

***Prognosticeren van netwerkeffecten
van DVM-maatregelen***

Project Evaluatie Effecten

*Verkeersbeheersingsmaatregelen EVA,
deelrapport 2c*

TT00-19

Drs. Ipe Veling en Ing. Evert Klem
Veenendaal, Traffic Test bv

Documentbeschrijving

Titel: Prognosticeren van netwerkeffecten van DVM-maatregelen

Ondertitel: Project Evaluatie Effecten Verkeersbeheersingsmaatregelen EVA, deelrapport 2c

Rapportnummer: TT00-19

Status: Eindrapport

Versie: 6

Projectnummer: EXT99-80

Auteurs: Drs. Ipe Veling en Ing. Evert Klem

Datum: 4 juli 2000

Opdrachtgever: Adviesdienst Verkeer en Vervoer, dhr. Engbert Folles

Korte inhoud: In een tweetal eerdere deelstudies is nagegaan wat de effecten zijn van afzonderlijke DVM-maatregelen en combinaties van maatregelen en is onderzocht welke effecten daarvan op netwerkniveau doorwerken. In het laatste onderdeel van de studie is onderzocht of de gevonden effecten modelmatig kunnen worden gereproduceerd. Het voorliggende rapport doet verslag van dat onderdeel.

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	1
2.	Achtergrond en vraagstelling.....	2
3.	Model	3
3.1	Variabelen	3
3.2	Hypothese.....	5
3.3	Model	7
4.	Illustratieve toepassing van het ontwikkelde model.....	11
5.	Prognosticeren van effecten van DVM-maatregelen	14
5.1	Theoretische berekeningen	14
5.2	Doorrekenen van een probleemsituatie op de A20	16
6.	Conclusies en aanbevelingen.....	19
	Referenties.....	21

1. Inleiding

Traffic Test heeft van de Adviesdienst Verkeer en Vervoer van Rijkswaterstaat opdracht gekregen een studie uit te voeren naar de verkeersdoorstromingseffecten van maatregelen op gebied van Dynamisch VerkeersManagement (DVM). Het gaat om de effecten op netwerkniveau van zowel afzonderlijke maatregelen als ook combinaties van maatregelen. Inzicht in die effecten is nodig om beter te kunnen beoordelen of, hoe en waar DVM-maatregelen genomen moeten worden.

In de studie zijn drie deelfasen onderscheiden:

1. Inventarisatie van effecten van combinaties van DVM-maatregelen op wegvakniveau: op basis van literatuuranalyse beschrijven van de invloed van een achttal DVM-maatregelen op de verkeersdoorstroming op wegvakken;
2. Ex post analyse van effecten op netwerkniveau: gebruik makend van de verkeersgegevens van de autosnelwegen rond Rotterdam van de afgelopen vijf jaar beschrijven van de netwerkprestatie van die wegen, in functie van zes genomen DVM-maatregelen;
3. Ex ante analyse van effecten op netwerkniveau: opnieuw uitgaande van de verkeersgegevens van de ruit rond Rotterdam en gebruik makend van de bevindingen van deelfase 1 en 2 prognosticeren van te verwachten netwerkeffecten van mogelijke DVM-maatregelen.

In het voorliggende rapport gaat het om de derde fase.

Het rapport is als volgt opgebouwd:

- §2 Achtergrond en vraagstelling
- §3 Model
- §4 Validiteit van het model
- §5 Prognose van effecten
- §6 Conclusies en aanbevelingen

2. Achtergrond en vraagstelling

Om in de toenemende behoefte aan automobilititeit te voorzien wordt, behalve op bouwen, óók steeds meer ingezet op beter 'benutten' van de beschikbare infrastructuur.

Dat gebeurt op drie manieren:

- door spreiding in de tijd (afvlakken van de spits door gedragsbeïnvloeding via prijsbeleid, door bevorderen van telewerken, door toeritdosering, e.d.);
- door spreiding in de ruimte (door betere verdeling van het verkeer over de beschikbare wegen, door gedragsbeïnvloeding via bijvoorbeeld DRIP's);
- door vergroting van de capaciteit, door:
 - aanleg van doelgroepstroken en spitsstroken;
 - stimuleren van capaciteitsbevorderend gedrag (snelheidshomogenisering, ritsgedrag, e.d.).

Daar waar er sprake is van directe (i.e. dynamische) terugkoppeling tussen de (verwachte) verkeerssituatie en de te nemen maatregelen, worden de maatregelen gerekend tot het instrumentarium van 'Dynamisch VerkeersManagement' (DVM).

De meeste van die DVM-maatregelen zijn inmiddels meermalen geëvalueerd. Aangevoerd is dat zij in het algemeen de wegvakcapaciteit direct stroomafwaarts en – afhankelijk van de soort maatregel – soms ook stroomopwaarts vergroten met enkele procenten. Ook is beargumenteerd en in een voorbeeld dataset geïllustreerd dat de effecten van verschillende DVM-maatregelen min of meer additief zijn en elkaar niet verzwakken (Veling en van Altena, 1999).

In Veling en Klem (2000) is vervolgens onderzocht of en hoe de wegvakeffecten van DVM-maatregelen op het onderzochte Rotterdamse netwerk doorwerken. Uit dat onderzoek bleek dat de daar bestudeerde lokale effecten niet of nauwelijks terug te vinden zijn in de verkeersprestaties van langere wegvakken en grotere delen van het onderzochte netwerk.

Als voorlopige verklaring daarvoor is aangegeven dat – als slechts lokale knelpunten worden verbeterd – de doorstromingswinst stroomafwaarts weer teniet wordt gedaan als men bij het volgende knelpunt aankomt. De winst wordt alleen 'verzilverd' voor dat verkeer dat vóór het volgende knelpunt op de plaats van de bestemming is. Als die groep klein is, levert de plaatselijke capaciteitsvergroting weinig doorstromingswinst op en kan op weg- en netwerkniveau geen effect worden geconstateerd.

In eerdere rapporten is aanbevolen dat bij de inzet van DVM-maatregelen vooral gekeken moet worden naar gehele verkeersstromen en dat moet worden gestreefd naar oplossing van álle knelpunten van die verkeersstromen.

Hoe met een modelmatige interpretatie van de verkeersgegevens inzicht gekregen kan worden in of, hoe en waar wegvakeffecten van DVM-maatregelen doorwerken op weg- en netwerkniveau is de vraagstelling van het voorliggende rapport.

3. Model

In de voorliggende paragraaf wordt onderzocht of en hoe de doorwerking van lokale capaciteitseffecten van DVM-maatregelen stroomafwaarts en stroomopwaarts modelmatig kan worden beschreven.

Eerst wordt globaal onderzocht welke variabelen in de situatie vóórdat maatregelen zijn genomen correleren met welke effectvariabelen in de nasituatie. Op basis daarvan en refererend aan de bevindingen van de voorgaande deelstudie naar eventuele netwerkeffecten van DVM-maatregelen wordt vervolgens een hypothese geformuleerd over hoe en waar lokale DVM-effecten al dan niet doorwerken op de capaciteit en de verkeersprestatie.

Daarvan uitgaande wordt tot slot een eenvoudig model gemaakt waarmee getracht wordt de in de voorgaande studie gevonden doorstromingseffecten te reproduceren en waarmee vervolgens wellicht ook effectprognoses gemaakt kunnen worden.

3.1 Variabelen

In het voorliggende rapport gaat het om de predictie van de effecten van te nemen maatregelen in termen van:

- verandering van de capaciteit, uitgedrukt als verhouding van de capaciteit van de na- en de voorsituatie;
- de benutting, uitgedrukt als verhouding van de intensiteit en de capaciteit in de nasituatie (i.e. de *i/c*-verhouding);
- verandering van de verkeersprestatie:
 - de intensiteit, uitgedrukt als verhouding van de intensiteit van de na- en de voorsituatie;
 - de rijsnelheid, uitgedrukt als verhouding van de rijsnelheid in de na- en de voorsituatie.

Dit zijn de zogenaamde 'afhankelijke variabelen'.

