

Effect dynamisch verkeersmanagement op PM₁₀-concentratie in de lucht

Onderzoek naar de effecten van zes DVM-maatregelen
Inclusief cases voor de 'ruit van Rotterdam'

Augustus, 2008



Het innovatieprogramma Luchtkwaliteit (IPL) werkt in opdracht van de ministeries van Verkeer en Waterstaat en VROM aan innovatieve oplossingen die bijdragen aan verbetering van de luchtkwaliteit op en rond snelwegen. De focus ligt op snelwegen bij dichtbevolkte gebieden (zgn. "hot spots").



Colofon

- 1. Rapportnummer:**
DVS-2008-034
- 3. Ontvanger catalogusnummer**
-
- 5. Datum rapport**
4 augustus 2008
- 7. Schrijver(s)**
ir. M. Ludeking
ir. H.J. Harms
drs. C.J. Valk
ir. T.J. Spanjer
- 9. Naam en adres opdrachtnemer**
Witteveen+Bos
Alexanderstraat 21
Postbus 85948
2508 CP Den Haag
- 12. Naam en adres opdrachtgever**
Rijkswaterstaat DVS
Van der Burghweg 1
Postbus 5044
2600 GA Delft
- 15. Opmerkingen**
-
- 17. Referaat**
In deze rapportage wordt verslag gedaan van het binnen het IPL uitgevoerde onderzoek naar de effecten van zes DVM-maatregelen op de luchtkwaliteit (PM₁₀). Met het onderzoek wordt inzicht gegeven in het effect op de concentratie PM₁₀ van de maatregelen: regionaal routeadvies, lokaal routeadvies, lokale omleiding, toeritdosering, hoofdrijbaandosering en (schoon) vrachtverkeer op de busbaan.
- 18. Distributie systeem**
-
- 21. Aantal blz.**
78 (excl. bijlagen)
- 23. Acceptatie projectleider**
A van den Burg
- 25. Acceptatie afdelingshoofd IP**
ir. G. Debeus
- 2. Serienummer**
Versie A
- 4. Titel en ondertitel**
Effect dynamisch verkeersmanagement op de PM₁₀-concentratie in de lucht – onderzoek naar de effecten van zes DVM-maatregelen
- 6. Code uitvoerende organisatie**
Witteveen+Bos
- 8. Nummer rapport uitvoerende organisatie**
DT225-3/reic4/017
- 10. Projectnaam**
Pilot DVM op Rotterdamse Ruit
- 11. Contractnummer**
4500100442
- 13. Type rapport**
Eindrapport
- 14. Code andere opdrachtgever**
-
- 16. Trefwoorden**
Luchtkwaliteit, PM₁₀, Dynamisch Verkeersmanagement, IPL, Witteveen+Bos
- 19. Classificatie**
-
- 20. Classificatie deze pagina**
-
- 22. Prijs**
-
- 24. Acceptatie programmamanager IPL**
ir. C. Kempenaars
- 26. Acceptatie directeur Infrastructuur**
drs. ing. A.L.J. Sprangers
- De Dienst Verkeer en Scheepvaart van Rijkswaterstaat heeft de in deze publicatie opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld naar de laatste stand van wetenschap en techniek. Desondanks kunnen er onjuistheden in deze publicatie voorkomen. Het Rijk sluit iedere aansprakelijkheid uit voor schade die uit het gebruik van de hierin opgenomen gegevens mocht voortvloeien.

