

# Invloed DVM op de luchtkwaliteit

**Eindrapport onderzoek naar het effect van  
dynamisch verkeersmanagement op de  
luchtkwaliteit langs snelwegen**

**Rapportnummer      IPL-6a**

## Colofon

Titel	Invloed DVM op de luchtkwaliteit
Ondertitel	Eindrapport onderzoek naar het effect van dynamisch verkeersmanagement op de luchtkwaliteit langs snelwegen
Rapportnummer	IPL-6a
Status	Definitief eindrapport
Datum van publicatie	December 2009
Opdrachtgevers	Ministerie van Verkeer en Waterstaat (V&W) Ministerie van Volkshuishouding, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM)
Uitgevoerd door	Rijkswaterstaat – Dienst Verkeer en Scheepvaart Afdeling Innovatie & Implementatie (MII) Innovatieprogramma Luchtkwaliteit (IPL)
Informatie	DVS-loket Tel. (088) 798 25 55 E-mail <a href="mailto:dvsloket@rws.nl">dvsloket@rws.nl</a>
Projectleiding	Leon Kok
Dit rapport is samengesteld door	Wout Drewes (DHV) Walter Fransen (DHV)
Rapport downloaden	<a href="http://www.verkeerenwaterstaat.nl">www.verkeerenwaterstaat.nl</a> (actueel/publicaties)
Trefwoorden	Luchtkwaliteit, dynamisch verkeersmanagement
Copyright	Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart, Delft 2009

### **Disclaimer**

Dit rapport is opgesteld in het kader van het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit (2005 – 2009) dat in opdracht van de ministeries van Verkeer en Waterstaat en VROM werkt aan innovatieve oplossingen die bijdragen aan verbetering van de luchtkwaliteit op en rond snelwegen. Rijkswaterstaat voert het programma uit.

Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart (DVS), en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben de in deze publicatie opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld naar de laatste stand van wetenschap en techniek. Desondanks kunnen er onjuistheden in deze publicatie voorkomen.

Rijkswaterstaat sluit, mede ten behoeve van degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die uit het gebruik van de hierin opgenomen gegevens mocht voortvloeien.

# Inhoud

## **Voorwoord 6**

## **De onderzoeksresultaten samengevat 7**

### **1 Overzicht van relevante onderzoeken 10**

### **2 Verkenningsstudie Verkeersmanagement voor Luchtkwaliteit 12**

- 2.1 Literatuurverwijzing 12
- 2.2 Kernpunten van de publicatie 12
- 2.3 Beknopte samenvatting 12

### **3 Notitie Deelactiviteit 2 DVM: Voorspellen luchtkwaliteit 14**

- 3.1 Literatuurverwijzing 14
- 3.2 Relatie met ander onderzoek 14
- 3.3 Kernpunten van de publicatie 14
- 3.4 Beknopte samenvatting 14
- 3.5 15

### **4 Effect van DVM op PM10 concentraties in de lucht 16**

- 4.1 Literatuurverwijzing 16
- 4.2 Relatie met ander onderzoek 16
- 4.3 Kernpunten van de publicatie 16
- 4.4 Beknopte samenvatting 16

### **5 Randvoorwaarden aan de toepassing van DVM voor luchtkwaliteit 18**

- 5.1 Literatuurverwijzing 18
- 5.2 Relatie met ander onderzoek 18
- 5.3 Kernpunten van de publicatie 18
- 5.4 Beknopte samenvatting 18

### **6 Meerijden tegen files en luchtverontreiniging 19**

- 6.1 Literatuurverwijzing 19
- 6.2 Relatie met ander onderzoek 19
- 6.3 Kernpunten van de publicatie 19
- 6.4 Beknopte samenvatting 19

### **7 Verkenningsfase Luchtbericht in relatie tot het Gladheidmeldsysteem 20**

- 7.1 Literatuurverwijzing 20
- 7.2 Relatie met ander onderzoek 20
- 7.3 Kernpunten van de publicatie 20
- 7.4 Beknopte samenvatting 20

### **8 Memo vraag 1: Een overzicht van DVM en de relatie met luchtkwaliteit 22**

- 8.1 Literatuurverwijzing 22
- 8.2 Relatie met ander onderzoek 22
- 8.3 Kernpunten van de publicatie 22
- 8.4 Beknopte samenvatting 23

<b>9</b>	<b>Memo vraag 2: Is inzet DVM als maatregel binnen NSL realistisch? 25</b>
9.1	Literatuurverwijzing 25
9.2	Relatie met ander onderzoek 25
9.3	Kernpunten van de publicatie 25
9.4	Beknopte samenvatting 26
<b>10</b>	<b>Memo vraag 3: Literatuurstudie naar evaluatiestudies DVM en luchtkwaliteit 28</b>
10.1	Volledige titel 28
10.2	Relatie met ander onderzoek 28
10.3	Kernpunten van de publicatie 28
10.4	Beknopte samenvatting 28
<b>11</b>	<b>Memo vraag 4: De relatie tussen emissie en de belangrijkste verkeersparameters 30</b>
11.1	Literatuurverwijzing 30
11.2	Relatie met ander onderzoek 30
11.3	Kernpunten van de publicatie 30
11.4	Beknopte samenvatting 31
<b>12</b>	<b>Memo Inschatting luchtkwaliteitseffect Dynamax 80 km/uur zones 32</b>
12.1	Literatuurverwijzing 32
12.2	Relatie met ander onderzoek 32
12.3	Kernpunten van de publicatie 32
12.4	Beknopte samenvatting 32
<b>13</b>	<b>Memo Algoritme voor inzet snelheidsmaatregel PM10 langs snelwegen 35</b>
13.1	Literatuurverwijzing 35
13.2	Relatie met ander onderzoek 35
13.3	Kernpunten van de publicatie 35
13.4	Beknopte samenvatting 35
<b>14</b>	<b>Lotus-Euros verwachting fijn stof: vergelijking met metingen en optimalisatie 37</b>
14.1	Literatuurverwijzing 37
14.2	Relatie met ander onderzoek 37
14.3	Kernpunten van de publicatie 37
14.4	Beknopte samenvatting 37
<b>15</b>	<b>Toepassingsmogelijkheden van luchtkwaliteitmodellering op uur-tot-uur niveau 39</b>
15.1	Volledige titel 39
15.2	Relatie met ander onderzoek 39
15.3	Kernpunten van de publicatie 39
15.4	Beknopte samenvatting 39

### **Bijlagen op cd-rom**

- |           |  |
|-----------|--|
| Bijlage 1 | Bron van Inspiratie, De bijdrage van het snelwegverkeer aan de emissies en concentraties NO <sub>2</sub> en PM <sub>10</sub> .   |
| Bijlage 2 | Verkenningstudie Verkeersmanagement voor Luchtkwaliteit, IPL-rapportage DVS-2008-047, januari 2006.  |
| Bijlage 3 | Notitie Deelactiviteit 2 DVM: Voorspellen luchtkwaliteit, IPL, augustus 2007.  |
| Bijlage 4 | Effect dynamisch verkeersmanagement op PM10 concentraties in de lucht, IPL-rapportage DVS-2008-034, augustus 2008.   |
| Bijlage 5 | Randvoorwaarden aan de toepassing van dynamisch verkeersmanagement voor luchtkwaliteit, Verslag naar aanleiding van interviews, IPL-rapportage DVS-2008-51, 28 mei 2008. |
| Bijlage 6 | Meerijden tegen files en luchtverontreiniging, IPL-rapportage DVS-2008-54, december 2008.  |
| Bijlage 7 | Verkenningfase Luchtbericht in relatie tot het Gladheidsmeldsysteem van RWS, MeteoConsult, februari 2009.  |

## Voorwoord

Binnen het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit (IPL) is breed onderzoek gedaan naar de mogelijkheden om met Dynamisch Verkeersmanagement (DVM) de luchtkwaliteit te verbeteren. Dit rapport sluit het onderzoek dat binnen het IPL is uitgevoerd af en vat de afzonderlijk gerapporteerde resultaten samen. Naast dit eindrapport is ook een toepassingsadvies gericht op het inzetten van DVM ter verbetering van de luchtkwaliteit opgesteld.

Het eindrapport begint met een integrale samenvatting van de resultaten van alle deelonderzoeken. Daarnaast zijn van elk deelonderzoek en andere relevante publicaties die gebruikt zijn bij het opstellen van het toepassingsadvies de kernpunten en beknopte samenvattingen opgenomen.

## De onderzoeksresultaten samengevat

Binnen het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit (IPL) zijn verschillende maatregelen onderzocht die de luchtkwaliteit verbeteren. Eén van die mogelijke maatregelen is de inzet van Dynamisch Verkeersmanagement (DVM) op basis van de actuele luchtkwaliteit. DVM bestaat uit het informeren, adviseren, sturen en geleiden van het verkeer over een beschikbaar wegennet, op basis van de actuele verkeerssituatie, zodanig dat beleidsmatig gewenste effecten worden bereikt.

### *De meerwaarde van de inzet van DVM ter verbetering van luchtkwaliteit*

Met dynamisch verkeersmanagement is de verkeersmanager in staat om de hoeveelheid, de samenstelling en de wijze van afwikkeling van het verkeer te beïnvloeden. Deze drie elementen van de verkeersstroom hebben invloed op de luchtkwaliteit. DVM is het meest effectief in relatie tot de luchtkwaliteit door het verlagen van de intensiteit (en in het bijzonder dat van het vrachtverkeer), het verlagen van de snelheid op een traject of het voorkomen van congestie (in situaties met omvangrijke congestie) [DHV&TNO, 2008b].

DVM-maatregelen zijn met name geschikt om pieken in daggemiddelde concentratie af te vlakken omdat het verkeer naar tijd en plaats gestuurd kan worden [IPL, 2006]. De invloed van DVM op het jaargemiddelde concentratieniveau is in vergelijking met andere milieumaatregelen, zoals milieuzonering of subsidie voor schone voertuigen, beperkt. De in de onderzoeken aangetoonde effecten liggen gemiddeld tussen de 0,2 en 0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , en zijn afhankelijk van het verkeersvolume, de congestie ter plaatse en het oplossend vermogen van de maatregel bij die verkeerscondities [IPL, 2008a; DHV&TNO, 2008b; DHV&TNO, 2008c; Ludeking, 2008; Witteveen+Bos, 2009]. Onder ideale omstandigheden wordt een effect van 1 tot 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  realistisch geacht. Dit is echter nog niet aangetoond [DHV, 2008]. Ideale omstandigheden betekent dat er op de locatie nog geen uitgebreid DVM-pakket geïmplementeerd is en dat de DVM-maatregel ter verbetering van de luchtkwaliteit past binnen het netwerkbrede verkeersmanagement.

De toepassing van dynamische maatregelen op het hoofdwegennet om de luchtkwaliteit te bevorderen biedt kansen voor:

- het behalen van gezondheidseffecten door bij te dragen aan de reductie van de emissie van  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{NO}_2$  en  $\text{CO}_2$ ;
- het bereiken van de dagnormstelling  $\text{PM}_{10}$ ;
- het stimuleren van minder vervuilend transport op langere termijn;
- het vergroten van het bewustzijn van weggebruikers;
- het kunnen inzetten van maatregelen die statisch niet haalbaar zijn (door bijvoorbeeld te hoge kosten of onvoldoende draagvlak).

Het huidige onderzoek laat zien dat van de maatregelen dynamische routing, dynamische maximumsnelheid, doseren en vrachtverkeer op de busbaan het meeste effect verwacht mag worden [IPL, 2006]. Echter gezien de verscheidenheid aan maatregelen en locaties sluit dit andere maatregelen niet uit. Een maatregel als 'Meerrijden tegen file en luchtverontreiniging' kan ook tot het gewenste effect leiden.

### *Het inschatten van het effect van DVM op de luchtkwaliteit*

DVM-maatregelen zijn dynamisch van aard, en dienen dus ook in een dynamische omgeving gemodelleerd te worden. Dynamische modellen als de regionale benuttingsverkenner (RBV) en microsimulatiemodellen zijn geschikt voor het bepalen van het effect van DVM op de verkeersdoorstroming.