De beschikbare predicerende variabelen zijn de volgende kenmerken van de voorsituatie:

- de benutting in de voorsituatie, uitgedrukt als de verhouding van de intensiteit en de capaciteit in de voorsituatie (i.e. de *i/c*-verhouding);
- de rijsnelheid in de voorsituatie.

Dit zijn de zogenaamde 'onafhankelijke variabelen'.

Uit analyse blijkt dat er een negatieve correlatie bestaat tussen de snelheidsverhouding van de voor- en nasituatie en de *i/c*-verhouding in de voorsituatie. Deze correlatie betekent dat een lagere *i/c*-verhouding in de voorsituatie samengaat met een hogere rijsnelheid in de nasituatie. Dit verband geeft aan dat 'hoe meer restcapaciteit bestaat, hoe hoger de rijsnelheid is'. Dit verband wordt hieronder geëxpliciteerd.

Daartoe zijn voor alle hmposities van alle wegen van alle meetmaanden *i/c*-verhoudingen uitgerekend en is per snelheidsklasse de gemiddelde *i/c*-verhouding vastgesteld. De relatie tussen die gemiddelde *i/c*-verhouding en de rijsnelheid staat in figuur 1 vermeld.

De relatie blijkt per weg enigszins te verschillen. De verschillen beperken zich overigens hoofdzakelijk tot de rijsnelheden onder de 90 km/u.

Om de relatie tussen de verkeersprestatie en de rijsnelheid te kunnen gebruiken voor wegen met verschillende aantallen rijstroken, is de verkeersprestatie op elke

hmpositie geïndexeerd op de capaciteit (i.e. de capaciteitswaarde is telkens op 100 gesteld en gebruikt als referentie voor elke prestatiewaarde van de weg waarvoor de capaciteit geldt). De gemiddelde rijksnelheid waarbij de capaciteit wordt bereikt zit tussen de 40 en 90 km/u.

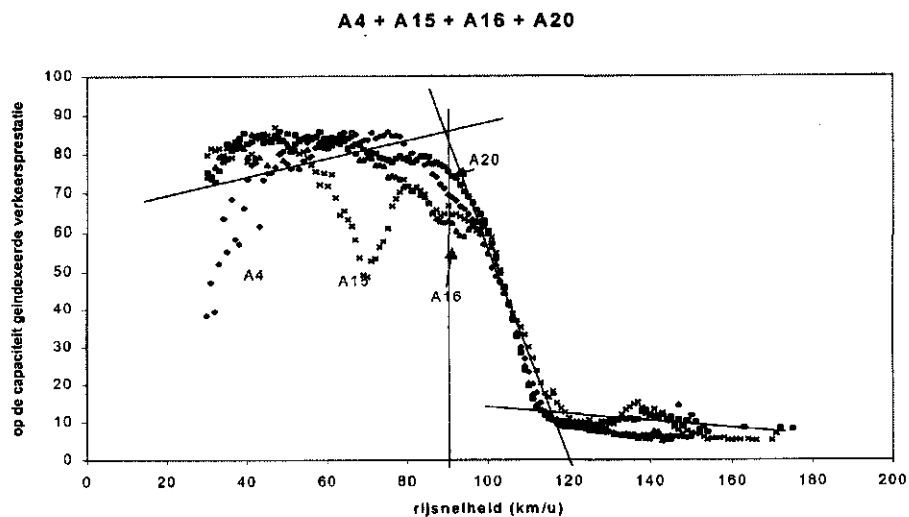
De curve van figuur 1 is berekend door de prestatiegegevens van de 4 wegen van de ruit rond Rotterdam per snelheidsklasse per hmpositie rekenkundig te middelen. Verder zijn extreme 'uitbijters' uit de curve verwijderd. Het ging om enkele meetpunten die extreem afweken van de trend. Aangenomen is dat het daarbij om bijzondere omstandigheden of meetfouten ging.

De relatie tussen de rijksnelheid en de geïndexeerde verkeersprestatie is opgeknipt in drie delen. Het eerste deel van de curve van figuur 1 beschrijft de relatie tussen de snelheid en de verkeersprestatie voor rijksnelheden onder de 90 km/u (waar de verkeersprestatie drastisch begint af te nemen). De beschrijving van deze relatie is in de ruwe, niet opgeschoonde data, overigens het minst precies. Er blijkt in de ruwe data nogal wat variatie te zijn in de verkeersprestatie bij lagere rijksnelheden. Bij dezelfde lage snelheid is de verkeersprestatie soms groot en soms klein.

Het tweede deel van de curve in figuur 1 beschrijft de relatie tussen de snelheid en de verkeersprestatie bij rijksnelheden tussen de 90 en de 120 km/u. Deze is bij de verschillende wegen min of meer gelijk, net als het derde deel van de curve.

Vervolgens is voor elk van de drie delen van de curve een lineaire functie geschat. Dat is gedaan nadat de ruwe curve enigszins is 'opgeschoond' en wel door het 'dal' in de curve van de A15-gegevens uit het bestand te verwijderen. De curven zijn als rechte lijnen in de curve weergegeven.

Figuur 1: Relatie tussen de verkeersprestatie en de rijksnelheid voor rijksnelheden (geconstateerd op de wegen van de ruit rond Rotterdam gedurende alle uren van de dag en alle dagen van de week).



De algebraïsche vergelijkingen van de drie rechten zijn (waarbij V staat voor de rijsnelheid en C voor de relatieve verkeersprestatie of i/c-verhouding):

van 0 tot 90 km/u:	$C = 0,27 V + 57,97$
van 90 tot 120 km/u:	$C = -2,84 V + 348,31$
van 120 tot 165 km/u:	$C = -0,14 V + 29,40$

3.2 Hypothese

In TT00-01 zijn de netwerk- en wegvakeffecten in kaart gebracht van een zestal DVM-maatregelen:

- matrixsignalering (op de A15)
- DRIP (op de A16)
- vrachstrook (op de A16/A20)
- TDI's (op de A20 en de A4)
- inhaalverbod voor vrachtverkeer (op de A4)
- ritsprojecten (op de A15)

De laatste twee DVM-maatregelen bleken in het geheel geen effect op de capaciteit te sorteren. De eerste vier wel.

De effecten van de matrixsignalering, de DRIP's en de vrachstrook waren eenduidig en in lijn met de (op basis van afzonderlijke evaluatiestudies) berekende effecten. De effecten van de TDI's waren opmerkelijk. Bij drie van de vijf TDI's was de capaciteit na inwerkingstelling lager dan voor inwerkingstelling. Bij twee van de vijf kon een positief effect worden vastgesteld.

Maar, ook daar waar positieve effecten van DVM-maatregelen op wegvakniveau waren geconstateerd, bleek op netwerkniveau geen positief effect vastgesteld te kunnen worden. Nadere beschouwing van de effecten liet zien dat dat ligt aan het feit dat de positieve effecten stroomafwaarts al snel uitdoven en zelfs vaak omslaan in negatieve effecten.

Daar waar op wegvakniveau negatieve effecten waren geconstateerd (bij drie van de vijf onderzochte TDI's), was er uiteraard op netwerkniveau geen positief effect te zien.

De vraag is nu waar bovenstaande bevindingen door verklaard kunnen worden. Zo'n verklaring is interessant omdat op basis daarvan misschien voorspeld kan worden waar en wanneer DVM-maatregelen welke effecten bewerkstelligen. De meest voor de hand liggende verklaring is dat de i/c-verhouding in de voorsituatie een bepalende rol speelt.

De i/c-verhouding geeft namelijk aan hoeveel procent van de capaciteit op een bepaald moment wordt gebruikt door het verkeer en dus ook hoeveel procent van de capaciteit nog niet wordt benut.

Als hypothese wordt geformuleerd dat die restcapaciteit de effecten van DVM-maatregelen begrenst. De hypothese wordt hieronder uitgewerkt.

Uitgaande van een bepaald wegvak waar een capaciteitvergroten maatregel wordt genomen (bijvoorbeeld een extra strook), kunnen drie gebieden worden onderscheiden:

- stroomopwaarts van het wegvak waar de maatregel is genomen;
- ter plekke van het betreffende wegvak;
- stroomafwaarts.