Inhoudsopgave

.0	Summary	
1.	Samenvatting	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doel en aanpak	1
1.3	Kaders en achtergronden	2
1.4	Effecten van de zes DVM-maatregelen	5
1.5	Conclusies en aanbevelingen	15
2.	Inleiding	17
2.1	Aanleiding	17
2.2	Doel van het project	18
2.3	Studiegebied de 'Ruit van Rotterdam'	18
2.4	Verkeerskundige analyse	19
2.5	Analyse luchtkwaliteit	21
2.6	Leeswijzer	22
3.	Kaders en achtergronden	23
3.1	Inleiding	23
3.2	De Nederlandse luchtkwaliteitsproblematiek	23
3.3	Beïnvloeding van de luchtkwaliteit en de rol van dynamisch verkeersmanagement	26
4.	Modellering	31
4.1	Macroscopisch versus microscopisch verkeersmodel	31
4.2	Generieke modellering luchtkwaliteit	31
4.3	Modellering voorgestelde DVM-maatregelen	33
4.4	De afwegingsmatrix	34
5.	Regionaal routeadvies	35
5.1	Case beschrijving	35
5.2	Verkeerskundige analyse	37
5.3	Impact op emissies en luchtkwaliteit	39
5.4	Conclusies	45
6.	Lokaal routeadvies	47
6.1	Case beschrijving	47
6.2	Verkeerskundige analyse	48
6.3	Impact op emissies en luchtkwaliteit	49
6.4	Conclusies	55
7.	Lokale omleiding	56
7.1	Case beschrijving	56
7.2	Verkeerskundige analyse	57
7.3	Impact op emissies en luchtkwaliteit	58
7.4	Conclusies	58
8.	Toeritdosering	59
8.1	Case beschrijving	59

8.2	Verkeerskundige analyse	60
8.3	Impact op emissies en luchtkwaliteit	61
8.4	Conclusies	63
9.	Dosering hoofdrijbaan	64
9.1	Case beschrijving	64
9.2	Verkeerskundige analyse	65
9.3	Impact op emissies en luchtkwaliteit	66
9.4	Conclusies	69
10.	(Schoon) vrachtverkeer op busbaan	70
10.1	Case beschrijving	70
10.2	Verkeerskundige analyse	71
10.3	Impact op emissies en luchtkwaliteit	72
10.4	Conclusies	75
11.	Conclusies en aanbevelingen	76
11.1	Effecten casestudies	76
11.2	Impact modelleringsmethoden	77
11.3	Generieke modellering	78
11.4	Aanbevelingen	79
	Literatuurlijst	80

Aantal pagina's

Bijlage I: Emissiefactoren voor Nederlandse wegen	1
Bijlage II: Rekenvoorbeeld generieke modellering	2
Bijlage III: Doorsnedeplots regionaal routeadvies	45
Bijlage IV: Snelheidstypen en wegtypen CARII	2
Bijlage V: Doorsnedeplots toeritdosering	9
Bijlage VI: Doorsnedeplots dosering hoofdrijbaan	12
Bijlage VII: Doorsnedeplots (schoon) vrachtverkeer op busbaan	12

Summary

The impact of Dynamic Traffic Management on airborne PM₁₀

[Effect dynamisch verkeersmanagement op PM₁₀-concentratie in de lucht]

1 Effects of case studies

The aim of the project was to gain insight into the impact of DTM measures on air quality by clarifying, on the one hand, the degree to which the six DTM measures can help smooth the peaks in daily average PM₁₀ concentration and, on the other, the influence of such measures on the number of days the limits are exceeded.

To gain a better understanding of the impact of the six DTM measures on air quality, twelve case studies were carried out, as summarised in Table 1.

Table 1 Summary of case studies

case no.	measure	variant
1	regional routing advice	V1: no congestion, level: 1.5%
2		V2: no congestion, level: 3%
3		V3: no congestion, level: 6%
4		V4: congestion, info on tailbacks
5	local routing advice	V1: no congestion
6		V2: congestion at pollution hotspot
7		V3: congestion on both routes
8	local detour	No air quality calculations
9	regulated access to motorway	V1: regulated access 'on'
10	regulated access to main lane	V2: regulated access to main lane 'on'
11	(clean) freight in bus lane	V1: all freight vehicles in bus lane
12		V2: only clean freight in bus lane

The impact achieved with the six measures depends very much on the local traffic situation, in other words traffic volume and the amount of congestion at the location concerned. In addition, effectiveness is governed by the 'power' of the measure under the prevailing traffic conditions.

Implementing these measures on motorways proves to have only a limited effect on the PM₁₀ concentration along these roads: at several locations a decrease of 0.1 or 0.2 µg/m³ was measured. With these measures the number of days on which limits are exceeded along motorways can be decreased by just 1 day. In terms of scale and duration, the impact on traffic is so limited that over a 24-hour period there is no marked reduction in daily average PM₁₀ concentration. With the measure 'local routing advice', the effect is greater on urban roads. As a consequence of the changed patterns of stagnation occurring as a result of the change in traffic flows, the PM₁₀ concentration can fall by up to 0.8 µg/m³.