Er zijn verschillende luchtkwaliteitsmodellen met wettelijke status, die gebruikt mogen worden voor het opstellen van (verplichte) luchtkwaliteitsrapportages, zoals bijvoorbeeld Car-II en Pluim-Snelweg. Deze modellen zijn relatief eenvoudig en breed toepasbaar. Uit onderzoek komt echter naar voren dat niet in alle gevallen deze modellen het meest geschikt zijn om het effect van DVM op de luchtkwaliteit te bepalen [DHV&TNO, 2008a; DHV&TNO, 2008b; Witteveen+Bos, 2009]. De variatie in snelheid en dynamiek wordt maar beperkt meegenomen. Daarnaast wordt het aandeel van specifieke voertuigklassen in file, zoals het vrachtverkeer, en het aandeel verkeer in de spitsperiodes niet onderscheiden. Verder onderzoek met dynamische verkeersmodellen en meer gedetailleerde emissie- (Versit+) en verspreidingsmodellen moet uitwijzen of een meer gedetailleerde doorrekening een wezenlijk andere effectiviteit van DVM laat zien.

Uit een eerste onderzoek naar de meerwaarde van het gebruik van gedetailleerdere verspreidingsmodellen komt naar voren dat bij een uur-tot-uur doorrekening de DVM-maatregelen toeritdosering en snelheidsverlaging een groter positief effect hebben op de luchtkwaliteit wanneer het emissieverloop gedetailleerder in tijd wordt doorgerekend. Echter wanneer in plaats van een vast emissieverloop per dag de fluctuaties in de verkeersemissie nog gedetailleerder worden doorgerekend (verschillend verloop per dag), weegt de extra inspanning die hiervoor nodig is niet op tegen dat het inzicht dat het meer oplevert.

Verder laat het onderzoek [Witteveen+Bos, 2009] zien dat er interessante mogelijkheden zijn om de huidige rekenmethodiek met een beperkt aantal vaste emissiefactoren verder te nuanceren. Echter het is de vraag of het wenselijk is om de bestaande consensus over de rekenwijze met vaste emissiefactoren ter discussie te stellen. Dit betekent dat er nog meer behoefte is aan inzicht in welke factoren (zoals wind, temperatuur, rijsnelheid of verkeersdynamiek) het meest bepalend zijn voor de berekende verschillen in luchtkwaliteit

### *Een DVM-maatregel ter verbetering van de luchtkwaliteit realiseren*

Om op het juiste moment DVM-maatregelen ter verbetering van de luchtkwaliteit in te kunnen zetten, zijn voldoende betrouwbare methoden nodig om de actuele of te verwachten luchtkwaliteit te bepalen. De snelheid waarmee maatregelen ingezet moeten worden, stelt eisen aan de tijdschaal van de luchtkwaliteitsvoorspellingen. Theoretisch zou het ideaal zijn om met DVM-maatregelen 'a la minute' op de actuele luchtkwaliteit te kunnen reageren. In de praktijk is een voorspelling van de luchtkwaliteit een dag van te voren voldoende [IPL, 2007; TNO, 2008]. In de praktijk is het niet wenselijk om elk uur de maatregel te veranderen. Daarnaast werkt het verlagen van een piek van enkele uren onvoldoende door in de etmaalgemiddelde concentratie, welke juridisch maatgevend is.

In Nederland zijn verschillende methoden beschikbaar om de luchtkwaliteit te voorspellen. De verspreiding van de emissie is zowel afhankelijk van de verkeersintensiteiten als van de meteorologische omstandigheden (het weer).

Weersvoorspellingssystemen zijn waardevol voor het bepalen van de luchtkwaliteit maar moeten nog aangepast worden voordat ze voor de inzet van DVM voldoende nauwkeurigheid bieden [IPL, 2007; IPL, 2009a]. Van belang zowel het weer als de wegbijdrage (emissie vertaald naar lokale concentraties) voldoende locatiespecifiek voorspeld kan worden. Als onderdeel van het project Dynamische Maximumsnelheden onderzoekt Rijkswaterstaat het effect van snelheidsverlagingen op de luchtkwaliteit. Dit wordt gedaan door, op een proeftraject op de A58 bij Tilburg, preventief de maximumsnelheid te verlagen als de concentratie fijn stof ( $PM_{10}$ ) boven een grenswaarde dreigt uit te komen. Hiervoor levert het KNMI zesdaagse verwachtingen van de achtergrondconcentratie van  $PM_{10}$ , die berekend worden door het model Lotus-Euros [KNMI, 2009]. Hoewel de concentratie systematisch wordt onderschat is het model goed in staat om de waargenomen variabiliteit in de concentraties te beschrijven. De  $PM_{10}$  concentratie is sterk afhankelijk van het weer en de lokale omstandigheden. Door toevoeging van de  $PM_{10}$ -metingen van de voorgaande dag verbetert de kwaliteit van de voorspelling aanzienlijk.

Hoewel de huidige wet – en regelgeving voorziet in de invoering van DVM in het algemeen, moet voor de toepassing van DVM ter verbetering van luchtkwaliteit op relatief korte termijn rekening gehouden worden met een aantal essentiële praktische operationele zaken die op dit moment kenmerkend zijn voor het verkeersmanagement in Nederland [IPL, 2008b]:

- Huidige DVM-regelscenario's zullen moeten worden aangepast, dit betekent nieuwe luchtkwaliteitsdoelstelling naast de huidige leidende Nota Mobiliteit';
- daarbij is regionale samenwerking van groot belang en moet rekening gehouden worden met effecten op het OVN;
- de informatiestructuur dient met met voor de luchtkwaliteit juiste informatiebronnen uitgebreid te worden;
- een voorbereidingsperiode die geschat wordt op 1,5 tot 3 jaar en aanzienlijke kosten wanneer de realisatie gepaard gaat met aanpassing aan de infrastructuur;
- aangezien de mogelijkheden voor handhaving beperkt zijn is extra communicatie over het doel en de inzet dat van groot belang voor zowel draagvlak voor als effectiviteit van DVM-maatregelen ter verbetering van de luchtkwaliteit.

Bij dit eindrapport is een toepassingadvies opgesteld. Het toepassingsadvies beschrijft op basis van gerapporteerde onderzoeksresultaten de wijze waarop in de praktijk DVM-maatregelen ter verbetering van de luchtkwaliteit afgewogen, uitgewerkt en als onderdeel van het netwerkbreed verkeersmanagement geïmplementeerd kunnen worden.

## 1 Overzicht van relevante onderzoeken

Onderstaand overzicht bevat de publicaties die gebruikt zijn voor het opstellen van het eindrapport DVM als maatregel voor luchtkwaliteit in het kader van het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit (IPL). Van de onderstreepte publicaties zijn de kernpunten en beknopte samenvatting in deze eindrapportage opgenomen.

De IPL-rapportages zijn tevens opgenomen op de cd-rom in de achterkaft.

### Onderzoek binnen IPL

- [IPL, 2005] Bron van Inspiratie, De bijdrage van het snelwegverkeer aan de emissies en concentraties NO<sub>2</sub> en PM<sub>10</sub>.
- [IPL, 2006] Verkenningstudie Verkeersmanagement voor Luchtkwaliteit, IPL-rapportage DVS-2008-047, januari 2006.
- [IPL, 2007] Notitie Deelactiviteit 2 DVM: Voorspellen luchtkwaliteit, IPL, augustus 2007.
- [IPL, 2008a] Effect dynamisch verkeersmanagement op PM10 concentraties in de lucht, IPL-rapportage DVS-2008-034, augustus 2008.
- [IPL, 2008b] Randvoorwaarden aan de toepassing van dynamisch verkeersmanagement voor luchtkwaliteit, Verslag naar aanleiding van interviews, IPL-rapportage DVS-2008-51, 28 mei 2008.
- [IPL, 2008c] Meerijden tegen files en luchtverontreiniging, IPL-rapportage DVS-2008-54, december 2008.
- [IPL, 2009a] Verkenningfase Luchtbericht in relatie tot het Gladheidsmeldsysteem van RWS, MeteoConsult, februari 2009.

### Overige onderzoeksresultaten

- [DHV&TNO, 2008a] Memo vraag 1: Een overzicht van DVM en de relatie met luchtkwaliteit op basis van eigen inzicht en literatuur, MON-MEM-033-DTS-2008-0293, oktober 2008.
- [DHV&TNO, 2008b] Memo vraag 2: Is inzet DVM als maatregel binnen NSL realistisch?, VB-SE20081168, december 2008.
- [DHV&TNO, 2008c] Memo vraag 3: Literatuurstudie binnen RWS en eigen organisatie naar evaluatiestudies waarbij gekeken is naar de effecten van DVM op luchtkwaliteit, september 2008.
- [DHV&TNO, 2008d] Memo vraag 4: Inzichtelijk maken van de relatie tussen de emissie en de belangrijkste verkeersparameters, september 2008.
- [DHV, 2008] Vuistregels effecten DVM t.b.v. Saneringstool 3. Memo met beschrijving van een aantal kentallen van het effect van DVM op het hoofdwegennet, Steunpunt GBLK backoffice luchtkwaliteit, november 2008.
- [DHV, 2009] Leidraad verkeerskundige toets voor toepassing DVM in Saneringstool, maart 2009.

[Witteveen+Bos, 2009] Studie naar de toepassingsmogelijkheden van luchtkwaliteitsmodellering op uur-tot-uur niveau, RW1780-1, 14 oktober 2009.

### **Voorbeeldprojecten DVM voor lucht in de praktijk**

- [RWS-AVV, 2003] Rijkswaterstaat, Werkboek gebiedsgericht benutten, AVB-bureau, Rijkswaterstaat Adviesdienst Verkeer en Vervoer, 2003.
- [TNO, 2003] Onderzoek naar de effecten van de 80 km/u maatregel voor de A13 op de luchtkwaliteit in Overschie, TNO rapport R2003/258.
- [RWS-AVV, 2006a] Rijkswaterstaat, Werkboek regelscenario's voor gebiedsgericht operationeel verkeersmanagement, AVB-bureau, Rijkswaterstaat Adviesdienst Verkeer en Vervoer, 2006.
- [RWS-AVV, 2006b] Effecten Verkeersmanagement, cijfers van meer dan 100 praktijkevaluaties uit Nederland. Effecten van diverse DVM-maatregelen, Rijkswaterstaat Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam, mei 2006.
- [Arcadis, 2008] Effecten DVM systemen op luchtkwaliteit, SOLVE programma CROW, augustus 2008
- [Ludeking, 2008] Memo Inschatting luchtkwaliteitseffect Dynamax op huidige 80 km zones op A12 en A20, Rijkswaterstaat, augustus 2008.
- [TNO, 2008] Memo Algoritme voor inzet snelheidsmaatregel voor het verminderen van het aantal overschrijdingsdagen van PM<sub>10</sub> etmaalnorm langs snelwegen, Team Luchtkwaliteit WP3, Rijkswaterstaat, juli 2008.
- [KNMI, 2009] Memo Lotus-Euros verwachting van fijn stof: vergelijking met metingen en optimalisatie, Dynamax, februari 2009.

## 2 Verkenningstudie Verkeersmanagement voor Luchtkwaliteit

### 2.1 Literatuurverwijzing

Verkenningstudie Verkeersmanagement voor Luchtkwaliteit, IPL-rapportage DVS-2008-047, januari 2006

#### *Relatie met ander onderzoek*

Voor: Dit is één van de eerste onderzoeken uitgevoerd voor het IPL en verkend de mogelijkheden om met DVM de luchtkwaliteit te verbeteren.

Na: De rapportage bevat de aanknopingspunten op basis waarvan vervolgonderzoeken binnen het IPL zijn uitgevoerd.

