afstandje) gevolgd door de overige gebiedstypen.

Betrouwbaarheid naar relatietype

Tabel 12 geeft een overzicht van de betrouwbaarheid naar relatietype. Daarbij wordt onderscheiden naar verplaatsingen binnen, tussen, van of naar en buiten stadsgewesten. In 2001 hadden in de spits vooral verplaatsingen tussen stadsgewesten te kampen met een slechte betrouwbaarheid, direct gevolgd door verplaatsingen binnen stadsgewesten. Voor de verplaatsingen tussen stadsgewesten valt op dat het verschil tussen spits en dal erg groot is. De reiziger kan hier dus veel tijds winst boeken door de spits te mijden. Binnen een stadsgewest is het verschil tussen spits en dal veel minder. De verplaatsingen buiten de stadsgewesten vertonen de hoogste betrouwbaar-

Tabel 12. Buffertijdindex naar relatietype en periode

Relatietype		2001		2020	
		Spits	Dal	Spits	Dal
Binnen stadsgewesten	binnen/van/naar centrumgemeente	35%	31%	35%	34%
	buiten centrumgemeente	40%	34%	40%	40%
Tussen stadsgewesten	tussen centrumgemeenten	36%	23%	38%	29%
	tussen randgemeente en centrumgemeente	37%	27%	38%	32%
	tussen randgemeenten	38%	26%	40%	34%
Van/naar stadsgewesten	van kleine stad naar centrumgemeente	30%	22%	34%	28%
	van kleine stad naar randgemeente	31%	22%	38%	31%
	van landelijk gebied naar centrumgemeente	33%	24%	37%	31%
	van landelijk gebied naar randgemeente	34%	25%	40%	34%
Buiten stadsgewesten	tussen kleine steden	25%	18%	31%	26%
	van/naar kleine stad	26%	18%	31%	26%
	buiten kleine steden	23%	17%	30%	25%
Totaal		33%	25%	36%	31%

Bron: Smara

heid, al is de relatieve bufferindex nog steeds rond de 25 procent voor de spitsperiode en bijna 20 procent voor de dalperiode. Voor 2020 geldt voor alle relatietypen een sterkere toename in de dal- dan in de spitsperiode. In de spitsperiode is de toename van de onbetrouwbaarheid binnen en tussen de stadsgewesten zeer beperkt. In de relaties van en naar de stadsgewesten en buiten de stadsgewesten om is er nog wel een duidelijk zichtbare toename. In de dalperiode is de toename van de onbetrouwbaarheid ook substantieel voor de relaties binnen stadsgewesten buiten de centrumgemeente om en voor relaties tussen stadsgewesten.

Betrouwbaarheid naar verplaatsingsmotief

Voor 2001 is de betrouwbaarheid van reistijden ook uitgesplitst naar motief. De verschillen tussen de motieven blijken klein te zijn; zij zijn vooral terug te voeren op de dominante periode op de dag waarop deze verplaatsingen meestal plaatsvinden. Voor werken gebeurt de verplaatsing

meestal tijdens de spits; de betrouwbaarheid is hier het laagst. Voor sociaal en recreatief verkeer en voor zakelijke verkeer, die relatief vaker buiten de spits plaatsvinden, is de betrouwbaarheid iets hoger. We zien daarnaast de gebruikelijke verschillen tussen de landsdelen.

Effectuitsplitsing

Ten slotte hebben we ook voor de deur-tot-deurverplaatsingen een uitsplitsing gemaakt naar effect. Uit de figuren 24 en 25 blijkt dat verschillende effecten een heel andere invloed hebben op de betrouwbaarheid van deur-tot-deurverplaatsingen dan op het niveau van individuele wegsegmenten. Dit komt doordat incidentele oorzaken die op wegsegment spelen, zoals ongevallen en wegwerkzaamheden, op het niveau van deur-tot-deurverplaatsing 'uitmiddelen': een incident geeft voor een enkel wegsegment hele grote schommelingen in de reistijd, maar op de totale reistijd van deur tot deur is de invloed beperkt.

Tabel 11. Buffertijdindex naar verstedelijkstypen en landsdeel

	Spits			totaal	Dal			totaal
	west	oost/zuid	noord/zuidwest		west	oost/zuid	noord/zuidwest	
2001								
Centrumgemeente	34%	29%	12%	32%	28%	28%	12%	27%
Randgemeente	38%	36%	22%	38%	31%	28%	18%	30%
Kleine stad	33%	26%	14%	25%	23%	20%	13%	19%
Landelijk gebied	36%	30%	18%	31%	24%	21%	10%	20%
Totaal	36%	31%	17%	33%	28%	24%	11%	25%
2020								
Centrumgemeente	35%	34%	16%	35%	32%	33%	14%	32%
Randgemeente	38%	40%	30%	38%	36%	34%	22%	35%
Kleine stad	41%	33%	18%	31%	35%	29%	18%	27%
Landelijk gebied	40%	35%	21%	35%	32%	30%	13%	28%
Totaal	38%	36%	20%	36%	34%	32%	16%	31%

Bron: Smara

Generieke oorzaken, zoals de seizoensfluctuatie van de vraag en in mindere mate weersinvloeden, spelen over alle wegsegmenten tegelijk, waardoor ze op de totale reistijd een grotere invloed hebben.

De figuren laten zien dat seizoensinvloeden en werkzaamheden de belangrijkste bijdragen leveren aan de onbetrouwbaarheid op het niveau van de deur-tot-deurverplaatsing. In het landdeel west overheersen de seizoensinvloeden, terwijl in oost/zuid en noord/zuidwest de werkzaamheden belangrijker zijn. In totaal zijn seizoensinvloeden iets belangrijker dan werkzaamheden. Evenementen, en in mindere mate het weer, lijken vooral in het westen een rol te spelen. Voor de evenementen geldt dat deze daar meer voorkomen; het weer zal vooral van invloed zijn bij een hoge belasting van het wegennet. De regio noord/zuidwest is het meest gevoelig voor interactie-effecten. Bij geringere drukte gaat het immers pas mis met de betrouwbaarheid als er sprake is van een samenloop van omstandigheden.

Het verschil tussen spits en dal is opvallend. In de daluren is de invloed van fluctuaties van het verkeersaanbod minder groot en zijn het vooral de werkzaamheden die de vertraging veroorzaken. Het effect van de seizoensinvloeden is buiten de spitsuren minder groot, doordat de variatie in de vervoersvraag kan worden afgewikkeld met de beschikbare capaciteit. Verder is de bijdrage van interactie-effecten tijdens de daluren veel groter dan in de spitsperiode. Ook dit is verklaarbaar uit de geringere drukte.