Stroomopwaarts

Als op een bepaald punt maatregelen zijn genomen die de capaciteit ter plekke vergroten heeft dat in het algemeen ook invloed op de verkeersdoorstroming stroomopwaarts. Het verkeer kan daar, door de betere doorstroming verderop, ook sneller doorstromen. De verkeersprestatie neemt daar dan toe.

Dat is volgens de hypothese het gevolg¹ van betere benutting van de geldende capaciteit stroomopwaarts als de uitstroom door de maatregel verderop verbeterd; de *i/c*-verhouding is dan in de nasituatie groter dan in de voorsituatie.

De grotere verkeersprestatie op elk punt wordt begrensd door de restcapaciteit op elk direct daaraan voorafgaande punt. Als die op een bepaalde plaats niet meer voor extra aanbod kan zorgen, zal de verbetering van de doorstroming op dat punt stroomopwaarts eindigen.

Verondersteld wordt dat veranderingen in de rijsnelheid kunnen worden afgeleid van de relatie tussen de *i/c*-verhouding en de rijsnelheid.

Ter plekke van de DVM-maatregelen

Ter plekke van de DVM-maatregelen wordt verwacht dat de werkelijke verkeersprestaties toenemen met het extra aanbod van de eerste hmpositie stroomopwaarts, begrensd door de capaciteit van de plaatsen waar de maatregelen zijn genomen.

Ook hier wordt verondersteld dat veranderingen in de rijsnelheid kunnen worden afgeleid van de relatie tussen de *i/c*-verhouding en de rijsnelheid.

Stroomafwaarts

Stroomafwaarts van de plaats waar de maatregelen zijn genomen wordt verwacht dat de doorstromingswinst intact blijft zolang en voorzover de verkeersprestaties aldaar onder de grenswaarde van de capaciteit blijven. Zodra de extra verkeersprestatie plús de 'oude' verkeersprestatie groter wordt dan de grenswaarde van de capaciteit van die punten, zal er sprake zijn van verlies. Voorzover het verkeersaanbod boven de capaciteit uitkomt zal dat voor vertraging zorgen. Tot aan de capaciteit wordt het verkeer 'gewoon' afgewikkeld. Het meerdere verkeer zorgt voor een terugslagfile. Deze file zorgt voor een lagere gemiddelde rijsnelheid direct stroomopwaarts van het punt waar de capaciteit wordt overschreden. Tegelijk zorgt de terugslagfile voor een grotere belasting van de capaciteit (en wellicht een overschrijding) op het punt direct stroomopwaarts. Als er sprake is van overschrijding van de capaciteit werkt de overschrijding ook daar door in een lagere gemiddelde rijsnelheid en leidt het meerdere verkeer daar ook weer tot een extra belasting van de capaciteit op het eerstvolgende punt stroomopwaarts. Dit

¹ In theorie is het ook denkbaar dat de betere doorstroming het gevolg is van een capaciteitstoename stroomopwaarts. Dat zou het geval kunnen zijn als de gerealiseerde capaciteit daar altijd kunstmatig was beperkt door de te beperkte capaciteit op de plek waar nu de maatregel is genomen; de gerealiseerde capaciteit zal dan in de nasituatie groter zijn dan in de voorsituatie. Hier wordt er vanuit gegaan dat de capaciteit niet toeneemt en de gemeten capaciteitswaarden niet systematisch beperkt worden door een bottle neck stroomafwaarts. Aangenomen wordt dat er altijd meeturen zijn waarop de theoretische capaciteit wordt gerealiseerd. Als er niet sprake is van zeer grote capaciteitsverschillen, lijkt die aanname redelijk.

gaat net zolang door totdat er stroomopwaarts voldoende restcapaciteit aanwezig is om het meerdere verkeer te kunnen verwerken.

Net als stroomopwaarts en ter plekke van de genomen maatregelen wordt hier verondersteld dat veranderingen in de rijsnelheid kunnen worden afgeleid van de relatie tussen de *i/c*-verhouding en de rijsnelheid.

Verklaringskracht van de hypothese

Als de hypothese juist blijkt te zijn verklaart zij dat een op zich effectieve DVM-maatregel onder omstandigheden kan leiden tot een verslechtering van de doorstroming. Dat is het geval als stroomafwaarts een bottle neck ligt die de aanvankelijke betere doorstroming vanwege de genomen DVM-maatregelen via een terugslagfile teniet doet (als die terugslaat tot en met het punt waar de DVM-maatregelen zijn genomen).

Ook verklaart de hypothese dat een op zich effectieve DVM-maatregel geen of weinig effect heeft als er stroomopwaarts onvoldoende restcapaciteit is om te zorgen voor extra verkeersaanbod.

Verder verklaart de hypothese dat een DVM-maatregel ook stroomopwaarts en stroomafwaarts effect kan hebben. Als daar voldoende restcapaciteit bestaat, leidt een capaciteitstoename op een plek tussen beide in dat er zowel stroomopwaarts als stroomafwaarts een grotere verkeersprestatie kan worden geleverd.

3.3 Model

Uitgaande van de geformuleerde hypothese en gebruikmakend van de gedefinieerde modelvariabelen is een rekenkundig model geconstrueerd.

Het model maakt gebruik van twee bestanden:

- een bestand met de capaciteitswaarden per hmpositie, per weg, per rijrichting en per meetmaand; als capaciteitswaarden zijn genomen de 97,5-percentielwaarden van de op grootte geordende verkeersprestaties;
- een bestand met de gemiddelde verkeersprestatiewaarden (intensiteit en rijsnelheid) per hmpositie, per weg, per rijrichting en per meetmaand van de avondspits op weekdays (maandag t/m vrijdag); de avondspits is gedefinieerd als de periode van 17.00 tot 19.00 uur).

Als centrale relatie in het model wordt de lineaire snelheid/prestatie-curve van figuur 1 gebruikt. Daar waar het model één van beide grootheden (intensiteit of snelheid) wijzigt, wordt de bijbehorende andere grootheid via die relatie aangepast.

Centrale begrippen van het model zijn:

- verkeersprestatie: het aantal voertuigkilometers dat een wegvak, weg of netwerk per tijdseenheid 'verwerkt'²;
- verkeersaanbod: de verkeersprestatie die een wegvak, weg of netwerk zou verwerken als de capaciteit niet zou zijn beperkt³;

² geoperationaliseerd als het aantal voertuigen dat per tijdseenheid een raai passeert, vermenigvuldigd met het aantal kilometers weglengte waarvoor de raai representatief wordt geacht;

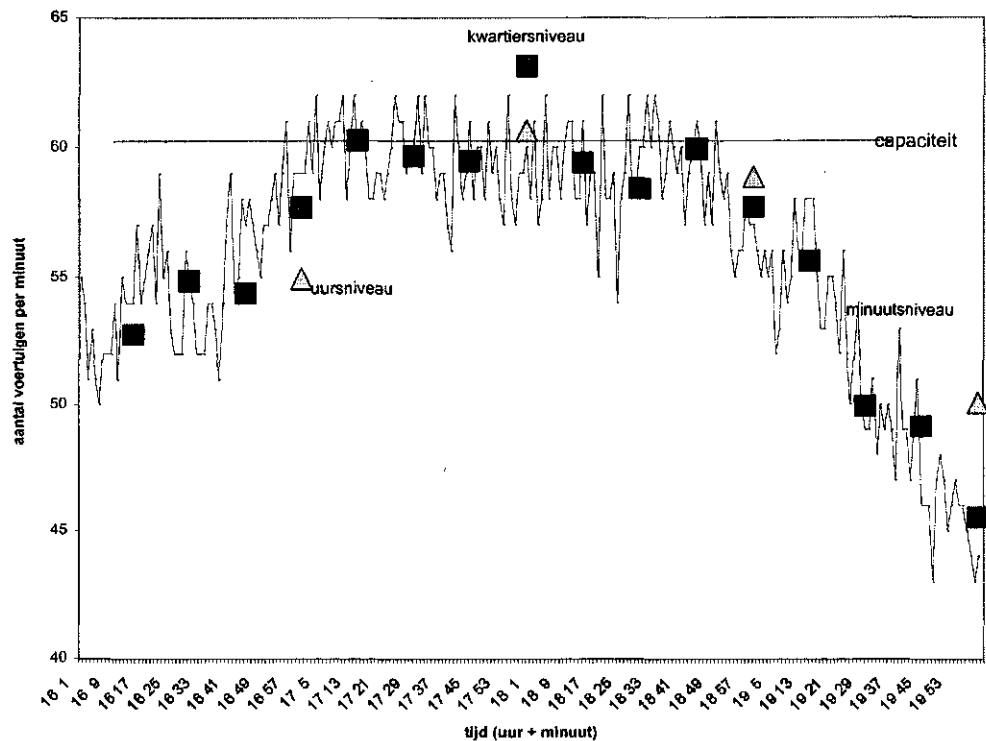
³ op weg – en netwerkniveau geoperationaliseerd als de verkeersprestatie in een tijdvenster waarin de capaciteit niet op elk moment is bereikt (en er dus enige ruimte was om meer verkeer te verwerken); op wegvakniveau geoperationaliseerd als de verkeersprestatie van het meest nabijgelegen wegvak stroomopwaarts;