### 2.2 Kernpunten van de publicatie

- Op basis van diverse onderzoeken uit binnen- en buitenland wordt de potentie van DVM om de luchtkwaliteit te verbeteren, onderbouwd.
- Op basis van de in de literatuur aangetoonde effecten zijn vier kansrijke maatregelen geselecteerd.
- De ervaringen met DVM ter verbetering van de luchtkwaliteit zijn nog minimaal. Een belangrijke eerste stap is het uitvoeren van pilots.
- Voor het succes van DVM specifiek ingezet voor het verbeteren van de luchtkwaliteit is communicatie over het doel en over de inzet van groot belang.
- Mogelijk kan de maatregel kracht bij gezet worden door aan te sluiten bij variabele beprijzing.
- De snelheid waarmee maatregelen kunnen worden ingezet, stelt eisen aan de tijdschaal van de luchtkwaliteitsvoorspellingen.

### 2.3 Beknopte samenvatting

Binnen het Innovatieprogramma Luchtkwaliteit (IPL) worden verschillende maatregelen onderzocht die de luchtkwaliteit verbeteren. Eén van die mogelijke maatregelen is de inzet van (dynamisch) verkeersmanagement op basis van de actuele luchtkwaliteit. Het rapport beschrijft het resultaat van een verkenningstudie.

De toepassing van dynamische maatregelen op het hoofdwegennet om de luchtkwaliteit te bevorderen biedt kansen voor:

- het behalen van gezondheidseffecten;
- het bereiken van de dagnormstelling PM10;
- het stimuleren van minder vervuilend transport op langere termijn;
- het vergroten van het bewustzijn van weggebruikers;
- gebruiken van maatregelen die statisch niet haalbaar zijn.

Vier maatregelen zijn op basis van literatuurstudie, een workshop met experts, en nadere analyse kansrijk geacht voor verdere ontwikkeling in de vorm van een pilot:

- dynamische routing
- dynamische maximumsnelheid
- doseren
- schoon vrachtverkeer op busbaan

Afhankelijk van de maatregel is het zinvol in een pilot eerst de situatie in detail te modelleren, of juist direct tot toepassing op de weg over te gaan en de pilot mede te gebruiken om meer kennis te verkrijgen. In alle gevallen moeten geschikte pilot locaties nog worden bepaald.

Voor alle maatregelen is communicatie over doel en inzet van groot belang voor zowel draagvlak als effectiviteit. Dynamische luchtkwaliteitsinformatie is daarom in alle gevallen zinvol als ondersteunende maatregel. Daarnaast wordt voorgesteld in het ontwikkeltraject van betaald rijden variabele beprijzing op basis van emissiekenmerken mee te nemen.

Deze maatregelen kunnen dynamisch worden ingezet op tijdschalen variërend van uren tot maanden. Bij variatie op uur-schaal wordt een maatregel ingezet op basis van actuele gemeten luchtkwaliteit, bij inzet op dagschaal op basis van voorspelde luchtkwaliteit, bij maandschaal op basis van statistische gegevens. Voorspellingen op 24-uursbasis zijn binnen afzienbare termijn beschikbaar. Voor toepassingen op dagschaal moet de betrouwbaarheid van de luchtkwaliteitsvoorspelling nauwkeurig worden vastgesteld. Mogelijke uitbreiding van het luchtkwaliteit meetinstrumentarium moet worden overwogen. Voor toepassingen op uurschaal is lokale luchtkwaliteitsmeting bij routing en doseren noodzakelijk, bij de andere maatregelen wenselijk.

## 3 Notitie Deelactiviteit 2 DVM: Voorspellen luchtkwaliteit

### 3.1 Literatuurverwijzing

Notitie Deelactiviteit 2 DVM: Voorspellen luchtkwaliteit, IPL, augustus 2007

### 3.2 Relatie met ander onderzoek

Voor: Dit onderzoek is gericht op het verkennen van de systemen waarmee de luchtkwaliteit voorspeld kan worden en is uitgevoerd naar aanleiding van voorgenomen pilots.

Na: Inmiddels wordt een aantal systemen in pilots gebruikt en zijn naar aanleiding daarvan verder ontwikkeld. De praktische invulling is onderzocht in de studie gericht op het Luchtbericht [IPL, 2009a].

### 3.3 Kernpunten van de publicatie

- Het KNMI en Meteo consult hebben verschillende methoden om de luchtkwaliteit te voorspellen.
- De voorspellingen van het KNMI moeten voor voldoende nauwkeurigheid nog verder ontwikkeld worden.
- De voorspellingen van het KNMI beschrijven de achtergrondconcentratie van  $PM_{10}$ , en dus geen concentraties direct langs de snelwegen.
- De verspreiding van de emissie is zowel afhankelijk van de verkeersintensiteiten als van de meteorologische omstandigheden.
- Meteo Consult heeft een systeem dat meer gericht is op de wegbijdrage en is een goede aanvulling op het model van het KNMI.

### 3.4 Beknopte samenvatting

Wanneer op basis van de actuele of voorspelde luchtkwaliteit tijdelijk lokale maatregelen worden doorgevoerd om de luchtkwaliteit te verbeteren zijn voldoende betrouwbare methoden nodig om die actuele of voorspelde luchtkwaliteit te bepalen.

Het KNMI en Meteo Consult hebben onderzoek gedaan waaruit twee verschillende aanpakken volgen. Het KNMI modelleert op basis van de theoretische concepten en richt zich op het voorspellen van de regionale achtergrondconcentraties, waarbij de (variabele en onbekende) pieken ten gevolge van het verkeer nog moeten worden opgeteld. Meteo Consult werkt met een meer praktische methode waarbij de meest verontreinigde locaties centraal staan en het niet uitmaakt of de verontreiniging van de weg komt of van de stedelijke of regionale achtergrond.

Daarnaast komen uit het onderzoek de volgende aandachtspunten voor het inzetten van voorspellingsmethoden bij het uitvoeren van DVM naar voren:

De luchtkwaliteit wordt bepaald aan de hand van de bijdrage van de weg en de achtergrondconcentratie. Daarbij gaat men altijd uit van jaargemiddelden of (daaruit berekende) aantallen overschrijdingsdagen. Wanneer men naar dynamisch verkeersmanagement gaat kijken, is het belangrijk ook naar de dynamiek in de emissies te kijken. De dynamiek in de achtergrondconcentratie en de concentraties langs de weg zijn voor een belangrijk deel onafhankelijk van elkaar. De achtergrondconcentraties moeten dus niet simpelweg opgehoogd worden met een vaste piek van de weg, maar ook niet met een evenredig verhoogde of verlaagde factor als dat de achtergrondconcentratie varieert.

De focus ligt op het halen van de jaarnorm dat niet vaker dan 35 dagen per jaar de concentratie PM<sub>10</sub> boven 50 mg/m<sup>3</sup> mag komen. Er zijn verschillende maatregelen die kunnen worden doorgevoerd. Dit varieert van maatregelen die geen aankondiging vooraf nodig hebben (bv verlagen van de maximaal toegestane snelheid naar 80 km/h) tot maatregelen die alleen effect zullen sorteren of alleen acceptabel zijn wanneer het publiek ruim van tevoren is geïnformeerd (bijvoorbeeld een afsluiting van een afrit). Er wordt vanuit gegaan dat hiervoor een termijn van drie dagen voldoende is. In alle gevallen is het nodig bijtijds een goed beeld te hebben van de (te verwachten) luchtkwaliteit.

## 4 Effect van DVM op PM<sub>10</sub> concentraties in de lucht

### 4.1 Literatuurverwijzing

Effect dynamisch verkeersmanagement op PM<sub>10</sub> concentraties in de lucht, IPL-rapportage DVS-2008-034, augustus 2008

### 4.2 Relatie met ander onderzoek

Voor: Uit de verkenningsstudie [IPL, 2006] is gebleken dat er nog weinig bekend was over welke luchtkwaliteitseffecten met DVM zijn te bereiken. Dit onderzoek is gericht op het vergroten van het inzicht in het effect van DVM op de concentratie van PM<sub>10</sub> en de wijze waarop dit bepaald kan worden.

Na: De effectbepaling is op basis van modellen uitgevoerd. Inmiddels zijn ook maatregelen in de praktijk beproefd en meer effectinschatting gedaan.

### 4.3 Kernpunten van de publicatie

- DVM-maatregelen zijn met name geschikt om pieken in daggemiddelde concentratie af te vlakken omdat het verkeer naar tijd en plaats gestuurd kan worden.
- Een belangrijke vereiste voor de inzet van DVM is een accurate voorspelling van de verwachte overschrijding en de inzet van de juiste DVM-maatregel.
- Daarnaast is een (ten opzichte van de onzekerheid in voorspelling, verkeerssamenstelling en verkeersafwikkeling) voldoende oplossend vermogen noodzakelijk.
- Wanneer een DVM-maatregel op een locatie voor het verbeteren van de luchtkwaliteit wordt ingezet, moet aan de volgende stappen gedacht worden: opstellen van een streefwaarde voor de benodigde reductie op basis van het aantal keer en de mate van overschrijding, bepalen welke intensiteit- en/of congestie afname benodigd is om benodigde reductie te bereiken, bepalen van DVM-maatregel op basis van de benodigde intensiteit- en/of congestie afname
- De inzet van DVM voor de luchtkwaliteit heeft een strikt juridische motivatie en is gericht op het halen van grenswaarden en niet op het nastreven van gezondheidseffecten.
- Het aangetoonde effect van DVM op de luchtkwaliteit (PM<sub>10</sub>) is beperkt, tot een maximale afname van 0,2 µg/m<sup>3</sup>, en afhankelijk van het verkeersvolume en de congestie ter plaatse en het oplossend vermogen van de maatregel bij die verkeerscondities.
- De verkeerseffecten zijn qua omvang en duur dermate kort dat het op etmaalniveau niet leidt tot een sterke vermindering van de daggemiddelde concentratie.

### 4.4 Beknopte samenvatting

In de rapportage wordt inzicht gegeven in het effect van DVM-maatregelen op de luchtkwaliteit. Ingegaan wordt op de mate waarin zes DVM-maatregelen een bijdrage kunnen leveren aan het afvlakken van de pieken in de daggemiddelde concentratie PM<sub>10</sub> en aan het verminderen van het aantal overschrijdingsdagen.

Over heel Nederland wordt de daggemiddelde grenswaarde voor PM<sub>10</sub> wel eens overschreden. De concentratie PM<sub>10</sub> verschilt sterk in tijd en plaats. Omdat dynamische verkeersmanagement (DVM) maatregelen het verkeer naar tijd en

plaats kunnen sturen, is dit type maatregel in theorie bij uitstek effectief om pieken in de daggemiddelde concentratie af te vlakken zodat deze onder de grenswaarde blijft. Voorwaarde hierbij is een accurate voorspelling van de verwachte overschrijding en de inzet van de juiste dynamische verkeersmaatregel.

De inzet van DVM voor luchtkwaliteit heeft een strikt juridische motivatie en is gericht op het halen van grenswaarden en niet op het nastreven van gezondheidseffecten.

Van de volgende zes DVM-maatregelen is het effect bepaald:

- regionaal routeadvies;
- lokaal routeadvies (vrijblijvend advies);
- lokale omleiding (dwingend 'routeadvies');
- toeritdosering;
- dosering hoofdrijbaan;
- (schoon) vrachtverkeer op busbaan.

De effecten van deze zes DVM-maatregelen zijn berekend voor zes cases op de 'ruit van Rotterdam'. De berekening van de verkeerskundige effecten zijn uitgevoerd met het verkeersmodel Regionale Benutting Verkenner (RBV). Voor de berekening van de luchtkwaliteiteffecten is voor het hoofdwegennet gebruik gemaakt van het luchtmodel Pluim Snelweg en voor binnenstedelijke situaties van het model Car-II.

Uit de studie volgt dat het bereikte effect bij de zes cases sterk afhankelijk is van de verkeerssituatie ter plaatse. Oftewel het verkeersvolume en de congestie ter plaatse van de case locatie. Daarnaast wordt het effect bepaald door het oplossend vermogen van de maatregel bij de geldende verkeerscondities.