Effect op bereikbaarheid

Het is duidelijk dat de onbetrouwbaarheid substantieel is, dat er regionale verschillen zijn, en dat de onbetrouwbaarheid toeneemt, eveneens met regionale verschillen. Wat dit betekent voor de bereikbaarheid, is op zich niet zo eenduidig te beantwoorden. Simpelweg omdat er niet één ultieme indicator voor bereikbaarheid bestaat. Voor deze studie hebben wij ervoor gekozen om de bereikbaarheid voor het woon-

werkverkeer in de spits als voorbeeld te nemen. De bereikbaarheid vanuit de woongebieden beschrijven we als het aantal bereikbare arbeidsplaatsen, gewogen met een functie die gevoelig is voor de reistijd. Hoe langer de reistijd, hoe minder zwaar een arbeidsplaats wordt meegeteld. Eenzelfde maat beschrijft de bereikbaarheid van werkgebieden. In dat geval gaat het echter om de omvang van de beroepsbevolking die bereikt kan worden, gewogen met dezelfde reistijdgevoeligheidsfunctie. In formulevorm zijn deze bereikbaarheidsmaten:

$$B_{wi} = \sum_j \frac{A_j}{(1 + \exp(a + b * \ln(T_{ijau})))}$$

$$B_{aj} = \sum_i \frac{B_{bevi}}{(1 + \exp(a + b * \ln(T_{ijau})))}$$

$$BT_{wi} = \sum_j \frac{A_j}{(1 + \exp(c + d * \ln(BT_{ijau})))}$$

$$BT_{aj} = \sum_i \frac{B_{bevi}}{(1 + \exp(c + d * \ln(BT_{ijau})))}$$

waarbij:

B_{wi} = de bereikbaarheid exclusief betrouwbaarheid van arbeidsplaatsen vanuit zone i

B_{aj} = de bereikbaarheid exclusief betrouwbaarheid van beroepsbevolking vanuit zone j

BT_{wi} = de bereikbaarheid inclusief betrouwbaarheid van arbeidsplaatsen vanuit zone i

BT_{aj} = de bereikbaarheid inclusief betrouwbaarheid van beroepsbevolking vanuit zone j

A_j = het aantal arbeidsplaatsen in zone j

B_{bevi} = de beroepsbevolking in zone i

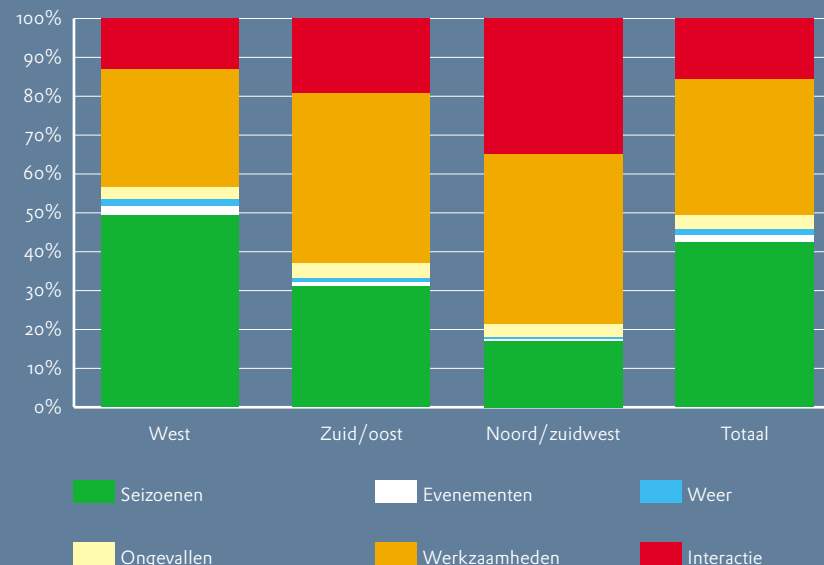
T_{ijau} = de nominale reistijd per auto van zone i naar zone j

BT_{ijau} = de nominale reistijd plus buffertijd per auto van zone i naar zone j

a, b, c, d = coëfficiënten geschat op basis van OVG 2001 en reistijden uit Smara

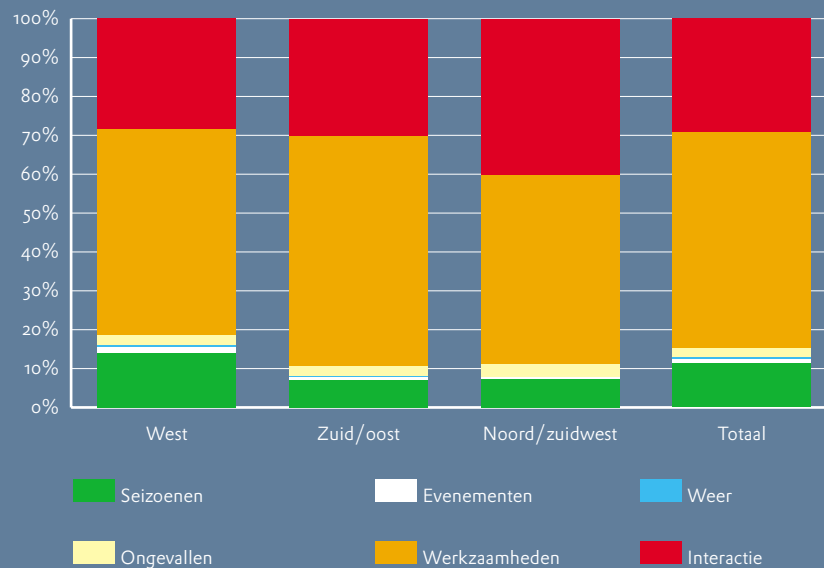
De bereikbaarheid is berekend op basis van de mediane reistijd en op basis van de reistijd inclusief de extra buffertijd. De uitkomsten zijn geïndiceerd op het landelijk gemiddelde.

Figuur 24. Variantie spitsreistijden naar oorzaak en regio, 2001



Bron: Smara

Figuur 25. Variantie dalreistijden naar oorzaak en regio, 2001



Bron: Smara

Tabel 13. Het aantal bereikbare arbeidsplaatsen vanuit woongebieden, met en zonder betrouwbaarheid

	west	oost/ zuid	noord/ zuidwest	totaal
2001 (nationaal gemiddelde =100)				
Bereikbaarheid excl. betrouwbaarheid (B)	141	73	40	100
Bereikbaarheid incl. betrouwbaarheid (BT)	135	76	51	100
Invloed betrouwbaarheid op bereikbaarheid (BT/B)	0,96	1,04	1,29	1,00
Ontwikkeling 2001-2020				
Ontwikkeling bereikbaarheid excl. betrouwbaarheid (B)	0,87	0,88	0,94	0,88
Ontwikkeling bereikbaarheid incl. betrouwbaarheid (BT)	0,83	0,78	0,86	0,82
2020 (nationaal gemiddelde =100)				
Bereikbaarheid excl. Betrouwbaarheid	139	73	43	100
Bereikbaarheid incl. betrouwbaarheid	137	72	54	100
Invloed betrouwbaarheid op bereikbaarheid	0,99	0,98	1,27	1,00

Bron: Berekening RPB op basis van Smara

Tabel 13 geeft de uitkomsten samengevat per landsdeel. Figuur 26 geeft de uitkomsten per regio.

Wanneer de invloed van betrouwbaarheid niet wordt meegenomen, kan men vanuit een woning in West-Nederland 41 procent meer banen bereiken dan het landelijk gemiddelde. In Oost- en Zuid-Nederland ligt dit op een niveau van 73 procent van het landelijk gemiddelde en in Noord- en Zuidwest-Nederland op 40 procent.