- capaciteit: de verkeersprestatie van een wegvak, weg of netwerk als die verkeersprestatie – bij toenemend verkeersaanbod – niet meer verder toeneemt (afneemt of gelijk blijft)⁴;
- rijsnelheid: de gemiddelde rijsnelheid van alle voertuigen die gedurende een tijdseenheid de raai passeren waarop de berekening van de verkeersprestatie is gebaseerd;
- relatieve verkeersprestatie ofwel de i/c-verhouding: het percentage dat de daadwerkelijke verkeersprestatie uitmaakt van de terplekke geldende capaciteit.

Cruciaal in het model is de relatie tussen het verkeersaanbod en de verkeersprestatie als het verkeersaanbod de capaciteit overschrijdt. Hier wordt aangenomen dat de verkeersprestatie de capaciteitswaarde aanneemt zodra en zolang het aanbod groter is dan de capaciteit. File ontstaat dan stroomopwaarts als het voor een bepaalde doorsnede te grote aanbod 'terugslaat'.

De variatie in de doorstroming is relatief groot als naar minuutsgegevens wordt gekeken. De bandbreedte is zo'n 5 voertuigen per minuut (zie figuur 2). Gemiddeld per uur is de variatie natuurlijk veel geringer: circa 1 tot 2 voertuigen per minuut. Omdat in het model met uursgegevens wordt gewerkt, moet met die variatie rekening worden gehouden.

Figuur 2: Gemiddelde verkeersprestatie per minuut, gedurende de avondspits op hmpositie 720 van de A4 (buitenring); als trendlijn zijn kwartiers- en uursgemiddelden weergegeven.



⁴ geoperationaliseerd als de maximale verkeersprestatie per tijdseenheid van een wegvak, weg of netwerk in een tijdvenster dat een veelvoud is van die tijdseenheid en waarin files voorkomen;

Op basis van theoretische overwegingen zal een variabele als de relatieve verkeersprestatie of i/c-verhouding de stuurvariabele van het model moeten zijn (i.e. het percentage dat het verkeersaanbod uitmaakt van de ter plekke geldende capaciteit). Waar en zolang er nog restcapaciteit bestaat zal er (bij voldoende aanbod) een grotere verkeersprestatie ontstaan.

Uit de cijfers blijkt dat het verkeer bij een relatieve verkeersprestatie percentage van 85 á 90% nog normaal doorstroomt. Als het aanbod groter wordt en de relatieve verkeersprestatie groter zou moeten worden om al het verkeer te verwerken, neemt de rijsnelheid af en slaat het meerdere verkeer stroomopwaarts terug en ontstaat oponthoud. Als het percentage lager is, is er ruimte voor toename van de verkeersprestatie.

Conform de geformuleerde hypothese worden in het model drie fasen onderscheiden:

- het wegvak stroomopwaarts van de maatregelen;
- het wegvak waar de maatregelen zijn genomen;
- het wegvak stroomafwaarts van de maatregelen.

Stroomopwaarts

Verwacht wordt dat op elke hmpositie stroomopwaarts kan worden gerekend op een snelheidsverandering die afhankelijk van de aanvangssnelheid – volgens het verband van figuur 1 - correspondeert met de extra doorstroming op dat punt, als gevolg van de grotere capaciteit op de hmpositie waar de maatregel is genomen. Die extra doorstroming moet worden gelimiteerd door de ruimte die er eventueel nog zit tussen de feitelijke verkeersprestatie en de capaciteit.

Die ruimte is het extra verkeersaanbod waarmee het wegvak waar de DVM-maatregel is genomen wordt gevoed. De effecten stroomopwaarts zullen dan 'uitdoven' zodra een punt stroomopwaarts wordt bereikt waar geen ruimte meer bestaat tussen de prestatie en de capaciteit.

Kritisch hierbij is de waarde van de capaciteit die als grens wordt genomen waar de verkeersprestatie – als die onder de grens zit – nog kan groeien en anders gelimiteerd wordt. Gezien de snelheid-prestatiecurve van figuur 1 zal de gemiddelde grens ergens in de buurt van de 80% liggen.

Ter plekke van de DVM-maatregelen

Ter plekke van de DVM-maatregelen wordt verwacht dat de werkelijke verkeersprestaties toenemen met het extra aanbod van de eerste hmpositie stroomopwaarts, begrensd door de capaciteit van de plaatsen waar de maatregelen zijn genomen. De rijsnelheden ter plekke zullen dan – volgens het verband van figuur 1 – vervangen moeten worden door de rijsnelheden die corresponderen met de verhouding van de nieuwe verkeersprestatie en de nieuwe capaciteit.

Stroomafwaarts

Stroomafwaarts van de plaats waar de maatregelen zijn genomen wordt verwacht dat de doorstromingswinst intact blijft zolang en voorzover de verkeersprestaties aldaar onder de grenswaarde van de capaciteit blijven. Zodra de extra verkeersprestatie plús de 'oude' verkeersprestatie groter wordt dan de grenswaarde van de capaciteit van die punten, zal er sprake zijn van verlies. Het verkeer wordt daar dan opgehouden.

Verwacht wordt dat dat verlies wordt bepaald door een lagere rijsnelheid die ontstaat als het verkeersaanbod boven de grenswaarde van capaciteit (i.e. 80% van de werkelijke capaciteit) uitkomt.⁵ Uitgaande van het verband van figuur 1 kan dan

⁵ $(\text{capaciteit} \times \text{gemiddelde snelheid}) / (\text{capaciteit} + \text{extra voertuigen});$

op basis van de lagere rijsnelheid de corresponderende prestatievermindering worden vastgesteld. Die verwachte prestatievermindering kan dan in de werkelijke prestaties ter plekke worden verdisconteerd.

Naarmate die prestatievermindering groter is, zal er sprake zijn van een langere en ernstigere 'terugslagfile', zich uitend in meer oponthoud stroomopwaarts.

Deze, op het eerste punt waar de capaciteit wordt overschreden, geconstateerde prestatievermindering, werkt door op de punten stroomopwaarts van dat punt. Die doorwerking houdt in dat de snelheid en daarmee de doorstroming aldaar wordt verminderd. De 'nieuwe' snelheden stroomopwaarts zijn gelijk aan de gemiddelde rijsnelheid van het reguliere verkeer ter plekke én een snelheid '0' van het verkeer van de terugslagfile.

Vervolgens kan voor dat punt, volgens de relatie van figuur 1, uitgerekend welke (lagere) doorstroming correspondeert met de zo uitgerekende lagere gemiddelde rijsnelheid.

Beperkingen

Een duidelijke beperking van het model is dat geen rekening wordt gehouden met verkeer dat de weg 'tussentijds' verlaat of opkomt. Het model veronderstelt dat alle verkeer dat door extra capaciteit wordt 'gegenereerd', op die weg blijft.