De factoren die van invloed zijn op de uitstoot van  $PM_{10}$  op uitlaatniveau zijn onder te verdelen in vier categorieën:

- verkeersintensiteiten;
- voertuigkarakteristieken;
- verkeersdynamiek;
- omgevingsfactoren.

De maatregelen op de rijkswegen hebben een beperkte invloed op de afname van de concentratie  $PM_{10}$ . Op enkele locaties wordt met behulp van de maatregelen een afname van 0,1 of 0,2  $\mu g/m^3$  behaald. Langs de rijkswegen kan met de maatregelen het aantal overschrijdingsdagen slechts worden terug gebracht met 1 dag. De verkeerseffecten zijn qua omvang en duur dermate kort dat het etmaal breed gezien niet leidt tot een sterke vermindering van de daggemiddelde concentratie  $PM_{10}$ .

## 5 Randvoorwaarden aan de toepassing van DVM voor luchtkwaliteit

### 5.1 Literatuurverwijzing

Randvoorwaarden aan de toepassing van dynamisch verkeersmanagement voor luchtkwaliteit, Verslag naar aanleiding van interviews, IPL-rapportage DVS-2008-51, 28 mei 2008.

### 5.2 Relatie met ander onderzoek

Voor: Uit de verkenningsstudie [IPL, 2006] is gebleken dat er goede mogelijkheden zijn om DVM ter verbetering van de luchtkwaliteit in te zetten. Belangrijk aandachtspunt daarbij is echter de inpassing binnen het huidige operationeel verkeersmanagement. Met ervaringsdeskundigen zijn de belangrijkste aandachtspunten bepaald.

Na: Het toepassingsadvies is mede op basis van deze aandachtspunten opgesteld.

### 5.3 Kernpunten van de publicatie

Hoewel de huidige wet – en regelgeving voorziet in de invoering van DVM in het algemeen, moet voor de toepassing van DVM ter verbetering van luchtkwaliteit op relatief korte termijn rekening gehouden worden met een aantal essentiële praktisch operationele zaken die op dit moment kenmerkend zijn voor het verkeersmanagement in Nederland.

### 5.4 Beknopte samenvatting

In de rapportage worden de resultaten samengevat van interviews die zijn uitgevoerd binnen het door InnovatieProgramma Luchtkwaliteit (IPL) uitgevoerde onderzoek naar de toepassing van Dynamisch VerkeersManagement (DVM) voor de verbetering van de luchtkwaliteit rond het hoofdwegennet (HWN) in Nederland. De geïnterviewden hebben hun visie gegeven op de kansen en hindernissen bij de toepassing van deze maatregelen uitgaande van hun expertise op een aantal aspecten van DVM.

Hoewel de huidige wet – en regelgeving voorziet in de invoering van DVM in het algemeen, moet voor de toepassing van DVM ter verbetering van luchtkwaliteit op relatief korte termijn rekening gehouden worden met een aantal essentiële praktisch operationele zaken die op dit moment kenmerkend zijn voor het verkeersmanagement in Nederland.

Rekening moet gehouden worden met:

- beperkte mogelijkheden voor het handhaving bij DVM-maatregelen;
- aanpassing van de huidige DVM-regelscenario's, dit betekent nieuwe luchtkwaliteitsdoelstelling naast de huidige leidende Nota Mobiliteit;
- mogelijke effecten langs het OWN;
- de benodigde uitbreiding van de informatiestructuur met voor de luchtkwaliteit juiste informatiebronnen;
- een voorbereidingsperiode van naar schatting 1,5 tot 3 jaar en aanzienlijke kopsten wanneer de infrastructuur aangepast dient te worden.

## 6 Meerijden tegen files en luchtverontreiniging

### 6.1 Literatuurverwijzing

Meerijden tegen files en luchtverontreiniging, IPL-rapportage DVS-2008-54, december 2008

### 6.2 Relatie met ander onderzoek

Voor: Uit de verkenningsstudie [IPL, 2006] is gebleken dat een grote verscheidenheid aan DVM-maatregelen waarmee de luchtkwaliteit verbeterd kan worden, denkbaar is. Naast grootschalige systeemgerichte maatregelen zijn ook alternatieve praktische maatregelen onderzocht. Bepaald is wat de potentie van een maatregel als 'Meerijden tegen files' is in relatie tot het verbeteren van de luchtkwaliteit.

Na: De potentie is modelmatig aangetoond. Met pilots kan de effectiviteit verder onderzocht worden. Deze zijn nog niet uitgevoerd.

### 6.3 Kernpunten van de publicatie

- 'Meerijden' heeft de potentie om de luchtkwaliteit langs snelwegen waar dagelijks file staat te verbeteren.
- 'Meerijden' zal de verkeersdoorstroming verbeteren.
- 'Meerijden' is snel, eenvoudig en flexibel inzetbaar.
- Om tot een volwaardige maatregel te komen is echter nader onderzoek door een uitgebreide proef noodzakelijk.

### 6.4 Beknopte samenvatting

Twee korte tests in 2006 en 2008 laten de potentie van de maatregel 'meerijden' zien als luchtkwaliteit verbeterende maatregel. Rijkswaterstaat heeft nader onderzoek laten doen naar het effect van de maatregel op de luchtkwaliteit. In de rapportage wordt ingegaan op de doelstelling, randvoorwaarden, opzet en analysemethode van een proef, waarmee een statistisch verantwoorde uitspraak kan worden gedaan over de mate waarin de verkeerskundige methode 'meerijden' bij kan dragen aan het verbeteren van de luchtkwaliteit.

'Meerijden' is een dynamische en flexibele DVM-maatregel. Vlak voordat de file start (snelheid 90-100 km/uur; de eerste schokgolfbewegingen starten) gaat een voertuig van de uitvoerende organisatie (bijvoorbeeld RWS of de KLPD) op de linkerrijstrook naast een vrachtwagen rijden.

De rapportage beschrijft een plan van aanpak voor de proef en de daarbij te gebruiken methoden om de te verwachte effecten aan te tonen. De modellen Versit+ en GeoSTACKS worden voorgesteld om het effect op de luchtkwaliteit te bepalen.

## 7 Verkenningfase Luchtbericht in relatie tot het Gladheidsmeldsysteem

### 7.1 Literatuurverwijzing

Verkenningfase Luchtbericht in relatie tot het Gladheidsmeldsysteem van RWS, MeteoConsult, februari 2009

### 7.2 Relatie met ander onderzoek

Voor: Uit het onderzoek naar het voorspellen van de luchtkwaliteit [IPL, 2007] zijn verschillende mogelijk bruikbare systemen naar voren gekomen. In dit onderzoek is verkend hoe bruikbaar de verschillende systemen zijn en hoe ze aansluiten bij bestaande systemen van Rijkswaterstaat. Het is een eerste inventarisatie van hoe de voorspelling van  $PM_{10}$  in de praktijk het beste vormgegeven kan worden.

Na: Op basis van de verkenning zijn de mogelijkheden voor het voorspellen van de luchtkwaliteit, in het kader van voorgenomen pilots, verder onderzocht [KNMI, 2009].

### 7.3 Kernpunten van de publicatie

- Er zijn verschillende voorspellingsmethoden beschikbaar voor het maken van een luchtbericht maar zijn nog belangrijke verbeterlagen mogelijk.
- Verschillende metingen zijn moeilijk te correleren met uurlijkse waarden van fijnstof.
- Regionale waarden van gemeten dagwaarden blijken deels te correleren met verschillende weerparameters. Op basis van een statistische combinatie van deze gegevens kan een verwachtingsmodel opgesteld worden.
- Toevoeging van de  $PM_{10}$ -metingen van de voorgaande dag verbetert de kwaliteit van de voorspelling aanzienlijk. Het toevoegen van een lokale meting maakt de verwachting meer locatiespecifiek (de beschikbare modellen zijn op regionale of landelijke schaal).
- Aangezien fijnstofconcentraties sterk afhangen van de historie is het beschikbaar zijn van real-time metingen een waardevolle component voor een operationele methode om de  $PM_{10}$ -concentraties in te schatten.

### 7.4 Beknopte samenvatting

Dit rapport beschrijft de ontwikkeling en validatie van een methode om een luchtbericht op te stellen. Voor het ontwikkelen van de methode is gebruikt gemaakt van milieutechnische en meteorologische gegevens die afkomstig zijn van verschillende bronnen (meetnetten RIVM, DCMR, GMS, KNMI; analyses en verwachtingen van het ECMWF).

De vergelijking van methoden om een luchtbericht te maken laat zien dat het gebruik van een fysisch-chemisch model of het toepassen van een neurale netwerk niet noodzakelijk tot nauwkeurige resultaten leidt. Het verwachten van fijnstof is één van de moeilijkste verwachtingen in de chemie van de atmosfeer omdat er niet sprake is van één stof met bijbehorende chemische reacties maar van een mix van stoffen.

Onderzocht is ook in hoeverre de metingen van GSM stations (gladheidsmeldsysteem) bruikbaar zijn. De huidige metingen van GSM stations zijn niet bruikbaar voor een luchtbericht, maar wel te gebruiken voor het monitoren van de toestand van de weg. Een lokatie verwachting voor fijnstof zal altijd alleen een verwachting zijn voor exact de positie van het meetpunt.

Voor het opzetten van een geschikt luchtbericht is daarom gekozen voor een andere aanpak, namelijk het ontwikkelen van een statistisch model. Metingen van fijnstof van regionale stations (RIVM netwerk) en straatstations (DCMR stations en proeftuin Nulde) zijn geanalyseerd om na te gaan hoe deze metingen gebruikt kunnen worden in dit statistische model.

Door de relevante meteorologische parameters en de fijnstof metingen van de vorige dag in een lineair regressiemodel te combineren met gegevens van een fysisch meteorologisch model (ECMWF model) bleek het mogelijk een statistische verwachting te maken voor de dagwaarde fijnstof.

Het blijkt dat GSM metingen (gladheidsmeldsysteem) van geleidbaarheid, neerslagaanwezigheid en relatieve temperatuur van het wegdek moeilijk te correleren zijn met uurlijkse waarden van fijnstof. De uurlijkse variatie in fijnstof is van nature erg groot. De regionale waarden van gemeten dagwaarden voor fijnstof blijken deels te correleren met gegevens van het ECMWF. Door statistische combinatie van deze gegevens blijkt het mogelijk een verwachtingsmodel op te stellen voor fijnstof. Door toevoeging van de gemeten  $PM_{10}$  concentratie van de vorige dag verbetert de kwaliteit van dit model aanzienlijk. Het model detecteert dan 23% van de gevallen met een overschrijding van de dagwaarde, maar bij het verlagen van de detektiedrempel naar  $45 \mu g/m^3$  wordt 33% verwacht.

Het rapport sluit af met een beschrijving van de randvoorwaarden en kosten van een operationeel proeftraject waarbij het luchtbericht wordt gebruikt om op termijn van enkele uren tot enkele dagen vooruit de luchtkwaliteit langs de wegen te verbeteren.

Vervolgonderzoek moet duidelijk maken in hoeverre met uurlijkse fijnstof-metingen ook direct een uurlijkse verwachting te maken is. Toetsing van het nu ontwikkelde statistische model door de uitkomsten ervan te vergelijken met historische verwachtingen van fysisch-chemische modellen (geïnterpoleerd naar dagwaarden ter plaatse van RIVM regio stations). Voor het operationaliseren is het nodig dat  $PM_{10}$  niet alleen op de locatie maar ook in de aanvoerrichting uurlijks gemeten wordt. Dit kunnen gegevens zijn van het landelijk meetnet of van een extra  $PM_{10}$  sensor bij een GSM meetstation. De metingen binnen het vervolgonderzoek gebruiken om een fysisch chemisch model, zoals Chimere of WRF-Chem, te voeden. Door het combineren van de modelverwachting en de lokale metingen (MOS methode) ontstaat een  $PM_{10}$  verwachting voor de locatie zelf.