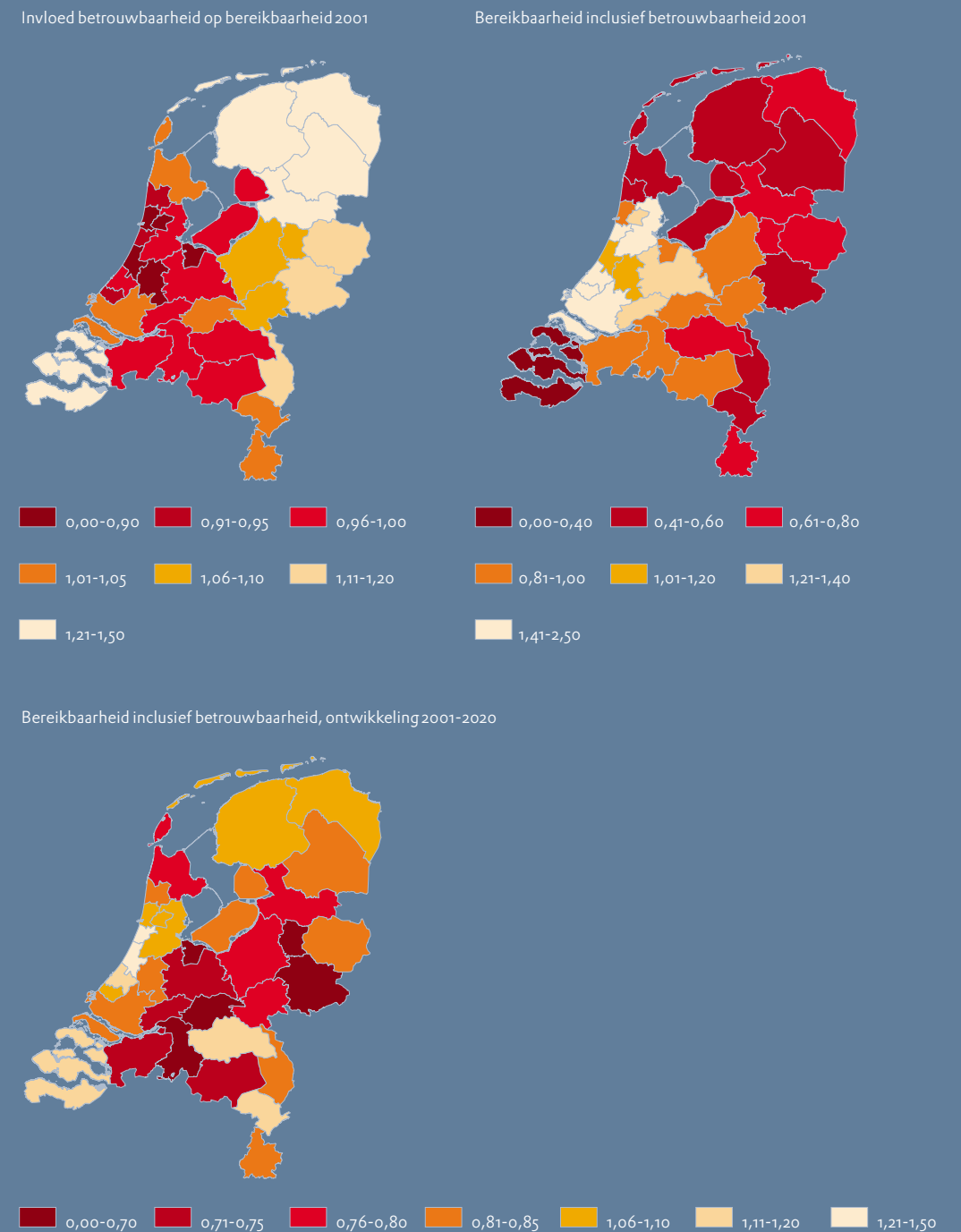
Als betrouwbaarheid wordt meegenomen in de bereikbaarheidsmaat, worden de regionale verschillen kleiner. De situatie in West-Nederland wordt iets slechter, Oost-/Zuid-Nederland scoort iets beter en vooral Noord-/Zuidwest-Nederland komt beter uit de bus. Door betrouwbaarheid mee te nemen verslechtert de relatieve positie van west Nederland met 6 indexpunten, verbetert die van Oost-/Zuid-Nederland met 3 indexpunten en die van noord en zuidwest Nederland met 11 indexpunten.

De toegenomen congestie leidt ertoe dat in 2020 de bereikbaarheid met gemiddeld 12 procent is verslechterd. In Noord- en Zuidwest-Nederland is die verslechtering minder groot. Als betrouwbaarheid wordt meegenomen wordt die ver-

slechtering groter: 18 procent. Ook dan scoren Noord- en Zuidwest-Nederland relatief goed. Het zijn met name Zuid- en Oost-Nederland die hun bereikbaarheid door de toegenomen onbetrouwbaarheid zien afnemen. Per saldo zijn in 2020 de regionale verschillen in bereikbaarheid wat verkleind. De relatieve positie van Noord-/Zuidwest-Nederland stijgt van 40 naar 43 indexpunten; die van West-Nederland daalt twee indexpunten. Als de betrouwbaarheid wel wordt meegenomen, worden de regionale verschillen groter: voor West- en Noord-/Zuidwest-Nederland stijgt de bereikbaarheid twee á drie indexpunten ten opzichte van 2001, voor Zuid-/Oost-Nederland daalt de bereikbaarheid vier indexpunten. De sterke groei van de mobiliteit in deze regio leidt tot een verminderde bereikbaarheid, omdat de onbetrouwbaarheid groter wordt.

Figuur 26 gaat in meer detail in op de regionale verschillen. De kaarten laten zien dat met name in de Randstad, Flevoland en Noord-Brabant de onbetrouwbaarheid van de reistijd ertoe leidt dat de bereikbaarheid lager gewaardeerd moet worden. Desondanks is de bereikbaarheid van arbeidsplaatsen in de Randstad het hoogst. In het Gooi en delen van Brabant en Gelderland is de grootste afname van bereikbaarheid te verwachten.

Figuur 26. Bereikbaarheid van werkgelegenheid vanuit woongebieden, naar regio



Bron: Smara

Reistijdbetrouwbaarheid berekend en voorspeld

Tabel 14. De bereikbaarheid van werkgebieden voor werknemers, met en zonder de invloed van betrouwbaarheid

	west	oost/ zuid	noord/ zuidwest	totaal
2001 (nationaal gemiddelde =100)				
Bereikbaarheid excl. betrouwbaarheid (B)	131	77	46	100
Bereikbaarheid incl. betrouwbaarheid (BT)	124	81	60	100
Invloed betrouwbaarheid op bereikbaarheid (BT/B)	0,95	1,06	1,32	1,00
Ontwikkeling 2001-2020				
Ontwikkeling bereikbaarheid excl. betrouwbaarheid (B)	0,85	0,88	0,99	0,87
Ontwikkeling bereikbaarheid incl. betrouwbaarheid (BT)	0,82	0,78	0,92	0,82
2020 (nationaal gemiddelde =100)				
Bereikbaarheid excl. betrouwbaarheid	128	78	52	100
Bereikbaarheid incl. betrouwbaarheid	124	78	68	100
Invloed betrouwbaarheid op bereikbaarheid	0,97	1,00	1,31	1,00

Bron: Berekening RPB op basis van Smara

Eenzelfde analyse is uitgevoerd vanuit de werkgebieden (tabel 14). Ook nu blijkt de bereikbaarheid in West-Nederland de grootste, al wordt die positie afgezwakt als de betrouwbaarheid wordt meegenomen. De regionale verschillen zijn kleiner dan in het geval van regio's als woongebied.