The matrix presented in Table 2 shows, for each of the twelve case studies with the six measures, the effect that can be achieved in the traffic situation holding for the case in question.

Table 2 Matrix of effectiveness of DTM measures in case studies

feasible reduction	regional routing advice				local routing advice			local detour	regul. access	regul. access (lane)	(clean) freight in bus lane	
case no.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	V1: 1.5%	V2: 3%	V3: 6%	V4	V1	V2	V3	V1	V1	V1	V1	V2

$\mu\text{g}/\text{m}^3$													
0.0								n.a.	no				
0.1									effect				
0.2													
0.3													
0.4													
0.5													
0.6													
0.7													
0.8													
no. of days													
					no				n.a.	no			
1					effect					effect			
2													
3													
4													

2 Impact modelling methods

The DTM measures lead to less improvement of air quality than expected prior to the tests. This can be explained by three factors:

- the 'Pluim Snelweg' air quality model distinguishes only two levels of traffic flow;
- because a macroscopic model was used, there was no inclusion of individual vehicle dynamics;
- at the case study locations relatively little congestion was observed.

In the 'Pluim Snelweg' model calculations, the only distinction made is between traffic in a congested situation (< 50 km/h) and free-flowing traffic (> 50 km/h). In addition, there is little difference between the emission factors used for cars in the two situations, which means the effect of reduced congestion is minimal. The difference in emission factors for trucks is somewhat greater.

Table 3 Vehicle emission factors on Dutch motorways, 2010 (g/km)						
speed limit (km/h)	cars		medium-weight trucks		heavy trucks	
	no congest.	congestio n	no congest.	congestio n	no congest.	congesti on
80 + strict enforc't	0.030	0.041	0.195	0.472	0.187	0.435
80	0.033	0.041				
100	0.035	0.041	0.198	0.472	0.189	0.435
120	0.041	0.041				

Table 3 shows the emission factors used for 2010 in situations with and without congestion. It should be noted that on any given day there can be a maximum of 50% congestion (i.e. half the daily traffic volume caught up in a tailback). The relative effect is consequently half the difference between the two emission factors at most.

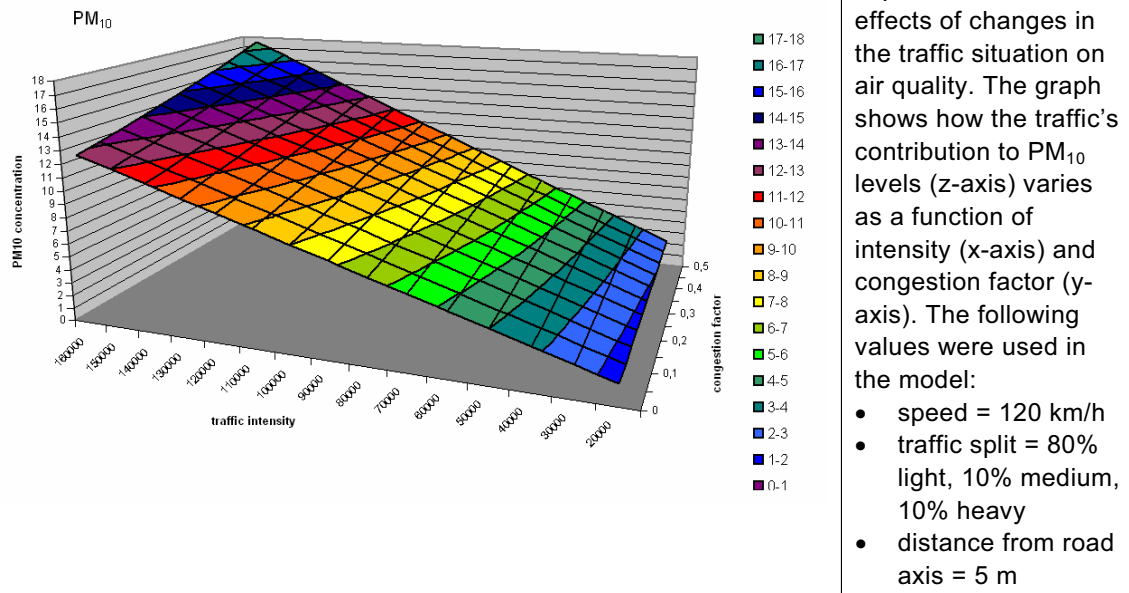
Traffic dynamics are a key factor in the occurrence of air pollution. To analyse the effects, use was made of macroscopic models. Given that the traffic flow described by means of macroscopic parameters undergoes little change, macroscopic calculations provide no information on individual vehicle dynamics. It is quite possible for two different traffic flows to be described in the same macroscopic terms, however, while the dynamics of individual vehicles differ substantially. Such is the case, for example, for one situation in which vehicles in a congested flow maintain a reasonably constant speed, versus another with 'stop/start' driving. In practice, vehicle emissions in the first case will be lower than in the second, because the traffic keeps moving.