## 8 Memo vraag 1: Een overzicht van DVM en de relatie met luchtkwaliteit

### 8.1 Literatuurverwijzing

Memo vraag 1: Een overzicht van DVM en de relatie met luchtkwaliteit op basis van eigen inzicht en literatuur, MON-MEM-033-DTS-2008-0293, oktober 2008.

### 8.2 Relatie met ander onderzoek

Voor: Parallel aan het onderzoek binnen het IPL heeft DVS de in de verkenningsstudie [IPL, 2006] aangetoonde potentie van DVM ter verbetering van de luchtkwaliteit verder laten onderzoeken. Belangrijkste vraag binnen het onderzoek was of met de meeste kansrijke DVM-maatregelen daadwerkelijk de effecten zijn te behalen zodat knelpunten opgelost kunnen worden. (Tijdens het schrijven van de memo's waren binnen het IPL meerdere knelpunten geadresseerd om met DVM op te lossen. De status van deze knelpunten kan echter inmiddels veranderd zijn). Het onderzoek heeft geresulteerd in vier memo's: DVM en de relatie met luchtkwaliteit, DVM als maatregel binnen NSL, Evaluatiestudies naar het effect van DVM op de luchtkwaliteit en Nader onderzoek naar de relatie tussen emissie en verkeer.

Na: De eerste, derde en vierde memo vormen samen de 'state of the art' (eind 2008) van de kennis ten aanzien van de relatie tussen DVM en luchtkwaliteit. Effectstudies uit 2009 vormen aanvulling op deze kennis. Op basis van deze kennis is de tweede memo opgesteld die ingaat op de effectiviteit van DVM ten aanzien van de huidige luchtkwaliteitsknelpunten.

### 8.3 Kernpunten van de publicatie

- DVM bestaat uit het informeren, adviseren, sturen en geleiden van het verkeer over een beschikbaar wegennet, op basis van de actuele verkeerssituatie, zodanig dat beleidsmatig gewenste effecten worden bereikt.
- DVM is het meeste effectief voor de luchtkwaliteit door het beïnvloeden van het vrachtverkeer of de congestie (in situatie met omvangrijke congestie).
- DVM-maatregelen zijn dynamisch van aard, en dienen dus ook in een dynamische omgeving gemodelleerd te worden.
- Dynamische modellen als de regionale benuttingsverkenner (RBV) en micro simulatie modellen zijn geschikt voor het bepalen van het effect van Dynamisch Verkeersmanagement.
- Er zijn verschillende luchtkwaliteitsmodellen met wettelijke status, die gebruikt mogen worden voor het opstellen van (verplichte) luchtkwaliteitsrapportages, zoals bijvoorbeeld Car-II en Pluim-Snelweg. Deze modellen zijn te grofmazig en te statisch om direct de effecten van DVM op de luchtkwaliteit te kunnen bepalen.
- Ondanks dat een calibratie op individueel acceleratieniveau nog niet volledig is uitgevoerd, lijkt op dit moment de koppeling tussen dynamische verkeersmodellen en het Versit+ emissiemodel het meest geschikte instrument om effecten van DVM op de luchtkwaliteit vooraf te onderbouwen.

#### **8.4 Beknopte samenvatting**

De memo geeft een overzicht van de belangrijkste maatregelen die vanuit dynamisch verkeersmanagement (DVM) beschikbaar zijn. Tevens wordt aangegeven wat de mogelijke effecten ervan zijn, algemeen verkeerskundig en in relatie tot luchtkwaliteit.

Voor dynamisch verkeersmanagement (DVM) wordt de volgende definitie gehanteerd:

Het informeren, adviseren, sturen en geleiden van het verkeer over een beschikbaar wegennet, op basis van de actuele verkeerssituatie, zodanig dat beleidsmatig gewenste effecten worden bereikt.

DVM-maatregelen worden, ook verkeerskundig, in onderlinge samenhang ingezet. Daarvoor worden in regionaal verband DVM regelscenario's vastgelegd. Het is uiteraard denkbaar dat er, naast de gangbare DVM regelscenario's voor reguliere situaties, ook DVM regelscenario's worden ontwikkeld die een verhoogd effect hebben op de luchtkwaliteit als de situatie daarom vraagt.

Uit de kennis over emissiefactoren volgt dat vrachtverkeer per kilometer een veel grotere emissie van PM10 en NOx heeft dan personenverkeer. Het is reëel om te veronderstellen dat DVM-maatregelen die een positief effect hebben (vooral minder optrekken en afremmen) voor het vrachtverkeer een relatief groter positief effect kunnen hebben op de luchtkwaliteit.

Verder geldt dat DVM-maatregelen vaak worden ingezet in netwerken die zwaar belast zijn, vaak overbelast, en dus een hoge intensiteit/capaciteit verhouding kennen. Daarbij is het goed te weten dat DVM congestie, overbelasting, niet kan opheffen maar dat DVM-maatregelen helpen zo goed mogelijk om te gaan met de grote drukte en de overbelasting die dat met zich meebrengt.

De verwachte effecten van DVM op luchtkwaliteit kunnen op voorhand (met uiteraard een onzekerheidsmarge) ingeschat worden met behulp van een combinatie van verkeers-, emissie- en luchtkwaliteitsmodellen.

DVM-maatregelen zijn dynamisch van aard, en dienen dus ook in een dynamische omgeving gemodelleerd te worden. Statische verkeersmodellen schieten hiervoor te kort. Met name aspecten als weggebruikers die op basis van de actuele situatie en aangereikte informatie gaandeweg hun routekeuze wijzigen, of dat afhankelijk van verkeersomstandigheden bepaalde routes niet zo snel blijken te zijn als vooraf gedacht, zijn lastig in een statisch verkeersmodel te modelleren. Dynamische modellen als de regionale benuttingsverkenner (RBV) en micro simulatie modellen zijn geschikt voor het bepalen van het effect van Dynamisch Verkeersmanagement.

Als de snelheids- en acceleratiegegevens verkregen worden uit een microsimulatiemodel, dient het simulatiemodel ook op dit micro-niveau gekalibreerd en gevalideerd te worden. Bestaande microsimulatiemodellen zijn doorgaans nog niet betrouwbaar op dit niveau, maar kunnen hierop wel gekalibreerd worden.

Voor een vertaling naar concentraties (de verspreiding van de emissies) en toetsing aan de (jaar- en daggemiddelde) luchtkwaliteitsnormen, is daarnaast een koppeling

gewenst met een luchtkwaliteitsmodel. Er zijn verschillende luchtkwaliteitsmodellen met wettelijke status, die gebruikt mogen worden voor het opstellen van (verplichte) luchtkwaliteitsrapportages, zoals bijvoorbeeld Car-II en Pluim-Snelweg. Deze modellen zijn te grofmazig en te statisch om direct de effecten van DVM op de luchtkwaliteit te kunnen bepalen. Het effect van de verkeersdynamiek op de luchtkwaliteit kan alleen uit het model volgen, als het model zelf al beschikt over de juiste emissiefactor bij de juiste verkeersdynamiek (met en zonder de maatregel). Ondanks dat een kalibratie op individueel acceleratieniveau nog niet volledig is uitgevoerd, lijkt op dit moment deze koppeling tussen dynamische verkeersmodellen en het Versit+ emissiemodel het meest geschikte instrument om effecten van DVM op de luchtkwaliteit vooraf te onderbouwen.

## 9 Memo vraag 2: Is inzet DVM als maatregel binnen NSL realistisch?

### 9.1 Literatuurverwijzing

Memo vraag 2: Is inzet DVM als maatregel binnen NSL realistisch?, VB-SE20081168, december 2008.

### 9.2 Relatie met ander onderzoek

Voor: Parallel aan het onderzoek binnen het IPL heeft DVS de in de verkenningsstudie [IPL, 2006] aangetoonde potentie van DVM ter verbetering van de luchtkwaliteit verder laten onderzoeken. Belangrijkste vraag binnen het onderzoek was of met de meeste kansrijke DVM-maatregelen daadwerkelijk de effecten zijn te behalen zodat knelpunten opgelost kunnen worden. (Tijdens het schrijven van de memo's waren binnen het IPL meerdere knelpunten geadresseerd om met DVM op te lossen. De status van deze knelpunten kan echter inmiddels veranderd zijn). Het onderzoek heeft geresulteerd in vier memo's: DVM en de relatie met luchtkwaliteit, DVM als maatregel binnen NSL, Evaluatiestudies naar het effect van DVM op de luchtkwaliteit en Nader onderzoek naar de relatie tussen emissie en verkeer. Deze memo beschrijft de resultaten van berekeningen waarmee op basis van de wettelijk voorgeschreven luchtkwaliteitsmodellen de effectiviteit van DVM ten aanzien van de huidige luchtkwaliteitsknelpunten is bepaald.

Na: Op basis van het resultaat is het gebruik van meer gedetailleerdere modellen verder onderzocht [Witteveen+Bos, 2009].

### 9.3 Kernpunten van de publicatie

- Het effect van DVM-maatregelen op de luchtkwaliteit is afhankelijk van de mate waarin de congestie, de hoeveelheid verkeer en de samenstelling van het verkeer op een locatie wordt beïnvloed.
- Of het oplossend vermogen van DVM op de huidige saneringslocaties voldoende is hangt dan ook af van de mate waarin de verschillende parameters op de locatie beïnvloed kunnen worden.
- Op de meeste locaties is DVM niet voldoende effectief is om de congestie dusdanig te reduceren dat aan de saneringsopgave wordt voldaan. Als DVM gericht is op zowel het verminderen van de intensiteit als de congestie kan de saneringsopgave naar verwachting in drie van de tien locaties bereikt worden. Op basis van de doorrekening van de tien locaties is het niet waarschijnlijk dat met DVM voor alle 43 locaties de saneringsopgave behaald kan worden.
- Een belangrijke kanttekening is dat de gehanteerde methodiek niet in staat is om alle effecten van DVM op de verkeersdoorstroming mee te nemen. De variatie in snelheid en dynamiek wordt beperkt (het aantal voertuigen in file) en de invloed van de mate waarin de capaciteit wordt benut en het verkeer wordt gehomogeniseerd, wordt niet meegenomen. Daarnaast wordt het aandeel van specifieke voertuigklassen in file, zoals het vrachtverkeer, en het aandeel verkeer in de spitsperioden niet onderscheiden. Aangezien DVM-maatregel juist effectief zijn tijdens file- en spitsperiode is dit bepalend voor het daadwerkelijke effect dat met DVM-maatregelen behaald kan worden.

## 9.4

### Beknopte samenvatting

In het NSL is voor 43 locaties in Nederland DVM als maatregel voorgedragen om het luchtkwaliteitsknelpunt op te lossen. Dit zijn de locaties waar de saneringsopgave maximaal 5% reductie van de verkeersbijdrage in de emissie van NO<sub>2</sub> en PM<sub>10</sub> inhoud. De memo gaat in op de vraag of het bereiken van de gewenste 5% reductie van de verkeersbijdrage met DVM daadwerkelijk reëel en haalbaar is. In het bijzonder is gekeken of met enkel reductie van het aantal voertuigen in file voldoende effect te behalen is of dat ook de samenstelling of de intensiteit van het verkeer beïnvloed moet worden om voldoende effect te behalen.

Voor een zestal kansrijke DVM-maatregelen is bepaald of het te realiseren verkeerskundige effect om aan de saneringsopgave te voldoen ook daadwerkelijk is te behalen. De effectinschatting is gedaan op basis van de mate waarin de locatiespecifieke verkeerskenmerken (intensiteit, aantal voertuigen in file en % vracht) beïnvloedbaar zijn. Voor de 10 praktijkcases is gekeken of de verkeerskundige kenmerken onafhankelijk van elkaar dusdanig beïnvloed kunnen worden dat het beoogde effect bereikt wordt. Voor het onderzoek is gebruik gemaakt van het luchtkwaliteitmodel Pluimsnelweg.