Door de toegenomen congestie zal de bereikbaarheid van werkgebieden tot 2020 gemiddeld met 13 procent dalen. In Noord- en Zuidwest-Nederland is die daling echter slechts 1 procent gemiddeld. Net als bij de woongebieden is ook hier de daling sterker als betrouwbaarheid wordt meegenomen. Oost- en Zuid-Nederland hebben hier weer de meeste last van.

Wanneer de invloed van betrouwbaarheid niet wordt meegenomen, zal de bereikbaarheid in West-Nederland in 2020 zijn gedaald van 131 naar 128. In Oost-/Zuid-Nederland zal de bereikbaarheid één indexpunt zijn gestegen en in Noord- en Zuidwest-Nederland zal zij zijn toegenomen van 46 naar 52 indexpunten. Wordt betrouwbaarheid echter wel meegenomen, dan blijft de positie van West-Nederland constant (124). De positie van Noord- en Zuidwest-Nederland wordt duidelijk beter (van 60 naar 68), terwijl

de bereikbaarheid in Zuid- en Oost-Nederland daalt van 81 naar 78 indexpunten.

Conclusies

Er zijn grote verschillen in de belasting van wegen. De autosnelwegen worden intensiever gebruikt dan het onderliggende wegennet. De belasting van het wegennet is in West-Nederland groter dan in Oost- en Zuid-Nederland en veel groter dan in Noord- en Zuidwest-Nederland. De onbetrouwbaarheid volgt dit patroon: zij is hoger op het autosnelwegennet en lager in landsdeel noord/zuidwest. De variatiecoëfficiënt loopt op tot 40 procent voor het autosnelwegennet in West-Nederland. De verwachting is dat in 2020 het wegennet substantieel zwaarder belast zal zijn. De groei van het gebruik is duidelijk sterker dan de verwachte toename van de capaciteit. De groei van de belasting is het grootst buiten de Randstad en in de dalperiode. Ook is de groei op het autosnelwegennet groter dan op het regionale wegennet. Op wegvakniveau neemt de variatie substantieel toe: van 20 tot 26 procent in de spits en van 14 tot 22 procent in de dalperiode. Het verschil tussen spits en dal en tussen West- en Oost-/Zuid-Nederland wordt erg klein.

Op wegvakniveau zijn werkzaamheden de belangrijkste oorzaak voor onbetrouwbaarheid. Zij komen geregeld voor en hebben een duidelijke impact op de rijnsnelheden. Ongevallen komen minder vaak voor. De vraagfluctuaties tussen de dagen hebben op afzonderlijke wegvakken een minder grote impact.

De betrouwbaarheid voor deur-tot-deurreistijden is duidelijk gerelateerd aan de af te leggen afstand. Op langere afstanden moet men een grotere speling in de reistijd aanhouden, maar dit vlakkt af. Voor afstanden langer dan 150 kilometer dient men een marge aan te houden van 15 minuten in de dalperiode en van zo'n 25 minuten in de spitsperiode om met 95 procent zekerheid op tijd aan te komen. In percentage van de reistijd daalt dit van 35 á 40 procent voor de korte afstanden tot 10 á 15 procent voor de lange afstanden.

Deur-tot-deurreistijden vertonen duidelijke regionale verschillen. Zo kennen de westelijke Randstad en Noord-Brabant de grootste onbetrouwbaarheid, van 35 á 40 procent in de spits en een kleine 30 procent in de dalperiode. Flevoland, Limburg en Oost-Nederland nemen een tussenpositie in. De betrouwbaarheid is het grootst in Noord-Nederland en in Zeeland. Ook binnen de regio's bestaan er verschillen, maar die zijn kleiner. Zo worden randgemeenten binnen stadsgewesten geconfronteerd met een wat grotere onbetrouwbaarheid, terwijl de betrouwbaarheid voor kleine steden en het landelijk gebied vaak beter is. Er is ook een logisch richtingseffect: in de ochtendspits zijn de reistijden vanuit het landelijk gebied onbetrouwbaarder, in de avondspits juist die in de richting van het landelijk gebied. De grootste betrouwbaarheidsproblemen zijn er in de relaties binnen en tussen de stadsgewesten, vooral in de spits. Buiten de stadsgewesten en in de dalperiode is de betrouwbaarheid beter.

Ook voor deur-tot-deurreistijden neemt de onbetrouwbaarheid toe, vooral voor bovenregionale afstanden. Voor een lange afstand zal men in 2020 een marge moeten aanhouden van bijna 40 minuten in de spits en 25 á 30 minuten in

de dalperiode. Als automobilisten niet meer dan 5 procent kans willen lopen om te laat te komen, zullen ze zo'n 31 (dal) tot 36 procent (spits) extra reistijd moeten incalculeren. Voor deur-tot-deurreistijden verdwijnt het verschil tussen West- en Oost-/Zuid-Nederland. Ook de verschillen tussen de stadsgewesten en de kleine steden en het landelijk gebied worden kleiner.

Voor de deur-tot-deurreistijden blijven werkzaamheden een belangrijke oorzaak van vertraging. In de spitsperiode zijn echter ook de vraagfluctuaties van belang. Ongevallen, weer en evenementen spelen een minder grote rol bij de vertraging van deur-tot-deurreistijden.

De onbetrouwbaarheid verkleint de regionale verschillen in bereikbaarheid. In West-Nederland, waar de hogere dichtheid maakt dat het aanbod aan bereikbare bestemmingen het grootste is, is ook de onbetrouwbaarheid het grootst. Door de toenemende congestie verslechtert de betrouwbaarheid gemiddeld met 12 procent. Als onbetrouwbaarheid wordt meegenomen wordt die verslechtering sterker: 18 procent. De prognoses geven echter ook aan dat in 2020 de onbetrouwbaarheid in Oost- en Zuid-Nederland het niveau van de Randstad dicht zal zijn genaderd. Daardoor worden het verschil in bereikbaarheid ten opzichte van West-Nederland weer groter.

De toenemende belasting zou de situatie op het wegennet in het westen van Nederland veel instabieler maken, met een 'onbetrouwbaarheidsexplosie' als gevolg. Het is een verwachting die door deze analyse niet wordt ondersteund. Maar ook de omgekeerde hypothese, dat het verkeer bij ongewijzigd beleid zo vast komt te staan dat de reistijd zich stabiliseert op een veel hoger, maar betrouwbaar niveau, lijkt niet op te gaan.

Kort samengevat is de onbetrouwbaarheid op dit moment substantieel, uitgedrukt in een percentage van de mediane reistijd. Om met 95 procent zekerheid op tijd aan te komen dient men zo'n 25 tot 35 procent extra reistijd als buffer te nemen.