Een andere beperking is dat het model alleen werkbaar is binnen het tijdvenster van één uur. Voor- en na-effecten die buiten het beschouwde uur vallen, worden niet meegenomen. Dit betekent in de praktijk echter waarschijnlijk geen groot probleem, zolang de toepassing beperkt blijft tot relatief korte trajecten en kleine netwerken. Binnen een uur moet het verkeer de totale weg of het gehele netwerk kunnen hebben afgelegd.

4. Illustratieve toepassing van het ontwikkelde model

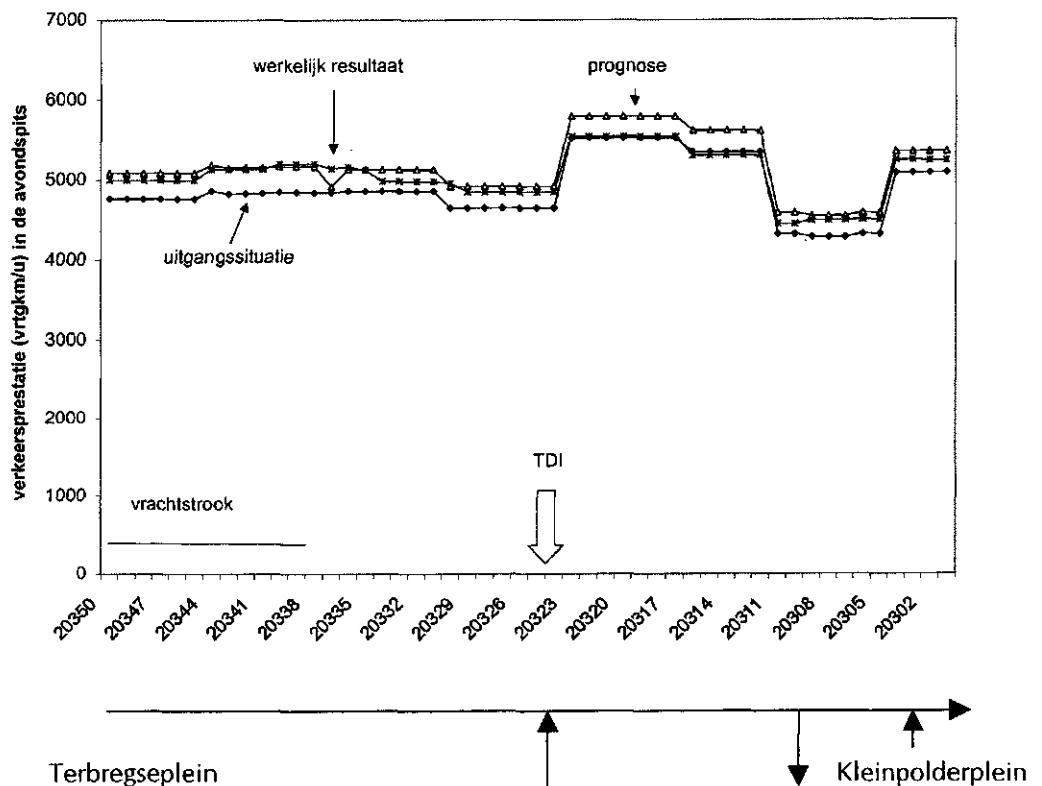
In deze paragraaf wordt de bruikbaarheid van het in de vorige paragraaf beschreven model geïllustreerd door de werkelijk gevonden effecten van enkele DVM-maatregelen te vergelijken met de door het model voorspelde effecten. De maatregelen die worden bekeken zijn:

- TDI
- vrachstrook
- matrixsignalering

Vrachstrook + ToeritDoseerInstallatie

Als eerste maatregel is de plaatsing van een TDI's op de buitenring van de A20 doorgerekend. Vergelijking van de gemiddelde verkeersprestatie in de jaren voor en na de plaatsing laat een toename zien van zo'n 5%. Tegelijk is even verder stroomafwaarts ook een vrachstrook geopend. De capaciteitstoename was 17%. Deze 5% en 17% zijn in het model doorgerekend. De predictie komt redelijk goed overeen met de werkelijkheid (i.e. de 'nasituatie').

Figuur 3: Gemiddelde verkeersprestatie (voorsituatie, prognose en werkelijk resultaat) tussen 17.00 en 19.00 uur op werkdagen op de A20 rondom een TDI die in 1997 is geplaatst en de vrachstrook die toen is geopend.



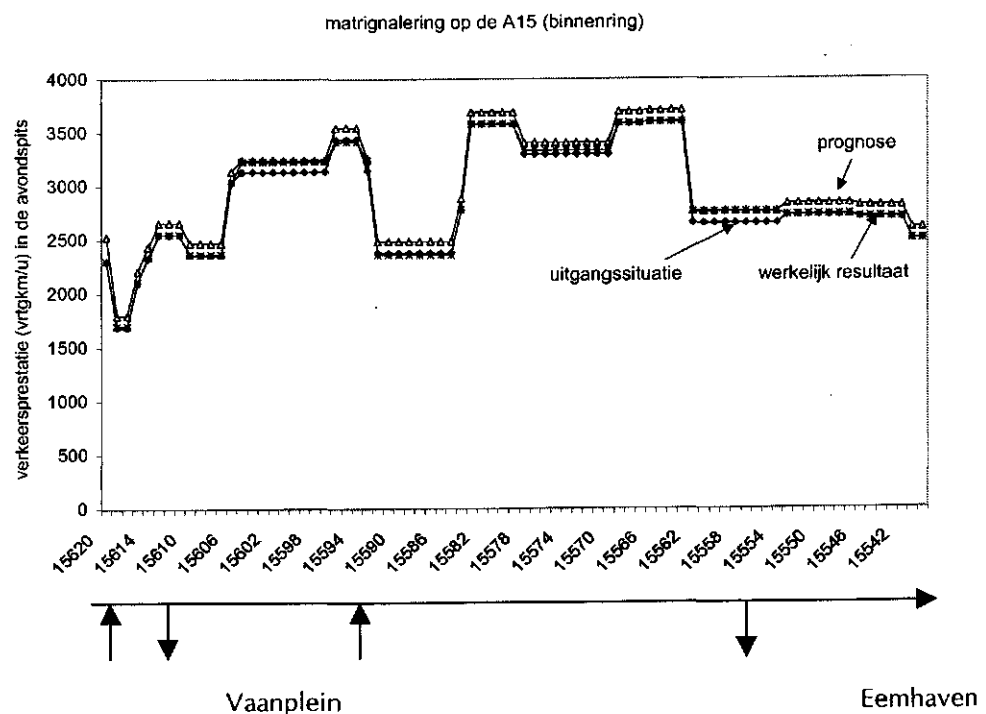
Allereerst valt op dat de toename van de verkeersprestatie bij de vrachstrook beduidend kleiner is dan de capaciteitstoename van 17% doet vermoeden. Dat komt omdat de toestroom van extra verkeer door een beperkte restcapaciteit stroomopwaarts beperkt is. Verder valt op dat het effect lang doorwerkt. Stroomopwaarts en ter plekke van de TDI klopt de predictie redelijk. Stroomafwaarts is de predictie duidelijk te hoog.

Matrixsignalering

De matrixsignalering heeft op de A15 volgens berekeningen zo'n 12% capaciteitstoename verzorgd. Als die 12% in het predictiemodel wordt doorgerekend, blijkt de predictie redelijk goed overeen te komen met de gevonden werkelijkheid (zie figuur 4).

Alleen aan het eind van het beschouwde deel van de A15 (vanaf hmpositie 554) prognosticeert het model niet goed. De werkelijkheid blijft daar flink achter bij de prognose.

Figuur 4: Werkelijke verkeersprestaties vroeger en nu en de prognose op basis van vroegere cijfers van de A15 voor en na gereed komen van de totale signalering op de A15.



Conclusie

Op basis van bovenstaande bevindingen wordt hier geconcludeerd dat een eenvoudig predictiemodel zoals dat hier is gemaakt tenminste een zekere 'face validity' heeft. Zowel de effecten stroomopwaarts, ter plekke van de maatregelen als stroomafwaarts kunnen redelijk goed gereproduceerd worden.