Het onderzoek heeft de volgende resultaten opgeleverd:

- Het effect van DVM-maatregelen op de luchtkwaliteit is afhankelijk van de mate waarin de congestie, de hoeveelheid verkeer en de samenstelling van het verkeer op een locatie wordt beïnvloed. Of het oplossend vermogen van DVM op de huidige saneringslocaties voldoende is hangt dan ook af van de mate waarin de verschillende parameters op de locatie beïnvloed kunnen worden.
- Wanneer verkeer sterk in spits geconcentreerd is, neemt het succes van de DVM-maatregel toe.
- Voor het oplossen van de knelpunten is over het algemeen een afname van meer dan 5% van de etmaalintensiteit nodig. Alleen met routeadvies is dit moeilijk te realiseren (5-10% van spitsintensiteit is reëel).
- Voor het oplossen van de knelpunten is over het algemeen een afname van 15% tot 100% van het aantal voertuigen in file benodigd. Alleen met routeadvies is dit moeilijk te realiseren (10% reductie van het aantal voertuigen in file is reëel).
- Op een aantal locaties kan een combinatie van de afname van de intensiteit en congestie wel toereikend zijn.
- Op de locaties waar geen of onvoldoende congestie bij het knelpunt voorkomt, zal het effect minimaal zijn. Gedwongen omleiden is nodig om voldoende effect te bereiken.
- Doseermaatregelen richten zich op het reduceren van de congestie. De benodigde afname van congestiefactor ligt beduidend hoger dan de in de praktijk behaalde 5% afname filezwaarte (of de gehanteerde vuistregelen van 5% reductie van het aantal voertuigen in file). De doseermaatregel alleen is over het algemeen niet toereikend. Op enkele locaties kan door gunstige lokaal specifieke kenmerken van de verkeersstroom wel voldoende effect behaald worden. De doseermaatregel moet dan leiden tot het oplossen van de file (voor een groot gedeelte van de spitsperiode).
- Op meerdere locaties is onvoldoende congestie aanwezig om met alleen doseren voldoende effect te bereiken om het knelpunt op te lossen. Op deze locaties moet tevens intensiteit of het vrachtverkeer gereduceerd worden om voldoende effect te behalen.

- Het direct beoogde effect van een DVM-maatregel gericht op het vrachtverkeer is het verminderen van de hoeveelheid vrachtverkeer in file. Dit effect kan niet met het gebruikte model bepaald worden. Het verminderen van het aantal vrachtvoertuigen in file heeft naar verwachting wel relatief groot effect op de luchtkwaliteit.

Uit het onderzoek volgt dat op de meeste locaties DVM niet voldoende effectief is om de congestie dusdanig te reduceren dat aan de saneringsopgave wordt voldaan. Als DVM gericht is op zowel het verminderen van de intensiteit als de congestie kan de saneringsopgave naar verwachting in drie van de tien locaties bereikt worden. Op basis van de doorrekening van de tien locaties is het niet waarschijnlijk dat met DVM voor alle 43 locaties de saneringsopgave behaald kan worden.

Daarbij moet opgemerkt worden dat de gehanteerde methodiek niet in staat is om alle effecten van DVM op de verkeersdoorstroming mee te nemen. De variatie in snelheid en dynamiek wordt beperkt (het aantal voertuigen in file) en de invloed van de mate waarin de capaciteit wordt benut en het verkeer wordt gehomogeniseerd, wordt niet meegenomen. Daarnaast wordt het aandeel van specifieke voertuigklassen in file, zoals het vrachtverkeer, en het aandeel verkeer in de spitsperiodes niet onderscheiden. Aangezien DVM-maatregel juist effectief zijn tijdens file- en spitsperiode is dit bepalend voor het daadwerkelijke effect dat met DVM-maatregelen behaald kan worden.

## 10 Memo vraag 3: Literatuurstudie naar evaluatiestudies DVM en luchtkwaliteit

### 10.1 Volledige titel

Memo vraag 3: Literatuurstudie binnen RWS en eigen organisatie naar evaluatiestudies waarbij gekeken is naar de effecten van DVM op luchtkwaliteit, september 2008.

### 10.2 Relatie met ander onderzoek

Voor: Parallel aan het onderzoek binnen het IPL heeft DVS de in de verkenningsstudie [IPL, 2006] aangetoonde potentie van DVM ter verbetering van de luchtkwaliteit verder laten onderzoeken. Belangrijkste vraag binnen het onderzoek was of met de meeste kansrijke DVM-maatregelen daadwerkelijk de effecten zijn te behalen zodat knelpunten opgelost kunnen worden. (Tijdens het schrijven van de memo's waren binnen het IPL meerdere knelpunten geadresseerd om met DVM op te lossen. De status van deze knelpunten kan echter inmiddels veranderd zijn). Het onderzoek heeft geresulteerd in vier memo's: DVM en de relatie met luchtkwaliteit, DVM als maatregel binnen NSL, Evaluatiestudies naar het effect van DVM op de luchtkwaliteit en Nader onderzoek naar de relatie tussen emissie en verkeer.

Na: De eerste, derde en vierde memo vormen samen de 'state of the art' (eind 2008) van de kennis ten aanzien van de relatie tussen DVM en luchtkwaliteit. Effectstudies uit 2009 vormen aanvulling op deze kennis. Op basis van deze kennis is de tweede memo opgesteld die ingaat op de effectiviteit van DVM ten aanzien van de huidige luchtkwaliteitsknelpunten.

### 10.3 Kernpunten van de publicatie

- Met vrijwel elk DVM instrument is een verbetering van de luchtkwaliteit is te bereiken. DVM is dus goed inzetbaar om de luchtkwaliteit te verbeteren.
- Gezien de complexiteit van de wijze waarop DVM-maatregelen in verschillende situaties werken laten de resultaten vanuit een specifieke studie zich lastig vertalen naar een meer generieke uitspraak over het effect van een bepaalde DVM maatregel op de lokale luchtkwaliteit. De effecten variëren sterk per toepassing en locatie.
- De meeste bestaande studies maken, om toch een inschatting te kunnen maken van de effecten op de luchtkwaliteit, gebruik van modelberekeningen. Deze modelberekeningen zijn echter meestal gebaseerd op jaargemiddelde situaties terwijl voor een goed inzicht in de effecten van DVM-maatregelen met een kleinere tijdschaal moet worden gerekend.
- Voor een goede effectschatting zal per locatie en per toepassing een specifieke studie (met gedetailleerdere modellen of verkeers- en luchtkwaliteitsmetingen) gedaan moeten worden.

### 10.4 Beknopte samenvatting

De memo geeft een beknopt overzicht van de belangrijkste conclusies uit rapporten die zijn gepubliceerd op het gebied van Dynamisch Verkeersmanagement (DVM) maatregelen en het effect daarvan op de luchtkwaliteit.

De bestudeerde studies met betrekking tot de effecten van DVM op luchtkwaliteit laten zien dat er met vrijwel elk DVM instrument een verbetering van de luchtkwaliteit is te bereiken. DVM is dus goed inzetbaar om de luchtkwaliteit te verbeteren. Kwantitatieve effecten zijn echter nog maar weinig bepaald. Per type maatregel kunnen echter wel kwalitatieve uitspraken gedaan worden. DVM-maatregelen die gericht zijn op het rerouten of omleiden van het verkeer verplaatsen de emissies naar andere gebieden. Dit kan nuttig zijn bij het voorkomen van lokale luchtkwaliteit norm overschrijdingen, echter de totale emissie kan hoger zijn. DVM-maatregelen die gericht zijn op het vernaderen van de doorstroming van het verkeer kunnen een verlaging van de lokale emissie bewerken. Door de aard van de maatregel zal de maatregel in het algemeen ook bijdrage aan een lagere totale emissie.

Nadere bestudering van de verschillende studies laat zien dat de resultaten sterk per toepassing en locatie kunnen variëren. Deze variatie wordt veroorzaakt doordat de luchtkwaliteit op een bepaalde locatie veel verschillende afhankelijkheden kent. De concentraties van verontreinigende stoffen zijn uiteraard afhankelijk van de verkeersemisies, maar ook van bijvoorbeeld de achtergrondconcentraties, windsnelheden, omgevingskarakteristieken en andere aanwezige bronnen. Maar in een beperkt aantal studies is de invloed van DVM systemen geëvalueerd op basis van daadwerkelijke metingen. De meeste bestaande studies maken, om toch een inschatting te kunnen maken van de effecten op de luchtkwaliteit, gebruik van modelberekeningen. Deze modelberekeningen zijn echter meestal gebaseerd op jaargemiddelde situaties terwijl voor een goed inzicht in de effecten van DVM-maatregelen met een kleinere tijdschaal moet worden gerekend.

Gezien bovenstaande complexiteit laten de resultaten vanuit een specifieke studie zich lastig vertalen naar een meer generieke uitspraak over het effect van een bepaalde DVM maatregel op de lokale luchtkwaliteit. Ook zijn er nog te weinig studies uitgevoerd met betrekking tot het effect op de luchtkwaliteit van vergelijkbare DVM-maatregelen, waardoor nog geen betrouwbare generieke conclusies getrokken kunnen worden. Voor een goede effectschatting zal per locatie en per toepassing een specifieke studie (met gedetailleerdere modellen of verkeers- en luchtkwaliteitsmetingen) gedaan moeten worden.

## 11 Memo vraag 4: De relatie tussen emissie en de belangrijkste verkeersparameters

### 11.1 Literatuurverwijzing

Memo vraag 4: Inzichtelijk maken van de relatie tussen de emissie en de belangrijkste verkeersparameters, september 2008.

### 11.2 Relatie met ander onderzoek

Voor: Parallel aan het onderzoek binnen het IPL heeft DVS de in de verkenningsstudie [IPL, 2006] aangetoonde potentie van DVM ter verbetering van de luchtkwaliteit verder laten onderzoeken. Belangrijkste vraag binnen het onderzoek was of met de meeste kansrijke DVM-maatregelen daadwerkelijk de effecten zijn te behalen zodat knelpunten opgelost kunnen worden. (Tijdens het schrijven van de memo's waren binnen het IPL meerdere knelpunten geadresseerd om met DVM op te lossen. De status van deze knelpunten kan echter inmiddels veranderd zijn). Het onderzoek heeft geresulteerd in vier memo's: DVM en de relatie met luchtkwaliteit, DVM als maatregel binnen NSL, Evaluatiestudies naar het effect van DVM op de luchtkwaliteit en Nader onderzoek naar de relatie tussen emissie en verkeer.

Na: De eerste, derde en vierde memo vormen samen de 'state of the art' (eind 2008) van de kennis ten aanzien van de relatie tussen DVM en luchtkwaliteit. Effectstudies uit 2009 vormen aanvulling op deze kennis. Op basis van deze kennis is de tweede memo opgesteld die ingaat op de effectiviteit van DVM ten aanzien van de huidige luchtkwaliteitsknelpunten.

### 11.3 Kernpunten van de publicatie

- Er is consensus dat met behulp van DVM-maatregelen de verkeersdoorstroming verbeterd, de file-zwaarte gereduceerd kan worden en DVM-maatregelen ingezet kunnen worden om de lokale luchtkwaliteit te verbeteren.
- Het inzetten van DVM-maatregelen ten gunste van de luchtkwaliteit is mogelijk indien de wens om de luchtkwaliteit te verbeteren vertaald kan worden in regelscenario's voor DVM.
- Om het effect van DVM op de luchtkwaliteit zinvol inzichtelijk te maken moet gekeken worden naar de relatie tussen de emissies van het wegverkeer en de verkeerskundige parameters (de relatie met de concentraties is indirect en onzeker)
- Er is een duidelijke relatie is tussen de verkeerskundige parameters die met DVM-maatregelen te beïnvloeden zijn en de emissies van het wegverkeer.
- Voertuigintensiteit en voertuigdichtheid zijn fundamentele indicatoren voor de snelheid en de rijdynamiek van het wegverkeer. Daarnaast beïnvloed ook de verkeersamenstelling de emissies.
- Om de effecten van DVM goed te kunnen, moeten effecten uitgedrukt worden in een set van verkeerskundige parameters die uniek is voor het bepalen van de emissies.