Besides reducing congestion, DTM measures also lead to a more homogenous traffic flow, i.e. less 'stop/start' driving and a more constant flow. Although this effect of DTM measures was not included in the present study, it nonetheless has a positive impact on air quality. Based on the effect of strict enforcement at 80 km/h, it is to be anticipated that this will reduce passenger car emissions by 9% at most. In the case of trucks, by contrast, expectations of effectiveness do not run high. In addition, this effect will decrease to at most 4% in 2020 as engines become progressively cleaner in the future.

3 Generic modelling

Calculations with the generic model indicate that reductions in PM_{10} concentrations depend very much on traffic volume. To reduce PM_{10} by $1 \mu g/m^3$ the congestion factor needs to be reduced by 10-60%, depending on traffic volume. The same improvement in PM_{10} levels can be achieved by reducing traffic volume by between 9,000 and 12,500 veh/day, depending on the congestion situation.

Figure 1. Generic modelling



In terms of traffic management a 3% decrease in congestion is quite an achievement. In terms of air quality, though, a reduction in congestion with traffic intensity unchanged achieves little: a decrease of between 0.03 and $0.31 \mu\text{g}/\text{m}^3$, depending on intensity.

As an illustration, consider the measure Regional Routing Advice. At the Ridderkerk interchange traffic volume is around 140,000 veh/day. Of these vehicles, 30% are headed for the Kleinpolderplein interchange: around 42,000 veh/day. To achieve a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ decrease in PM_{10} concentration, the traffic volume would need to be reduced by about 10,000 veh/day. If this is the goal, almost 25% of the traffic going to Kleinpolderplein needs to follow the routing advice. This is far more than the figures of 1.5%, 3% and 6% used in the present study.

Another example is Regulated Access, a measure aimed at improving traffic flow on the trunk road network. On the network considered, this measure leads to a 5.5% decrease in overall congestion: in traffic management terms a very considerable achievement. This improvement in flow did not lead to a reduction of PM_{10} , though. To achieve a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ decrease in PM_{10} , the congestion factor at this location must be reduced by 0.18. In the current situation the congestion factor is 23% (5.5 h), so this means a 78% reduction. This is unrealistic for the measure Regulated Access. Smaller reductions in PM_{10} are feasible, though.

4 Recommendations

Tackling air quality hotspots

If it is known how often the PM_{10} concentration exceeds the standard at a given location and by what amount, a quantitative target can be set for the required reduction. The generic model can be used to determine what decrease in traffic intensity and what improvement in traffic flow are approximately required to achieve this reduction. Based on the required reduction in intensity and/or congestion, a decision can be made on which DTM measure should be implemented to achieve this goal.

Making effect calculations more robust

In the present study the relation between the traffic impact of a given measure and the associated air quality impact was only established at the six case-study locations. The effects of a given DTM measure depend very much on the degree of congestion and on 24-hour and rush-hour traffic intensities, however. To gain a better idea of the decrease in intensity and improvement of traffic flow achievable, the effect of the six DTM measures will have to be modelled/calculated for a variety of other traffic situations.