Maar, zó bijzonder is dat natuurlijk ook niet. In de eerste plaats zijn de werkelijk gevonden effecten (i.e. de percentages capaciteitsvermeerdering) op de locaties waar de maatregel is gerealiseerd in het model ingevoerd. Het is dan ook geen wonder dat die effecten worden teruggevonden. Verder is in de werkelijkheid

geconstateerd dat er stroomopwaarts en stroomafwaarts van maatregelen respectievelijk in het algemeen doorstromingswinst en –verlies is te zien. Het model maakt daar een schatting van.

Maar, hoe dan ook, de effecten kunnen tot op zekere hoogte gereproduceerd worden en het model lijkt geschikt om doorstromingseffecten van DVM-maatregelen globaal in kaart te brengen als de basisgegevens van de betreffende wegen worden gemeten (capaciteiten en werkelijke verkeersprestaties).

5. Prognosticeren van effecten van DVM-maatregelen

Nu eerste berekeningen laten zien dat het gemaakte model, voorzover onderzocht voor de ruit rond Rotterdam, redelijk klopt, worden hier enkele rekenexercities uitgevoerd.

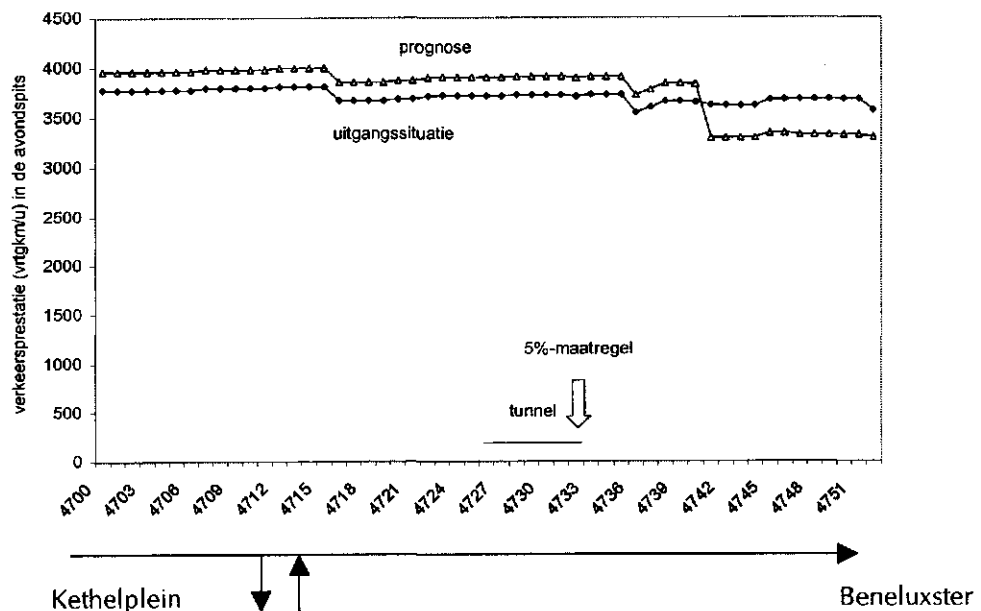
Basis daarbij zijn de effectiviteits- en interactiefactoren van DVM-maatregelen zoals die in Veling en van Altena (1999) zijn beschreven en naderhand – specifiek voor de Rotterdamse autosnelwegen – zijn genuanceerd (Veling en Klem, 2000). De daar gevonden effectiviteits- en interactiefactoren worden doorgerekend met het ontwikkelde model om schattingen te verkrijgen van de capaciteitstoename van te nemen maatregelen.

Eerst worden enkele theoretische berekeningen gemaakt. Daarna wordt een werkelijke situatie bekeken en wordt nagegaan of met nieuw te nemen maatregelen knelpunten zodanig kunnen worden opgelost dat ook op netwerkniveau effecten kunnen worden waargenomen.

5.1 Theoretische berekeningen

Als eerste door te rekenen theoretische situatie is hmpositie 732 genomen op buitenring van de A4. Verondersteld is dat daar een maatregel of combinatie van maatregelen wordt genomen met een uiteindelijke effectiviteitsfactor van 1,05 (ofwel een toename van de capaciteit van 5%). Welk effect heeft die maatregel of dat maatregelpakket op de totale verkeersprestatie van de A4?

Figuur 5: Geprognosticeerde verkeersprestatie als ter hoogte van hmpositie 732 een maatregel wordt genomen die de capaciteit ter plekke met 5% vergroot.

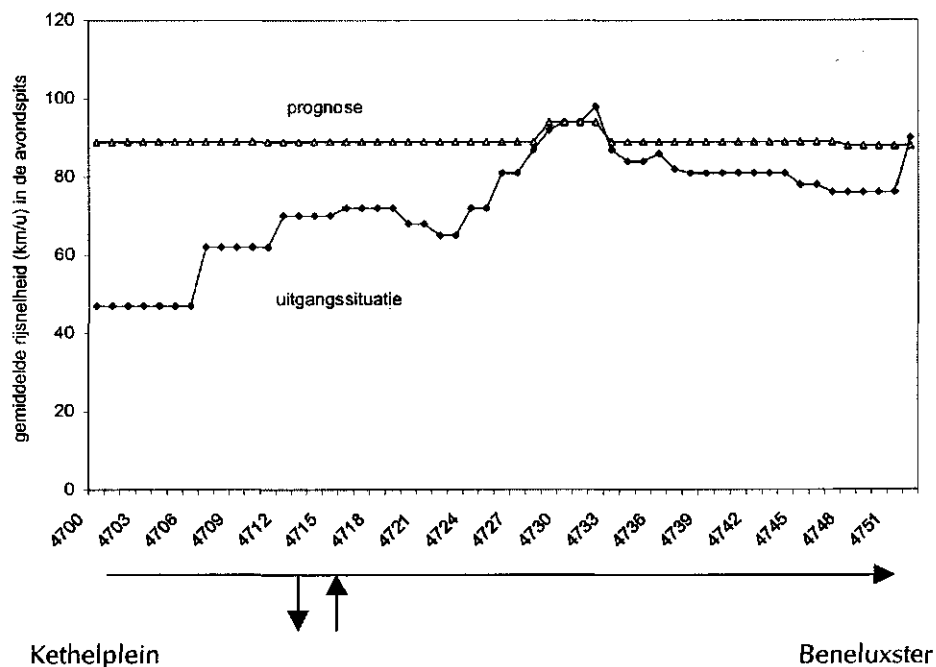


De prognose geeft aan dat stroomopwaarts veel en stroomafwaarts enige winst kan worden verwacht, maar ook dat iets verder stroomafwaarts verlies moet worden geïncasseerd. Als geen extra maatregelen worden genomen die de capaciteit ook daar vergroten gaat het grootste deel van de doorstromingswinst weer verloren. Een groot verlies is te zien bij hmpositie 742. Dat ligt aan het feit dat de werkelijke verkeersprestatie bij hmpositie 770 al vrijwel op het capaciteitsniveau zit. Het extra verkeersaanbod van de maatregel leidt tot oponthoud dat terugslaat tot aan hmpositie 742.

Uiteindelijk is de verkeersprestatie op de gehele A4 op de buitenring slechts weinig hoger. De extra capaciteit wordt voor een groot deel teniet gedaan door nieuwe doorstromingsproblemen stroomafwaarts.

Er wordt volgens het model flinke snelheidswinst geboekt: over vrijwel de gehele lengte van de weg.

Figuur 6: Prognose van de gemiddelde rijnsnelheid op de A4 (buitenring) als ter hoogte van hmpositie 730 een maatregel genomen wordt die de capaciteit ter plekke met 5% vergroot.