#### **11.4 Beknopte samenvatting**

Er is momenteel consensus over het feit dat met behulp van DVM-maatregelen de verkeersdoorstroming verbeterd en de file zwaarte gereduceerd kan worden. Daarnaast laten verschillende studies zien dat DVM-maatregelen ook kunnen worden ingezet om de lokale luchtkwaliteit te verbeteren. Het inzetten van DVM-maatregelen ten gunste van de luchtkwaliteit is mogelijk indien de wens om de luchtkwaliteit te verbeteren vertaald kan worden in regelscenario's voor DVM.

De memo gaat in op de relatie tussen de emissie van het wegverkeer en de verschillende verkeersparameters die met DVM-maatregelen te beïnvloeden zijn.

Ingegaan wordt op de bijdrage van het verkeer aan de totale luchtkwaliteit ( $PM_{10}$  en  $NO_2$  concentraties), de relaties tussen emissie van het wegverkeer en de verschillende verkeersparameters wordt besproken en aan de hand van enkele voorbeelden wordt het effect op de emissie van enkele DVM-maatregelen berekend.

De relatie met de totale concentraties is erg indirect omdat deze niet alleen afhangt van de uitstoot van het wegverkeer, maar ook van de lokale achtergrondconcentratie, de lokale topologie van de omgeving en de meteorologische omstandigheden. De memo beperkt zich daarom tot de relatie tussen de emissies van het wegverkeer en de verkeerskundige parameters, die meer direct is.

Uit de memo volgt dat er een duidelijke relatie is tussen de verkeerskundige parameters die met DVM-maatregelen te beïnvloeden zijn en de emissies van het wegverkeer. Voertuigintensiteit en voertuigdichtheid zijn fundamentele indicatoren voor de snelheid en de rijdynamiek van het wegverkeer. Daarnaast beïnvloed ook de verkeersamenstelling de emissies. Om de effecten van DVM goed te kunnen schatten is het noodzakelijk om de verkeerskundige effecten van DVM-maatregelen uit te drukken in een set van verkeerskundige parameters die uniek is voor het bepalen van de emissies. Verandering van gemiddelde snelheid of voertuigverliesminuten is hiervoor niet voldoende.

## 12 Memo Inschatting luchtkwaliteitseffect Dynamax 80 km/uur zones

### 12.1 Literatuurverwijzing

Memo Inschatting luchtkwaliteitseffect Dynamax op huidige 80 km/uur zones op A12 en A20, Rijkswaterstaat, 26 augustus 2008.

### 12.2 Relatie met ander onderzoek

Voor: In meerdere onderzoeken is het effect van DVM bepaald op basis modellen. De Dynamax pilot is één van de eerste pilots waarin DVM specifiek ter verbetering van de luchtkwaliteit wordt ingezet. In dit onderzoek is, voorafgaand aan de pilot, het effect ook modelmatig bepaald. Daarnaast worden een aantal belangrijk aandachtspunten voor het uitvoeren van de maatregel tijdens de pilot genoemd.

Na: Op dit moment loopt de pilot Dynamax.

### 12.3 Kernpunten van de publicatie

- De invoering van Dynamax zal naar verwachting rondom de spitsperiode leiden tot een hogere gemiddelde snelheid en daarmee tot een betere spreiding per rijstrook en tevens tot een hogere capaciteit.
- De theoretische analyse van de emissiefactoren voor 80 km/uur en 100 km/uur met strikte handhaving, alsmede de emissiefactor voor congestie-situaties laat zien dat met 80 km/uur maatregelen met strikte handhaving substantiële effecten zijn te behalen.
- De getoonde resultaten vragen om een nadere verkenning in hoeverre een hogere maximum snelheid leidt tot een verbeterde verkeerskundige afwikkeling en daarmee een lagere verkeersbijdrage aan de luchtkwaliteit.
- Bij de A12 en A20 is het wenselijk en noodzakelijk gedurende een etmaal verschillende maximumsnelheid in te stellen.
- Voor de specifieke lokale situaties op de A12 en A20 moeten op de situatie toegespitste emissiefactoren bepaald worden, rekening houdend met luchtkwaliteitswinst als gevolg van een verbeterde verkeersafwikkeling. De verkeerskundige input hiervoor moet volgen uit een micro verkeerssimulatie waarui ritpatronen volgen.

### 12.4 Beknopte samenvatting

Vooruitlopend op de resultaten van de evaluatie van de vier Dynamax projecten, wordt een verkenning uitgevoerd in hoeverre Dynamax als maatregelen een alternatief is voor de huidige 80 km/uur zones met strikte handhaving op de A12 en A20.

Doordat de verkeersafwikkeling na invoering van de 80 km/uur met strikte handhaving hier niet optimaal functioneert, worden ook minder positieve luchtkwaliteitseffecten behaald dan bij de andere 80 km/uur zones. Belangrijkste verkeerskundige beperking is dat door een combinatie van strikte handhaving en bestuurders die netjes rechts gaan rijden, wordt het relatief hoge aantal weefbewegen bij de aanwezige op- en afritten bemoeilijkt. Dit leidt tot schokgolven en een lagere snelheid op de rechter rijstrook, waardoor de capaciteit van de rijbaan afneemt.

De invoering van Dynamax zal naar verwachting rondom de spitsperiode leiden tot een hogere gemiddelde snelheid en daarmee tot een betere spreiding per rijstrook en tevens tot een hogere capaciteit. Immers, weefbewegingen komen eenvoudiger tot stand door een combinatie van een hogere maximum snelheid en minder verkeer op de rechter rijstrook.

Een belangrijk kenmerk van Dynamax is dat een reguliere snelheid van 100 km/uur met strikte handhaving getoond kan worden wanneer de meteorologische omstandigheden en verwachte verkeerkundige bijdrage dusdanig zijn dat er geen overschrijding van de daggemiddelde waarde voor PM<sub>10</sub> verwacht wordt. In de daluren (met name 's nachts) is een lagere snelheid minder goed te motiveren richting de weggebruiker. Dit is echter wel vaak de maatgevende periode voor geluidsbijdrage van de weg, wat mogelijk een verhoging van de snelheid in de weg staat.

Bij het doorvoeren van de reguliere snelheid moeten de volgende kanttekeningen geplaatst worden:

- De verkeersbijdrage NO<sub>2</sub> ligt aanzienlijk hoger dan PM<sub>10</sub> en moet daarmee in sommige situaties maatgevend gesteld worden, ook al geldt hiervoor geen daggemiddelde grenswaarde en een relatief hoge uurgemiddelde grenswaarde.
- De verkeerskundige bijdrage in de daluren zal hoger liggen dan de huidige 80km-zone die de gehele dag geldt. Vanuit het oogpunt van de volksgezondheid leidt dit tot een verslechtering. Of deze verslechtering aanmerkelijk is, volgt uit een berekening in hoofdstuk 3 van deze notitie.

De volgende conclusies kunnen getrokken worden na analyse van de emissiefactoren voor 80 km/uur en 100 km/uur met strikte handhaving, alsmede de emissiefactor voor congestie-situaties, voor drie typen voertuigklassen:

- de emissiefactoren voor 80km met strikte handhaving en 100km met strikte handhaving, verschillen alleen voor lichte voertuigen (30 om 34 microgram per kilometer per voertuig).
- de emissiefactoren voor middelzwaar en zwaar verkeer zijn vergelijk bij 80km en 100 km/uur met strikte handhaving, maar tellen circa 6x zwaarder mee per voertuig op de totale emissie (nl. 30-34 om 187-198 microgram per kilometer per voertuig)
- wanneer een hogere maximumsnelheid rondom de spitsen leidt tot een verbeterde verkeersafwikkeling, en daarmee de congestieduur afneemt, leidt tot bij alle typen voertuigen tot substantieel lagere emissiefactoren in microgrammen per kilometer, namelijk: 34, 198 en 187 (regulier 100 km/uur met strikte handhaving) om 40, 485 en 410 microgram per kilometer in congestiesituaties bij respectievelijk licht, middelzware en zware voertuigen.

De getoonde resultaten vragen om een nadere verkenning in hoeverre een hogere maximum snelheid leidt tot een verbeterde verkeerskundige afwikkeling en daarmee een lagere verkeersbijdrage aan de luchtkwaliteit.

De uitvoering van Dynamax in de pilot op de A58 heeft een veel meer statisch karakter. Er wordt 48 uur vooruit voorspelt en de lagere maximum snelheid geldt voor de gehele dag. Bij de A12 en A20 is het wenselijk en noodzakelijk gedurende een etmaal verschillende maximumsnelheid in te stellen. Een nadere verkenning zal

moeten uitwijzen of en hoe dit verkeerstechnisch en verkeersveilig ingepast kan worden.

Voor de specifieke lokale situaties op de A12 en A20 moeten op de situatie toegespitste emissiefactoren bepaald worden, rekening houdend met luchtkwaliteitswinst als gevolg van een verbeterde verkeersafwikkeling. De verkeerskundige input hiervoor moet volgen uit een micro verkeerssimulatie waaruit ritpatronen volgen.

## 13 Memo Algoritme voor inzet snelheidsmaatregel PM10 langs snelwegen

### 13.1 Literatuurverwijzing

Memo Algoritme voor inzet snelheidsmaatregel voor het verminderen van het aantal overschrijdingsdagen van PM<sub>10</sub> etmaalnorm langs snelwegen, Team Luchtkwaliteit WP3, Rijkswaterstaat, juli 2008.

### 13.2 Relatie met ander onderzoek

Voor: Uit eerder onderzoek is naar voren gekomen op welke wijze luchtkwaliteitsvoorspellingen tot stand kunnen komen [IPL, 2007]. Dit onderzoek gaat in op de wijze waarop het luchtbericht in de praktijk gebruikt kan worden als indicator voor het inzetten van DVM.

Na: De in het onderzoek ontwikkelde algoritme wordt toegepast in de momenteel lopende Dynamax pilot. Daarnaast zijn de toepassingsmogelijkheden van het luchtbericht nog verder onderzocht [IPL, 2009a].

### 13.3 Kernpunten van de publicatie

- Langs de A2 is voor 23 van de 45 overschrijdingsdagen het wegverkeer bepalend en naar verwachting kan het aantal overschrijdingsdagen met circa 5-10 (10-20%) worden verminderd door een tijdelijke snelheidsmaatregel zoals 80 km/h met strikte handhaving
- Een algoritme is ontwikkeld waarmee op basis van een voorspelde regionale achtergrond en het criterium werkdag c.q. weekenddag de invoering van 80 km/u op een snelweg wordt ingesteld.
- Met de maatregel worden de PM10 emissies van het wegverkeer met circa 10-30% verminderd.

### 13.4 Beknopte samenvatting

De memo beschrijft een algoritme voor de inzet van een snelheidsmaatregel dat gericht is op het verminderen van het aantal overschrijdingsdagen van PM<sub>10</sub> etmaalnorm langs snelwegen.

Het ontwikkelen van het algoritme is een vervolgstap op belangrijke studie naar de effectiviteit van dynamische maximumsnelheden op het hoofdwegennet met betrekking tot de luchtkwaliteit. In een verkennende studie in december 2006 is hierover gerapporteerd. De belangrijkste conclusies waren:

- Langs de A2 zijn 45 overschrijdingsdagen, waarvan 11 in de categorie 51-55 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub>, 13 in de categorie 56-60 en 21 dagen met concentraties groter dan 60 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub>;
- De PM10 concentraties worden (ook) op deze overschrijdingsdagen voor het belangrijkste deel bepaald door de regionale achtergrond. De gemiddelde bijdrage van de snelweg op deze overschrijdingsdagen is 13 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub> tegen een jaargemiddelde bijdrage van de A2 op het meetstation Breukelen van 8 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub>;
- Correctie voor de regionale achtergrond levert 23 (van de in totaal 45) overschrijdingsdagen door de bijdrage van het snelwegverkeer;

- Het totaal van 45 overschrijdingsdagen kan naar verwachting met circa 5-10 (10-20%) worden verminderd door een tijdelijke snelheidsmaatregel zoals 80 km/h met strikte handhaving;
- Voor het halen van de jaarnorm is invoering van een snelheidsmaatregel gedurende een tiental dagen nauwelijks relevant: hoogstens een verlaging van de jaargemiddelde emissies met 1% en de jaargemiddelde bijdrage van de snelweg met 0.2 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub>.