Extending studies to include a factor for dynamics

The aim of many DTM measures is to improve the homogeneity of traffic flow. Any change in this dynamic has a major influence on air quality. This dynamic was not included in the present study, however. To improve understanding of the local impact of DTM measures, the effect of traffic flow homogenisation will have to be included, too.

1. Samenvatting

1.1 Aanleiding

Ondanks het ingezette nationale 'luchtbeleid' voldoet Nederland voorlopig nog niet aan de grenswaarden voor stikstofdioxide (NO_x) en fijn stof (PM_{10}).). Langs drukke wegen in een aantal grotere gemeenten en langs snelwegen vormt de daggemiddelde concentratie van PM_{10} uit de Wet Luchtkwaliteit een rem op ruimtelijke en infrastructurele ontwikkelingen. Over heel Nederland wordt de daggemiddelde grenswaarde voor PM_{10} wel eens overschreden. De concentratie PM_{10} 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. Anders gezegd, het oplossend vermogen van de DVM-maatregel moet zodanig zijn, dat ondanks alle onzekerheden in de voorspelling van de gemeten daggemiddelde waarde PM_{10} , de feitelijke verkeerssamenstelling en de verkeersafwikkeling, de inzet van een DVM-maatregel specifiek gericht op de luchtkwaliteit (en daarmee de beïnvloeding van de verkeersafwikkeling) gerechtvaardigd wordt.

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.

1.2 Doel en aanpak

1.2.1. Doel

Het doel van het project is het geven van inzicht in het effect van DVM-maatregelen op de luchtkwaliteit. Enerzijds door het geven van inzicht in de mate waarin de zes DVM-maatregelen een bijdrage kunnen leveren aan het afvlakken van de pieken in de daggemiddelde concentratie PM_{10} , anderzijds door het geven van inzicht in de invloed die deze maatregelen hebben op het aantal overschrijdingsdagen.

Deze studie maakt onderdeel uit van een bredere aanpak binnen het Innovatie Programma Lucht (IPL) om na te gaan of de inzet van DVM-maatregelen voor de luchtkwaliteit effect heeft en wenselijk is. Voorliggende rapportage is het resultaat van de eerste fase van in totaal drie fasen:

1. verkeersmodel- en luchtmodelberekeningen die het effect onderbouwen;
2. relatie met weer en mogelijkheden van weersvoorspellingen;
3. juridische houdbaarheid en praktische realisatie.

1.2.2. Aanpak

Aan de hand van verkeers- en luchtberekeningen worden de effecten van zes DVM-maatregelen op de luchtkwaliteit berekend. Het resultaat is een afwegingsmodel

waaruit de haalbaarheid en wenselijkheid van individuele DVM-maatregelen is te herleiden.

Gelet op de aanbevelingen uit de eerdere inventarisatie¹ heeft IPL besloten om voor een zestal DVM-maatregelen met verkeersmodellen en luchtberekeningsmodellen het verwachte effect op de luchtkwaliteit (alleen PM₁₀) door te rekenen. Het gaat om de maatregelen:

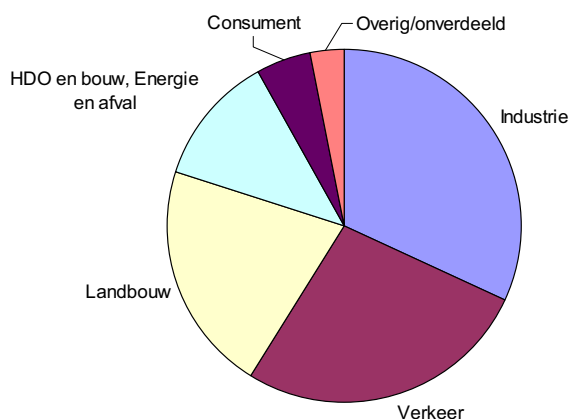
1. regionaal routeadvies;
2. lokaal routeadvies (vrijblijvend advies);
3. lokale omleiding (dwingend 'routeadvies');
4. toeritdosering;
5. dosering hoofdrijbaan;
6. (schoon) vrachtverkeer op busbaan.