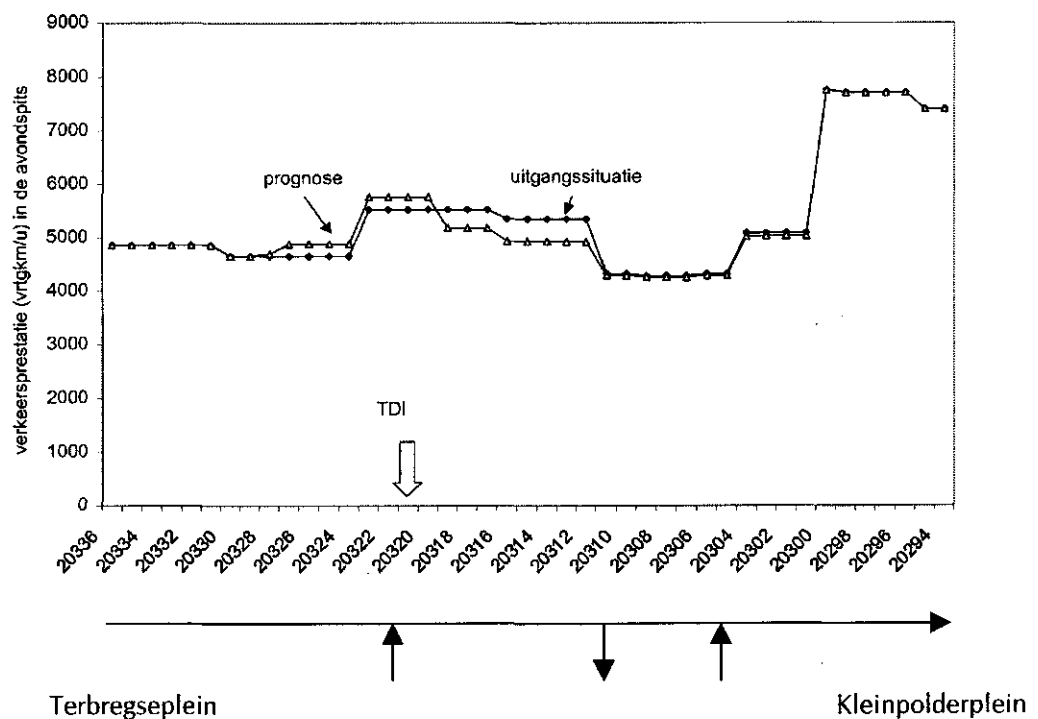


Eenzelfde exercitie kan in beginsel ook voor elke andere weg worden uitgevoerd.

5.2 Doorrekenen van een probleemsituatie op de A20

Soortgelijke berekeningen als hiervoor zijn gedaan, zijn ook gemaakt voor een werkelijke situatie en wel voor de A20. De toeritdoseerinstallatie bij hmpositie 321 heeft zoals eerder berekend duidelijk effect op de verkeersdoorstroming, maar – door knelpunten stroomafwaarts – wordt de winst daar weer grotendeels teniet gedaan. In figuur 7 wordt het effect gepresenteerd.

Figuur 7: Effecten van de TDI op de A20 (buitenring) ter hoogte van hmpositie 321



Vóór de TDI is er sprake van een duidelijk effect op de verkeersprestatie (zo'n 5%). Direct daarna, bij hmpositie 320 stagneert het verkeer. De stagnatie duurt tot ongeveer hmpositie 310 (afslag Schieplein).

Als de capaciteit tussen hmposities 320 en 310 ook vergroot zou worden met 5%, dan kan verwacht worden dat het extra verkeersaanbod vanwege de TDI wellicht beter opgevangen zou kunnen worden en stagnatie aldaar voorkomen kan worden. Als het meerdere verkeer bij zijn vervolg op de A20 geen extra knelpunten meer zou tegenkomen, kan verwacht worden dat de totale verkeersprestatie op de buitenring van A20 gaat toenemen.

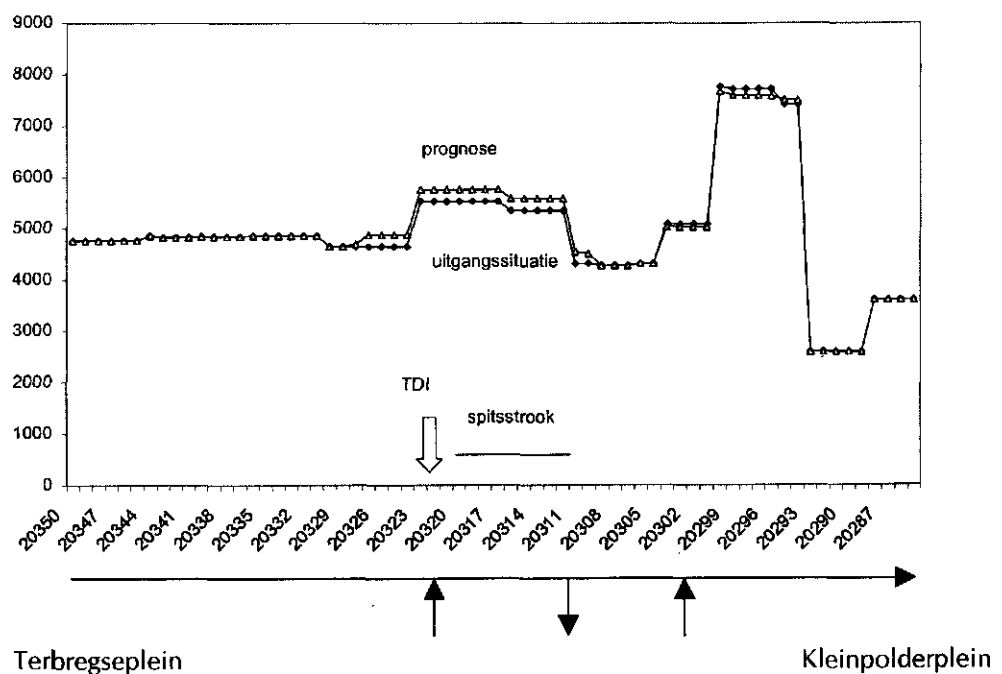
Volgens effectschattingen zou een spitsstrook de problemen moeten kunnen oplossen. Die zorgt voor een capaciteitstoename van 18% (Veling en van Altena, 1999).

Als tussen hmposities 320 en 310 zo'n spitsstrook zou worden aangelegd (van 1000 meter), leidt dat inderdaad deels tot oplossing van de problemen. Maar er ontstaan ook weer nieuwe problemen en wel bij hmpositie 299 en verder. Het

extra aanbod vanwege de spitsstrook komt weer een bottleneck tegen (zie figuur 8).

De winst in de verkeersprestatie is ter hoogte van de spitsstrook lang geen 18%, maar dat ligt aan het feit dat stroomopwaarts onvoldoende capaciteit is om de strook volledig te 'vullen'.

Figuur 8: Geprognosticeerde verkeersprestatie na openstelling van een spitsstrook op de A20 tussen hmposities 320 en 310.