De huidige verschillen tussen spits en dal en tussen de Randstad en daarbuiten zijn nog substantieel, evenals die tussen de stadsgewesten en de gebieden daarbuiten. In 2020 zal de onbetrouwbaarheid verder zijn toegenomen, vooral buiten de spits en buiten de Randstad. Ook de verschillen tussen de stadsgewesten en de gebieden daarbuiten worden tussen 2001 en 2020 veel kleiner. Hiermee zal de onbetrouwbaarheid in 2020 veel breder zijn verspreid. Alleen in Noord- en Zuidwest-Nederland behoudt zij een aanzienlijk lager niveau.

Toekomststrategieën

Inleiding

Dit boek gaat over de betrouwbaarheid van de reistijd van deur tot deur. De betrouwbaarheid van een reis is de kans dat een reis wordt afgelegd met de vooraf verwachte kenmerken, in dit geval reistijd. Uit onze analyse in de voorgaande hoofdstukken bleek dat het probleem van de betrouwbaarheid, of liever de onbetrouwbaarheid, op dit moment substantieel is en in de toekomst nog verder zal toenemen, vooral ook buiten de Randstad en buiten de spitsperiode. Om de onbetrouwbaarheid te beheersen of te verbeteren, heeft de overheid verschillende strategieën ter beschikking, zoals:

1. strategieën gericht op benutting van de infrastructuur en op mobiliteitsgedrag: de rol van onder meer reisinformatie, dynamisch verkeersmanagement en prijsbeleid
2. strategieën gericht op de ruimtelijke ontwikkeling: zijn er verschillen in de invloed van ruimtelijke ontwikkelingen op de betrouwbaarheid?
3. strategieën gericht op de infrastructuurnetwerken: verbreden van het autosnelwegennet of uitbouwen van het onderliggend wegennet.

In dit hoofdstuk zullen we voor deze drie categorieën verkennende analyses uitvoeren. Zo kan een eerste indruk ontstaan van hun haalbaarheid en effectiviteit enerzijds en anderzijds van wat men met het beschikbare model in beeld kan brengen. Deze analyses kunnen daarmee een startpunt zijn om een samenhangende strategie verder te doordenken, uit te werken en te evalueren. Een eerste aanzet voor die strategie reiken we aan in de slotparagraaf.

Strategieën gericht op benutting en mobiliteitsgedrag

Het uitbouwen van de infrastructuurnetwerken – strategie 3 – of het beïnvloeden van de ruimtelijke ontwikkeling – strategie 2 – zijn beide gericht op de lange termijn. Binnen het daarmee vastgelegde kader zijn er vervolgens mogelijkheden om op kortere termijn zowel de benutting van de infrastructuur als het mobiliteitsgedrag te beïnvloeden. Dit kan bijvoorbeeld door:

- dynamisch verkeersmanagement. Hiermee kan de capaciteit van bestaande infrastructuur worden vergroot en beter benut. Het gaat om zaken als toeritdosering, inhaalverboden, dynamische wegprofielen, route- en reistijdinformatie, incidentmanagement
- het anders verdelen van de capaciteit van de infrastructuur. Middels doelgroepstroken, betaalstroken of doorstroomroutes kunnen groepen voor wie snelheid en betrouwbaarheid belangrijk is, gevrijwaard worden van vertraging
- prijsbeleid en ander mobiliteitsbeleid. Hiermee kan, selectief of generiek, de belasting van de infrastructuur worden beperkt.

In de reguliere Smara-berekeningen wordt vastgehouden aan bestaande routes. Door bij de simulaties het verkeer in het geval van incidenten of grote drukte nu wel te laten uitwijken naar andere routes, kunnen we een indruk krijgen van de mogelijke impact van verkeersmanagement en van goede reisinformatie. Per simulatie wordt dan een nieuwe evenwichtstoedeling gemaakt, die er feitelijk vanuit gaat dat iedereen perfect op de hoogte is van de verkeerssituatie op elk wegvak. Tabel 15 geeft aan wat dit betekent voor de gemiddelde buffertijd: de extra tijd die nodig is om in 95 procent van de gevallen op tijd te komen. Hierbij hebben we de mogelijke invloed van een andere capaciteitsverdeling van de infra-

Tabel 15. Buffertijd in minuten met en zonder uitwijken in 2020

	Spits				Dal			
	west	oost/ zuid	noord/ zuidwest	totaal	west	oost/ zuid	noord/ zuidwest	totaal
Buffertijd zonder uitwijken	12,4	12,7	7,2	12,1	9,1	9,5	5,2	8,9
Buffertijd met uitwijken	8,2	8,2	5,5	9,4	5,8	6,1	4,7	5,8
Verskil	4,2	4,5	1,7	2,7	3,3	3,4	0,5	3,1

Bron: Smara

structuur en de invloed van prijsmaatregelen buiten beschouwing gelaten.

De berekeningen laten zien dat perfecte informatie en beheersing van de verkeersstromen de buffertijd gemiddeld met zo'n 3 minuten bekorten. Het effect zal in de praktijk minder zijn.

Immers, ook nu al zijn er weggebruikers die over goede reisinformatie beschikken. Bovendien zullen zelfs in de toekomst nooit alle weggebruikers de informatie ontvangen dan wel gebruiken. In ieder geval zijn met deze strategie substantiële effecten op de betrouwbaarheid denkbaar.

Strategieën gericht op de ruimtelijke ontwikkeling

De ruimtelijke ontwikkeling kan een rol spelen bij de ontwikkeling van de betrouwbaarheid. De ruimtelijke spreiding van wonen, werken en voorzieningen bepaalt immers hoe ver gereisd moet of kan worden om de noodzakelijke of gewenste bestemmingen te bereiken. Bij de invloed van de ruimtelijke ontwikkeling gaat het om:

1. de mate waarin de ruimtelijke structuur door de onderlinge afstanden mensen wel of niet dwingt om ver te reizen
2. de mate waarin de ruimtelijke structuur door de situering ten opzichte van hoogwaardige infrastructuur het wel of niet aantrekkelijk maakt om ver te reizen
3. de mate waarin de ruimtelijke structuur door de situering ten opzichte van de infrastructuur keuzemogelijkheden biedt, of de gebruikers afhankelijk maakt van een bepaal-

de vervoerwijze en een bepaalde route
4. de mate waarin de ruimtelijke structuur door de situering ten opzichte van de infrastructuur cruciale en kwetsbare stukken infrastructuur extra belast, en daardoor de betrouwbaarheid van het gehele infrastructuursysteem in gevaar brengt.

Het bundelingsbeleid is, in verschillende vormen, al decennialang een basiselement in de Nederlandse ruimtelijke ordening. Zo werd er in de Vinex-nota naar gestreefd de niet-noodzakelijke automobiliteit te beperken. Dit was een van belangrijkste motieven om de verstedelijkingsopgave te concentreren in bestaand stedelijk gebied en in grootschalige uitleglocaties aan of nabij de bestaande steden, die goed per openbaar vervoer zouden worden ontsloten. Daarmee zou het gebruik van fiets en openbaar vervoer kunnen worden bevorderd, en zouden de verplaatsingsafstanden voor de resterende automobilisten beperkt blijven. De eerste evaluaties wijzen er echter op dat het autogebruik minder sterk is beperkt dan oorspronkelijk was gehoopt. Vooral op plaatsen waar het niet is gelukt om tijdig goed openbaar vervoer, ook in meer richtingen, te realiseren en waar de uitleglocaties aan de stadsrand in de nabijheid van het hoofdwegennet liggen. Toch blijft bundeling een te overwegen strategie als het erom gaat de afhankelijkheid van één modaliteit, en van kwetsbare infrastructuur, te beperken.