De onzekerheid over het effect van de maatregel wordt (afgezien van meettechnische problemen om een relatief kleine bijdrage van wegverkeer vast te stellen boven een hoge achtergrond van PM<sub>10</sub>) waarschijnlijk veroorzaakt door onzekerheid over het aandeel "opwaaiend wegenstof" in de emissies van wegverkeer. In het onderzoek is een waarde van circa 20% aangenomen als maat voor de emissiereductie van PM<sub>10</sub> door invoering van de 80 km/u maatregel.

Op basis van de driedaagse voorspelling van de regionale PM<sub>10</sub> concentratie in de buurt van de proeflocatie wordt op basis van twee criteria (regionale concentratie en weekenddag/werkdag) besloten of de volgende dag de maatregel wordt ingesteld of niet. Tevens wordt op basis van een nieuwe voorspelling besloten of de maatregel wordt voortgezet (of alsnog aangezet). Bovenstaande criteria kunnen eenvoudig worden geprogrammeerd en worden toegepast voor invoering van een automatische, dynamische snelheidsmaatregel.

Het algoritme kan nog verder verfijnd worden wanneer rekening wordt gehouden met evenementen, vakantieperiodes, congestiekans, meteorologie e.d.. Dit vereist meer uitgebreid onderzoek, waarbij de verkeersintensiteiten en meteorologische omstandigheden in relatie tot PM<sub>10</sub> bijdrage in meer detail onderzocht moet worden.

Op basis van het voorgestelde algoritme zou in 2005 in Nederland op circa 90 dagen (waarvan 30 piekdagen en 60 dagen voorafgaand aan de piekdagen) de 80 km/u maatregel worden ingevoerd. Hiermee wordt gemiddeld op een 8-tal dagen een overschrijdingsdag voorkomen oftewel 18% van het aantal overschrijdingsdagen (45) bij Breukelen.

## 14 Lotus-Euros verwachting fijn stof: vergelijking met metingen en optimalisatie

### 14.1 Literatuurverwijzing

Lotus-Euros verwachting van fijn stof: vergelijking met metingen en optimalisatie, Dynamax, Rijkswaterstaat, februari 2009.

### 14.2 Relatie met ander onderzoek

Voor: Op basis van het onderzoek naar verschillende methoden voor het voorspellen van de luchtkwaliteit is gekozen voor het gebruik van het Lotus-Euros model in de Dynamax pilot [IPL, 2007; TNO, 2008]. In dit onderzoek zijn de voorspellingen met Lotus-Euros vergeleken met gemeten waarden en is de voorspellingsmethodiek afgestemd op de toepassing in de pilot.

Na: Het Lotus-Euros model wordt momenteel toegepast in de Dynamax pilot. Daarnaast zijn de toepassingsmogelijkheden van het luchtbericht nog verder onderzocht [IPL, 2009a].

### 14.3 Kernpunten van de publicatie

- Vergelijking tussen berekende en gemeten concentraties  $PM_{10}$ .
- Artikel in het kader van het project Dynamische Maximumsnelheden waarin het effect van snelheidsverlagingen op de luchtkwaliteit worden onderzocht.
- Het KNMI levert zesdaagse verwachtingen van de achtergrondconcentratie  $PM_{10}$  die berekend worden met het Lotus-Euros model.
- Hoewel de concentratie systematisch wordt onderschat is het model goed in staat om de waargenomen variabiliteit in de concentraties te beschrijven.
- Na correctie van het model worden vergelijkbare hoeveelheden van overschrijdingen van de grenswaarde gevonden.
- Verwachtingen tot ongeveer vier dagen vooruit blijven goed overeen komen met de metingen.

### 14.4 Beknopte samenvatting

Als onderdeel van het project Dynamische Maximumsnelheden onderzoekt Rijkswaterstaat het effect van snelheidsverlagingen op de luchtkwaliteit. Dit wordt gedaan door, op een proeftraject op de A58 bij Tilburg, preventief de maximumsnelheid te verlagen als de concentratie fijn stof ( $PM_{10}$ ) boven een grenswaarde dreigt uit te komen. Hiervoor levert het KNMI zesdaagse verwachtingen van de achtergrondconcentratie van  $PM_{10}$ , die berekend worden door het model Lotus-Euros.

In het verslag worden de berekende concentraties vergeleken met meetwaarden. Deze vergelijking laat zien dat het model goed in staat is om de waargenomen variabiliteit in de achtergrondconcentratie van  $PM_{10}$  te beschrijven. Wel wordt de concentratie systematisch door het model onderschat. Aan de hand van deze resultaten wordt een eenvoudige aanpassing van dit model gepresenteerd waarmee het de gemeten concentraties en de pieken daarin beter kan nabootsen. Met deze correctie is het aantal gemodelleerde overschrijdingen van de grenswaarde vergelijkbaar met het aantal waargenomen overschrijdingen. Voor verschillende meetpunten in Nederland wordt, afhankelijk van de gebruikte drempelwaarde, 41% tot 57% van de waargenomen overschrijdingen correct gesimuleerd. Tot slot kan uit

een beperkte validatie van de zesdaagse modelvoorspelling de voorlopige conclusie getrokken worden dat de verwachting tot ongeveer vier dagen vooruit goed overeen blijft komen met de metingen.

Het chemisch-transportmodel Lotus-Euros berekent de achtergrondwaarde van de PM<sub>10</sub>-concentratie met een variabiliteit die de waarnemingen goed volgt. De PM<sub>10</sub>-concentratie en met name de hoogte van de pieken daarin worden wel systematisch onderschat, waardoor het aantal gemodelleerde overschrijdingen van de drempelwaarde veel te laag is. Door een eenvoudige lineaire correctie, verhoogt met name de hoge waarden, komt het aantal gemodelleerde overschrijdingen beter overeen met de metingen. Er worden ongeveer evenveel overschrijdingen gemodelleerd als gemeten. Een beperkte studie naar het voorspellingvermogen van het model levert de indicatie dat het model goed in staat is om tot een aantal dagen vooruit een goede PM<sub>10</sub>-verwachting op te stellen. Pas vanaf een voorspellingstermijn van vier dagen neemt de betrouwbaarheid af.

## 15 Toepassingsmogelijkheden van luchtkwaliteitmodellering op uur-tot-uur niveau

### 15.1 Volledige titel

Studie naar de toepassingsmogelijkheden van luchtkwaliteitmodellering op uur-tot-uur niveau, RW1780-1, 14 oktober 2009

### 15.2 Relatie met ander onderzoek

Voor: Uit onderzoek naar het effect van DVM met de wettelijk voorgeschreven modellen komt de vraag naar voren of de inzet van gedetailleerdere modellen ook een betere effectberekening van het effect van DVM oplevert [DHV&TNO, 2008b]. In dit onderzoek is de inzet van een gedetailleerder verspreidingsmodel beproefd.

Na: Dit onderzoek is een eerste vingeroefening. Onderzoek waarin andere gedetailleerde modellen, locaties of maatregelen centraal staan, zijn wenselijk.

### 15.3 Kernpunten van de publicatie

- De uur-tot-uur doorrekening met een gedetailleerd luchtkwaliteitsmodel laat zien dat de DVM-maatregelen toeritdosering en snelheidsverlaging een positief effect hebben op de luchtkwaliteit. De snelheidsverlaging is het meest effectief. Waarbij het effect van de snelheidsverlagende maatregel duidelijk het grootst is.
- Wanneer de maatregelen gedetailleerder in tijd worden doorgerekend neemt het effect op de jaargemiddelde concentraties toe.
- De inspanning die nodig is om fluctuaties in de verkeersemissie zeer gedetailleerd door te rekenen, weegt niet op tegen het extra inzicht dat het oplevert. Het doorrekenen uitgaande van een standaard fluctuatie over de dag is voldoende.
- Er zijn interessante mogelijkheden om de huidige rekenmethodiek met een beperkt aantal vaste emissiefactoren verder te nuanceren. Echter het is de vraag of het wenselijk is om de bestaande consensus over de rekenwijze met vaste emissiefactoren ter discussie te stellen. Dit betekent dat er nog meer behoefte is aan inzicht in welke factoren het meest bepalend zijn voor de berekende verschillen in luchtkwaliteit, zoals wind, temperatuur, rijsnelheid of verkeersdynamiek.

### 15.4 Beknopte samenvatting

Conventionele verspreidingsmodellen kunnen alleen op jaargemiddeld niveau de luchtkwaliteitseffecten van verandering in verkeerssituaties doorrekenen. Het effect van DVM-maatregelen op het verkeersgedrag kan met dergelijke modellen daarom nauwelijks tot uitdrukking worden gebracht. Er zijn ook (goedgekeurde) verspreidingsmodellen beschikbaar, die de luchtkwaliteit van uur-tot-uur berekenen en waarbij de verkeersgegevens uurniveau kunnen worden ingevoerd. Onderzocht is in hoeverre een uur-tot-uur berekening meer inzicht geeft in de luchtkwaliteit dan een berekening op basis van uitsluitend jaargemiddelde waarden. Dit is gedaan aan de hand van twee type DVM-maatregelen op de A13. De activering van de toeritdoseerinstallatie bij aansluiting Delft-Zuid (afrit 10) in zuidelijke richting en het verlagen van de maximumsnelheid tussen knooppunt Ypenburg en aansluiting Berkel en Rodenrijs (afrit 11) van 100 naar 80 km/uur.

Voor drie varianten (beide DVM-maatregelen en referentie) is de luchtkwaliteit berekend van uur-tot-uur. Daarnaast is binnen elke variant de invloed van het al dan niet gedetailleerd doorrekenen van fluctuaties in de uurlijkse emissies onderzocht. De verkeersgegevens zijn berekend met het verkeersmodel Regionale Benuttingsverkenner. De effecten op de luchtkwaliteit zijn bepaald met ADMS.

Uit de modelresultaten volgt dat beide maatregelen een merkbare positief effect op de luchtkwaliteit hebben. Waarbij het effect van de snelheidsverlagende maatregel duidelijk het grootst is. Wanneer de maatregelen gedetailleerder in tijd worden doorgerekend neemt het effect op de jaargemiddelde concentraties toe. Daarbij wordt geconstateerd dat het doorrekenen met een normale standaard fluctuatie van de emissie het beste past. Bij het doorrekenen met gedetailleerde fluctuaties die apart voor week- en weekenddagen en rekening houdend met seizoensinvloeden zijn opgesteld, weegt de extra inspanning niet op tegen het inzicht dat het meer oplevert. Het effect van het doorrekenen van de fluctuaties is nauwelijks terug te zien in het verschil tussen de referentiesituatie en de situaties met de maatregelen.

Op basis van de studie wordt geconcludeerd dat er interessante mogelijkheden zijn om de huidige rekenmethodiek met een beperkt aantal vaste emissiefactoren verder te nuanceren, met name door de kennis van verkeersemissies op voertuigniveau te benutten om de ritdynamiek beter te kwantificeren en mee te laten wegen in de berekeningen. Echter aan de andere kant is het de vraag of het wenselijk is om de bestaande consensus over de rekenwijze met vaste emissiefactoren ter discussie te stellen. Dit betekent dat er behoefte is aan meer inzicht in welke factoren het meest bepalend zijn voor de berekende verschillen in luchtkwaliteit, zoals wind, temperatuur, rijnsnelheid of verkeersdynamiek.