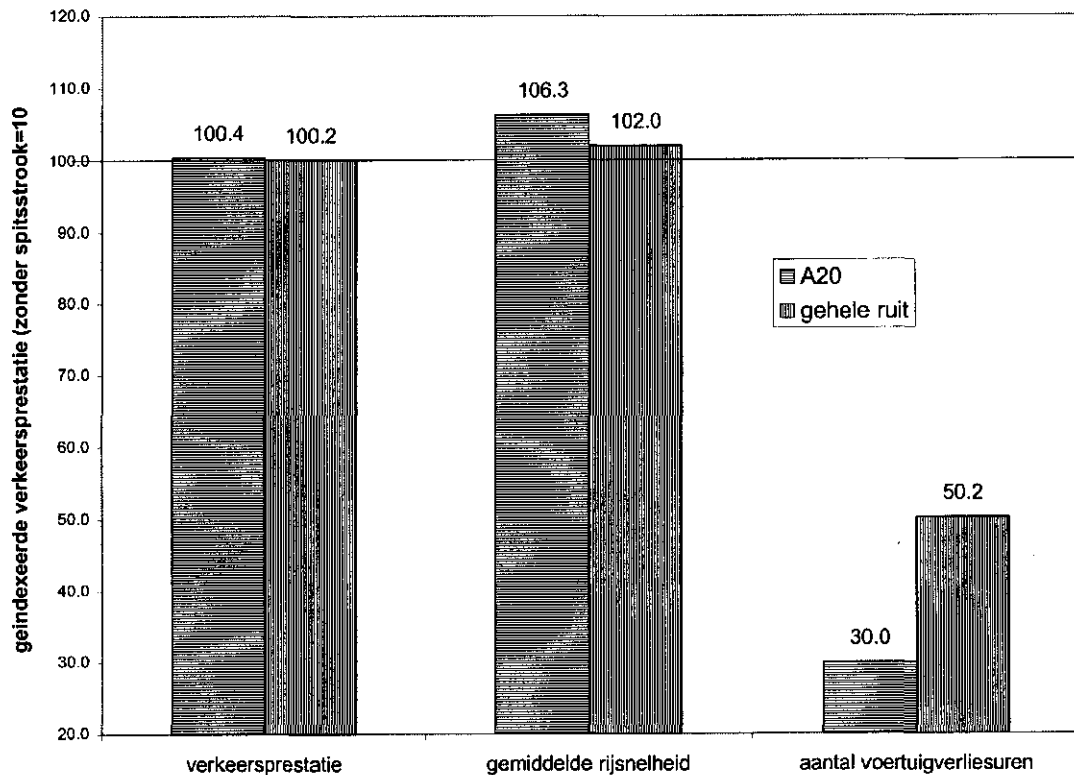
In figuur 9 worden de effecten beschreven die tijdens de avondspits op werkdagen bereikt zouden zijn als op de A20 een spitsstrook zou worden aangelegd tussen hmpositie 320 en 310. De beschrijving heeft betrekking op alleen de A20 en de gehele ruit rond Rotterdam.

Achtereenvolgens wordt gekeken naar:

- de verkeersprestatie (vrtgkm/uur)
- rijnsnelheid
- voertuigverliesuren

Over de reistijdbetrouwbaarheid kan hier niets worden gezegd, omdat daarvoor de gegevens ontbreken (het model levert alleen een schatting op van de doorstroming en de rijnsnelheid op één moment).

Figuur 9: Verwachte verkeersprestatie van een spitsstrook op de A20 tussen hmpositie 320 en 310. De verkeersprestatiematen zijn voor de vóórsituatie geïndexeerd op 100.



Duidelijk de meest gevoelige indicator is het aantal voertuigverliesuren. Die is op de A20 door de spitsstroken met 70% afgenomen: van 6000 naar minder dan 2000 verliesuren per uur. Het aantal voertuigverliesuren op de gehele ruit is daardoor ongeveer gehalveerd.

De gemiddelde rijnsnelheid zou, als de maatregelen zouden worden genomen, op de A20 gemiddeld met 6% stijgen: van 86 km/u naar 91,4 km/u. Voor de gehele ruit betekent de stijging op de A20 een stijging van 2% (van 88,5 km/u naar 90,3 km/u).

De uiteindelijke verkeersprestatie uitgedrukt in het aantal voertuigkilometers per uur stijgt procentagewijs het minst: op de A20 met 0,4% en op de gehele ruit met 0,2%. Op de A20 is dat een stijging van 200 voertuigkilometers per uur (van 44.180 naar 44.380 voertuigkilometers per uur). Op de gehele ruit werkt die toename natuurlijk nog weer minder door.

6. Conclusies en aanbevelingen

Het ontwikkelde model blijkt tenminste enige validiteit te bezitten. Bij de twee doorgerekende voorbeelden blijken de daadwerkelijk gevonden effecten tot op zekere hoogte overeen te komen met de modelpredicties.

Moedgevend is dat het model in de theoretisch voorspelde richting effecten prognosticeert zowel stroomopwaarts, ter plekke van de maatregelen als stroomafwaarts en dat die effecten ook in de praktijk worden teruggevonden. Dit is waarschijnlijk ook de waarde van het model: niet de cijfermatige precisie van de predicties, maar de boodschap dat DVM-maatregelen niet alleen terplekke van de maatregelen effect hebben, maar ook stroomop- en stroomafwaarts en dat de capaciteit stroomopwaarts de 'voeding' van de extra capaciteit vanwege de maatregelen begrenst (als er verder geen toestroommogelijkheid bestaat).

De prognoses geven aan dat capaciteitsvergroten maatregelen lang niet altijd volledig het beoogde effect sorteren. De verwachte effecten van de hypothetische maatregel 'spitsstroken op de A20' zijn bijvoorbeeld veel kleiner dan op basis van theoretische berekeningen zou worden verwacht. Dat ligt volgens het model aan het feit dat er stroomopwaarts onvoldoende 'voeding' bestaat voor de capaciteitsvergroting.

Dit is in theorie een zinvolle constatering van het model. Maar, omdat het model geen rekening houdt met extra toename van het verkeer via toeritten stroomop- en stroomafwaarts, is het wel een onderschatting van de waarschijnlijke praktijk.

Als deze bevindingen bij nauwkeuriger analyse (als betrouwbaardere data kunnen worden gebruikt) kunnen worden gereproduceerd, lijkt toepassing van een model zoals het hier ontwikkelde mogelijk om in een eerste probleemverkenning een indruk te krijgen van mogelijk te verwachten netwerkeffecten van DVM-maatregelen. Een en ander hangt uiteraard sterk af van de nog uit te voeren kalibratie.

Maar dan moet, zoals gezegd, wel betrouwbaardere data worden gebruikt dan de tot nu toe beschikbare MARE-gegevens. Ook moet beseft worden dat het model niet goed om kan gaan met ontbrekende data en met toe- en afritten.

Veder verdient het aanbeveling om het ontwikkelde model op onderdelen nader aan te scherpen en te toetsen. Dat zou kunnen gebeuren door een maatregel in detail te onderzoeken en daarbij systematisch in kaart te brengen hoe groot de effecten stroomopwaarts, ter plekke van de maatregel en vooral stroomafwaarts zijn. Dat laatste is in het hier gebruikte model specifiek en uitsluitend op de data van de Rotterdamse ruit afgestemd. Ook moet onderzocht worden of de hier gevonden relatie tussen rijnsnelheid en benutting ook voor andere wegen en gebieden opgeld doet. Met andere woorden: is het model generaliseerbaar.

Tenslotte is het interessant om te zien dat van de in de eerdere rapportage (Veling en Klem, 2000) onderzochte gebruikte prestatie-indicatoren het aantal voertuigverliesuren het meest gevoelig blijkt voor doorstromingseffecten. Effecten kunnen ook goed worden vastgesteld in termen van de gemiddelde rijnsnelheid, maar in termen van het aantal voertuigkilometers per uur ('de' verkeersprestatie) zijn de effecten nauwelijks zichtbaar. Uiteraard zijn de effecten in de modelprognoses wel herkenbaar, maar in de praktijk als er ook allerlei andere invloedsfactoren spelen, zal een effect van 0,4% toename van de verkeersprestatie niet of nauwelijks statistisch significant opvallen.

Het verdient om die reden aanbeveling om altijd meerdere indicatoren te gebruiken als de verkeersprestatie van verkeersbeheersingsmaatregelen in kaart moet worden gebracht.

Referenties

Veling, I.H. en van Altena (1999). *Effectiviteit van maatregelpakketten op wegvakniveau*. Project Evaluatie Effecten Verkeersbeheersingsmaatregelen EVA, Deelrapport 2a. Veenendaal: Traffic Test, rapportnr. TT99-74

Veling, I.H. en E. Klem (2000). *Netwerkprestaties van DVM-maatregelen*. Project Evaluatie Effecten Verkeersbeheersingsmaatregelen EVA, Deelrapport 2b. Veenendaal: Traffic Test, rapportnr. TT00-01



Traffic Test by Instituut voor onderzoek
en beleidsadvisering op gebied van
verkeer en vervoer

Landjuweel 22
3905 PG Veenendaal
Telefoon: (0318) 52 87 87
Telefax: (0318) 54 11 30
E-mail: TT@traffictest.nl
Homepage: <http://www.traffictest.nl>