Tegenover bundeling staat spreiding. Bij deze variant kan het verkeer gelijkmatiger ruimtelijk worden gespreid. Dit heeft als voordeel dat

de restcapaciteit beter kan worden benut. Geconcentreerde verstedelijking vlak bij de stukken infrastructuur rond de steden, die het zwaarst zijn belast, wordt hiermee vermeden.

Er is vrij veel onderzoek verricht naar de verschillen in het gebruik van de auto dan wel openbaarvervoergebruik tussen verschillende typen woningbouwlocaties. In deze studie gaat het met name om de specifieke relatie tussen ruimtelijke ontwikkeling en betrouwbaarheid: is de ene autokilometer nu 'schadelijker' dan de andere? Om dat in beeld te brengen is verkend wat de invloed is van extra autoverkeer van of naar vier soorten gebieden:

- centrale gebieden ('compact'), in de nabijheid van afritten van autosnelwegen
- centrale gebieden ('compact'), niet in de nabijheid van afritten van autosnelwegen
- decentrale gebieden ('verspreid'), in de nabijheid van afritten van autosnelwegen
- decentrale gebieden ('verspreid'), niet in de nabijheid van afritten van autosnelwegen.

In alle varianten wordt ervan uitgegaan dat voor elk van de drie landsdelen het aantal auto-

kilometers zal toenemen met vijf procent. Die vijf procent is steeds geconcentreerd in de stromen van of naar de zones van de gekozen variant. Vijf procent meer verkeer leidt tot langere reistijden; ook voor de andere weggebruikers, door de extra congestie. Tabel 16 laat zien wat dit voor invloed heeft op de gemiddelde reistijd. Zoals te verwachten is die invloed lager in de daluren en in Noord- en Zuidwest-Nederland, waar de infrastructuur die vijf procent extra verkeer nog relatief gemakkelijk kan verwerken. Er zijn verschillen tussen de varianten. Zo leidt de variant 'compact bij de autosnelweg' tot een kleinere toename van de gemiddelde reistijd dan 'verspreid niet bij de snelweg'.

Wordt de betrouwbaarheid van de reistijd in de berekeningen meegenomen, dan is het plaatje veel gelijkmatiger. Zo zijn in de tabel nauwelijks verschillen zichtbaar tussen de ruimtelijke varianten voor de buffertijd. Op deze manier lijkt de ruimtelijke ontwikkeling geen specifieke invloed te hebben op de betrouwbaarheid. Een autokilometer vanuit het landelijk gebied heeft geen grotere of kleinere invloed op de betrouwbaarheid dan een autokilometer vanuit de stad.

Tabel 16. Effect 5% extra autokilometers vanuit vier gebiedstypen op gemiddelde reistijd en buffertijd

	Spits				Dal			
	west	oost/ zuid	noord/ zuidwest	totaal	west	oost/ zuid	noord/ zuidwest	totaal
Extra op reistijd in minuten								
Compact bij autosnelweg	+0,9	+0,8	+0,4	+0,8	+0,6	+0,4	+0,2	+0,5
Compact niet bij autosnelweg	+1,0	+0,9	+0,4	+0,9	+0,6	+0,5	+0,3	+0,5
Verspreid bij autosnelweg	+1,2	+1,0	+0,2	+1,0	+0,7	+0,4	+0,2	+0,5
Verspreid zonder autosnelweg	+1,3	+1,1	+0,6	+1,2	+0,7	+0,5	+0,4	+0,6
Extra buffertijd in minuten								
Compact bij autosnelweg	+0,8	+0,7	+0,5	+0,7	+0,4	+0,2	+0,3	+0,3
Compact niet bij autosnelweg	+0,7	+0,7	+0,4	+0,7	+0,4	+0,2	+0,3	+0,3
Verspreid bij autosnelweg	+0,9	+0,8	+0,5	+0,8	+0,5	+0,2	+0,2	+0,4
Verspreid zonder autosnelweg	+0,9	+0,7	+0,6	+0,8	+0,4	+0,2	+0,3	+0,3

Bron: Smara

Strategieën gericht op de infrastructuur-netwerken

De onbetrouwbaarheid hangt in sterke mate samen met de zware belasting van de infrastructuurnetwerken. Een voor de hand liggende optie is dan die belastingsgraad te verlagen, door de capaciteit van het infrastructuurnetwerk te vergroten. Dit kan bijvoorbeeld door het hoofdwegennet te verbreden of te verdichten, of het onderliggende wegennet uit te bouwen. Een ander element betreft de kwetsbaarheid van het netwerk. Het netwerk kan zo worden aangepast dat er voor meer relaties parallelle verbindingen, en dus uitwijkmogelijkheden, beschikbaar zijn.

Uitbouw van het bestaande hoofdwegennet
Uitbouw van het bestaande hoofdwegennet (HWN) ligt het dichtste aan tegen het huidige beleid. Men richt zich daarbij primair op het verbreden van bestaande wegen. Denk aan de spitsstroken van oud-minister de Boer. Verbreding van bestaande wegen is een beproefde manier om zonder nieuwe doorsnijdingen de capaciteit van het wegennet te vergroten. De aanleg van nieuwe stukken snelweg betreft vooral een aantal ontbrekende schakels, waarvan de A4 Midden-Delfland een van de bekendste is. In de Randstad blijven compleet nieuwe wegen, zoals een A3 van Amsterdam naar Rijnmond via Gouda, eigenlijk buiten de discussie, omdat ze vanuit het oogpunt van doorsnijding van het landschap en de kosten die ermee gemoeid gaan, niet als haalbaar worden beschouwd.

Uitbouw van het onderliggende wegennet
Als alternatief kan men denken aan de uitbouw van het onderliggende wegennet (OWN). Het huidige regionale wegennet is geen eigen samenhangend netwerk voor het regionale verkeer, maar eerder een verzameling aanvoerwegen voor het autosnelwegennet. Studies door TNO en AVV geven aan dat de uitbouw van het regionale wegennet een gunstiger effect kan hebben op de totale bereikbaarheid in termen van betrouwbaarheid, capaciteit en toegankelijkheid dan de opwaardering van het hoofdwegennet.

Invloed extra infrastructuur op de betrouwbaarheid

Om de invloed van extra infrastructuur op de betrouwbaarheid te verkennen, zijn twee varianten doorgerekend, elk met eenzelfde totale capaciteitsvergroting van 11 procent (zie tabel 17). In de variant HWN+ zijn de zwaarst belaste stukken autosnelweg per richting met één of twee rijstroken verbreed. In de variant OWN+ is een samenhangend netwerk gemaakt op basis van de bestaande regionale wegen met een verbeterde inrichting (hogere doorstromingsnelheid, vrij liggende fietspaden). De resterende beschikbare capaciteitsvergroting is gebruikt om de regionale wegen en met name de wegen van dit samenhangende netwerk in West-, Zuid- en Oost-Nederland te verbreden.

Tabel 17. Capaciteitsuitbreiding infrastructuurvarianten

	west	oost/ zuid	noord/ zuidwest	totaal
HWN+	22%	8%	0%	11%
OWN+	19%	8%	5%	11%

Bron: Smara

In tabel 18 staat welke effecten van deze capaciteitsuitbreiding heeft op de reistijd en de betrouwbaarheid. Voor de spitsuren geldt dat de varianten niet tot substantiële verschillen in de gemiddelde reistijd leiden; in beide gevallen is die in de Randstad 3,2 minuten korter, in Zuid- en Oost-Nederland 1,9 á 2 minuten korter en in Noord- en Zuidwest-Nederland 0,5 á 0,7 minuten korter. In de dalperiode scoort de variant OWN+ beter. Verbreding van de autosnelwegen biedt vooral reistijdwinsten in de drukke uren. Nieuwe en verbeterde regionale wegen bieden ook reistijdwinsten in de daluren. Verbreding van het hoofdwegennet blijkt in de spitsuren ook effectiever in het verkorten van de buffertijd. Met name in West-Nederland leidt de variant HWN+ tot een duidelijke verbetering van de betrouwbaarheid.

Tabel 18. Effecten van de infrastructuurvarianten op reistijd en buffertijd

	Spits			totaal	Dal			totaal
	west	oost/ zuid	noord/ zuidwest		west	oost/ zuid	noord/ zuidwest	
Effect op reistijd								
HWN+	-3,2	-1,9	-0,5	-2,4	-1,4	-0,9	-0,1	-1,1
OWN+	-3,2	-2,0	-0,7	-2,5	-2,0	-1,2	-0,5	-1,5
Effect op buffertijd								
HWN+	-3,4	-2,5	-0,9	-2,8	-1,7	-1,2	-0,5	-1,4
OWN+	-1,7	-2,5	-1,1	-2,0	-1,3	-1,7	-0,6	-1,4
Effect op buffer incl uitwijken								
HWN+	-2,0	-1,2	-0,4	-1,5	-0,9	-0,4	-0,1	-0,6
OWN+	-1,7	-1,8	-0,9	-1,7	-0,9	-1,1	-0,5	-1,0

Bron: Smara

Als we in onze analyse voor alle weggebruikers ook de mogelijkheid van uitwijken meenemen, neemt de invloed van de extra capaciteit op de betrouwbaarheid af. Ook zonder de extra capaciteit zijn er immers mogelijkheden om uit te wijken, wat alleen al leidt tot een veel betere betrouwbaarheid (zie begin van dit hoofdstuk). De variant OWN+ scoort hier relatief goed, met een iets grotere verbetering van de betrouwbaarheid tijdens de spits- en dalperiode. Doordat hij extra uitwijkmogelijkheden creëert – het OWN-plusnetwerk wordt een alternatief voor het HWN voor bepaalde routes –, kan daarvan geprofiteerd worden.

Keuzemogelijkheden als leidraad

Bovenstaande strategieën zijn nu op een zeer globaal niveau verkend op hun haalbaarheid en effectiviteit. Uit de verkenning bleek dat reis-informatie en dynamisch verkeersmanagement in potentie substantiële mogelijkheden bieden om de betrouwbaarheid te vergroten. De ruimtelijke ordening heeft vooral een invloed op de omvang van de mobiliteit, terwijl de verbreding van het autosnelwegennet mogelijkheden biedt om de betrouwbaarheid in de Randstad in de spits te verbeteren. De uitbouw van het regionale wegennet heeft betere resultaten als het erom

gaat de reistijden buiten de Randstad, buiten de spits, te verkorten en om uitwijkmogelijkheden te creëren.

Het gaat echter niet alleen om een netwerkbrede vergelijking, maar ook om het slim combineren en op regionale schaal kijken wat in een specifieke situatie het meest effectief is. Zoals de files nooit helemaal opgelost kunnen worden, zal ook het vervoersysteem nooit voor honderd procent betrouwbaar kunnen worden. Het doel moet zijn de betrouwbaarheid beheersbaar te maken. Sleutelwoord hierbij is het creëren van uitwijkmogelijkheden. Uitwijkmogelijkheden maken het immers mogelijk om de onbetrouwbaarheid te omzeilen en te beheersen. Omzeilen, doordat een deel van het verkeer kan uitwijken naar andere routes, andere tijdstippen, andere vervoerwijzen en/of andere bestemmingen. Beheersen, omdat hierdoor het aantal voertuigen dat nog langs het knelpunt moet, afneemt en ook voor hen het probleem kleiner blijft.

Niet voor alle relaties of alle situaties is het mogelijk uitwijkmogelijkheden te creëren. Wel kan er bij de uitbouw van de infrastructuur en bij het sturen van de ruimtelijke ontwikkeling op worden gelet dat, voor een zo groot mogelijk deel van de mobiliteit, andere routes, andere

vervoerwijzen en andere bestemmingen beschikbaar zijn. Dit biedt een basis waarop, met prijsbeleid, reisinformatie en dynamisch verkeersmanagement, de dagelijkse betrouwbaarheid beheerst kan worden.

LITERATUUR

- Allen, W. B., M. Mahmoud & D. McNeil (1985), 'The importance of time in transit and reliability of transit time for shippers, receivers and carriers', *Transportation Research B*, 19: 447-456.
- AVV (1999), *Handboek capaciteitswaarden infrastructuur autowegen (C1A)*, Rotterdam: Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Ministerie Verkeer en Waterstaat.
- AVV (2002a), *Jaarrapport verkeersgegevens 2001*, Rotterdam: Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- AVV (2004), *Filemonitor 2003*, Rotterdam: Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- B & A groep (2000), *Synthese bereikbaarheid – eindrapport*, Den Haag: B & A groep, i.o.v. Connekt.
- Bates, J., J. Polak, P. Jones & A. Cook (2001), 'The valuation of reliability for personal travel', *Transportation Research part E*, 37(2-3): 191-229.
- Bonsall, P. (2000), 'Travellers' response to uncertainty', In: Bell, M.G.H. en C. Cassir (ed.), pp. 1-10 in: *Reliability of Transport Networks*, Baldock: Research Studies Press Ltd.
- Booz-Allen & Hamilton, Inc. (1998), *1998 California Transportation Plan: Transportation System Performance Measures: Final Report*, Sacramento, California: California Department of Transportation, Transportation System Information Program.
- Brownstone, D. & K.A. Small (2003), *Valuing Time and Reliability: Assessing the Evidence from Road Pricing Demonstrations*, AEA Meetings, januari 2003, Washington, D.C., USA (beschikbaar als herziene working paper University of California, Department of Economics, juni 2003).
- Carlsson, F. (1999), *Private vs business and rail vs air passengers: willingness to pay for transport attributes*, Working papers in economics 14, Göteborg: Department of Economics.
- Consumentenbond (2002), 'De maat is vol', *Consumenten-gids*, april 2002: 59-61.
- COV (1998), *Betrouwbaarheid van vervoerwijzen: deelrapport percepties en gedragsaanpassingen van de reizigers*, Groningen: Centrum voor Omgevings- en Verkeerspsychologie, Groningen i.o.v. PBI VVS, Den Haag.
- Golob, T. F. & A. C. Regan (2001), 'Impacts of highway congestion on freight operations: perceptions of trucking industry managers', *Transportation Research part A*, 35: 577-599.
- Harms, L. (2003), *Mobiel in de tijd*, Den Haag: SCP.
- Jansen, J., K. Machielse & G. Vogel (2001), 'Het vergeten knooppunt. Over de relatie dagindeling en het concept netwerkstad', In: Ministerie van VROM, *Leve(n)de stad. Lagen en dimensies, pijlers voor verstedelijking*, Den Haag: Ministerie van VROM.
- Jong, G. C. de, M. A. Gommers & J. P. G. N. Klooster (1993), 'De reistijdwaardering in het goederenvervoer', *Tijdschrift vervoerwetenschap* 29(1): 77-85.
- König, A. & K. W. Axhausen (2002), *The reliability of the transportation system and its influence on the choice behaviour*, Paper gepresenteerd op de 2e Swiss Transport Research Conference, Monte Verita / Ascona, maart 2002.
- Lam, T. C. & K. A. Small (2001), 'The value of time and reliability: measurement from a value pricing experiment', *Transportation Research part E*, 37(2-3): 231-251.
- Lomax, T., S. Turner & R. Margiotta (2001), *Monitoring Urban Roadways in 2000; Using Archived Operations Data for Reliability and Mobility Measurement*, College Station, Texas: Texas Transportation Institute, Texas A & M University System.
- NBT (2000), *Bezoekersaantallen toeristische attracties 1994-1999*, Leidschendam: Nederlands Bureau voor Toerisme.
- NCHRP (2001), *Economic implications of congestion*, NCHRP report 463, Washington: TRB/NRC.
- Noland, R. B. & J. W. Polak (2002), 'Travel time variability: a review of theoretical and empirical issues', *Transport Reviews*, 22(1): 39-54.
- Palma, A. de & D. Rochat (1999), 'Understanding individual travel decisions', *Transportation* 26(3): 263-281.
- Railverkeersleiding (2004), *Kwaliteitscijfers Jaaroverzicht 2003*, <http://www.ns.nl/over+ns/over+ns.cgi?Over+ns/Cijfers/Kwaliteitscijfers> (bekeken op 23 februari 2004).
- Regan, A. C. & T. F. Golob (2000), 'Trucking industry perceptions of congestion problems and potential solutions in maritime intermodal operations in California', *Transportation Research part A*, 34: 587-605.

- Rietveld, P., F. R. Bruinsma & D. J. van Vuuren (2001), *Coping with unreliability in public transport chains*, *Transportation Research*, 35(6): 539-560.
- Rover (2003), *Kwaliteitsthermometer n.s. Onderzoek punctualiteit treinen en kwaliteit van informatievoorziening*, Rapportage winter 2002/2003, Amersfoort: Rover.
- Shaw, T., D. Jackson (2002), *Reliability Measures for Highway Systems and Segments*, Transportation Research Board 82nd Annual Meeting, January 2003, Washington, D.C., U.S.A.
- Stern, E. (2002), 'Behavioural thresholds of commuters under congestion', In: Stern, E., I. Salomon & P. Bovy (eds.), *Travel behaviour, spatial patterns, congestion and modelling*, Edward Elgar, Cheltenham/Northampton, UK/U.S.A.
- TNO-Inro (2003), *Smara: statistische analyse variabiliteit reistijden*, Rapport in opdracht van het Ruimtelijk Planbureau, Delft: TNO Inro.
- VROM raad (2000), *Dagindeling geordend?*, Den Haag: VROM raad.
- VU, vakgroep Ruimtelijke Economie, Peeters Advies & Centrum voor Omgevings- en Verkeerspsychologie (1998), *Hoe laat denk je thuis te zijn?*, Den Haag: Pblvvs.
- Wardman, M. (2001), 'A review of British evidence on time and service quality valuations', *Transportation Research part E*, 37(2-3): 107-128.

OVER DE AUTEURS

Hans Hilbers studeerde Planologie aan de ku Nijmegen. Hij was eerder werkzaam bij de afdeling verkeer en vervoer TNO-Inro, waar hij een groot aantal studies heeft verricht op het raakvlak tussen infrastructuur, mobiliteit en ruimtelijke ontwikkeling. Ook binnen het Ruimtelijk Planbureau ligt het zwaartepunt van zijn werkzaamheden op dit terrein.

Jan Ritsema van Eck studeerde sociale geografie aan de Universiteit Utrecht. Hij promoveerde op een studie naar de toepassing van netwerkanalyse in GIS. Als docent-onderzoeker aan de Universiteit Utrecht deed hij onder andere diverse opdrachtonderzoeken op het gebied van mobiliteit en bereikbaarheid. Bij het Ruimtelijk Planbureau houdt hij zich bezig met mobiliteit en bereikbaarheid, modellering ruimtegebruik en grote steden.

Daniëlle Snellen studeerde bouwkunde aan de Technische Universiteit Eindhoven. Zij promoveerde op een onderzoek naar de relatie tussen de ruimtelijke structuur van wijken en de activiteiten- en verplaatsingspatronen van bewoners. Bij het Ruimtelijk Planbureau is haar specialisatie de relatie tussen ruimtelijke inrichting en mobiliteitsgedrag van mensen.

COLOFON

Onderzoek

Hans Hilbers (projectleider)
Jan Ritsema van Eck
Daniëlle Snellen

Met dank aan Berry Blijie, TNO-Intro en de AVV. TNO-Intro heeft in samenwerking met QQQ Delft, Modelit en het RPB zorg gedragen voor de ontwikkeling van Smara. De Adviesdienst Verkeer en Vervoer heeft het project voorzien van noodzakelijke data.

Bij het schrijven van dit rapport hebben we dankbaar gebruik gemaakt van het commentaar prof dr P. H. L. Bovy en prof dr G. P. van Wee van de Technische Universiteit Delft, dr. F. Hofman van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer van Rijkswaterstaat en drs J. Schuur van het Ruimtelijk Planbureau op een eerdere versie van dit rapport. Wij zijn hen erkentelijk voor hun bijdrage.

Illustraties

Berry Blijie

Foto omslag

Cary Markerink

Eindredactie

Simone Langeweg

Ontwerp en productie

Typography Interiority & Other Serious Matters, Den Haag

Druk

Drukkerij Die Keure, Brugge

© NAI Uitgevers, Rotterdam/
Ruimtelijk Planbureau, Den Haag/2003
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. Voor zover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16B Auteurswet 1912^o het Besluit van 20 juni 1974, Stb. 351, zoals gewijzigd bij Besluit van 23 augustus 1985, Stb. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoeding te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 882, 1180 AW Amstelveen). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) dient men zich tot de uitgever te wenden.

Van werken van beeldend kunstenaars, aangesloten bij een CISAC-organisatie, zijn de publicatierechten geregeld met Beeldrecht te Amsterdam.
© 2003, c/o Beeldrecht Amsterdam

Niet alle rechthebbenden van de gebruikte illustraties konden worden achterhaald. Belanghebbenden wordt verzocht contact op te nemen met NAI Uitgevers, Mauritsweg 23, 3012 JR Rotterdam.

NAI Uitgevers is een internationaal georiënteerde uitgever, gespecialiseerd in het ontwikkelen, produceren en distribueren van boeken over architectuur, beeldende kunst en verwante disciplines.
www.naipublishers.nl

ISBN 90 5662 375 3