De effecten van deze zes DVM-maatregelen zijn berekend voor zes cases op de 'ruit van Rotterdam'. Berekend is in hoeverre de DVM-maatregelen een effect hebben op de daggemiddelde concentratie van PM₁₀. Deze berekeningen van de verkeerskundige effecten van de zes maatregelen 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 CARII.

1.3 Kaders en achtergronden

Afbeelding 1.1 toont de herkomst van het Nederlandse antropogene fijn stof. Te zien is dat verkeer verantwoordelijk is voor ongeveer een kwart van de totale uitstoot PM₁₀.

Afbeelding 1.1 Herkomst van het Nederlandse antropogene PM10

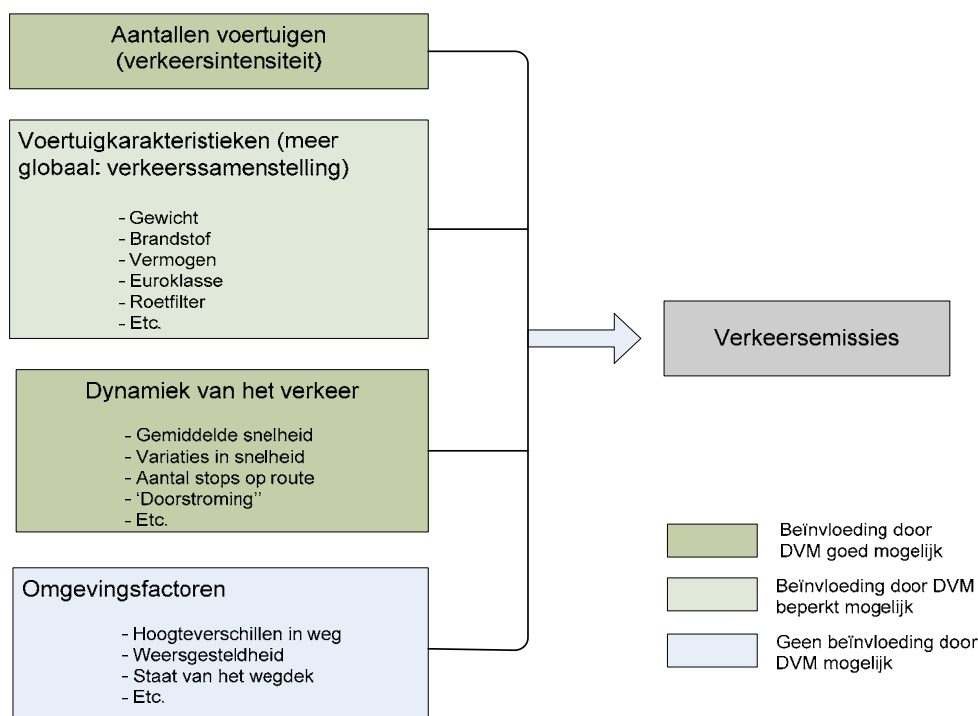


Bron: website RIVM, 2007

Kenmerkend voor de verkeersemmissie is dat deze sterk lokaal van aard is. Over de tijd is er daarnaast een grote variatie in het emissiegedrag waarneembaar. De pieken treden op tijdens de ochtend- en avondspitsperiodes. Hierdoor kunnen de luchtkwaliteitsnormen tijdelijk en lokaal worden overschreden.

¹ Witteveen+Bos, Verkenningssstudie Verkeersmanagement voor luchtkwaliteit, 31 januari 2006.

Afbeelding 1.2 Factoren van invloed op verkeersemisies en mogelijke inzet van DVM



De factoren die van invloed zijn op de uitstoot van PM_{10} op uitlaatniveau zijn onder te verdelen in vier categorieën (zie ook de schematische weergave in afbeelding 1.2):

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

Nadat het fijn stof is uitgestoten, verspreidt het zich door de lucht. De mate van verspreiding (dispersie) hangt sterk af van onder meer de weersomstandigheden (neerslag, wind) en omgevingsfactoren (bomen langs de weg, stedelijke omgeving). Het dispersieproces van fijn stof is door DVM niet te beïnvloeden.

1.3.1. Verkeersintensiteiten

Verschillende DVM-maatregelen kunnen leiden tot een verandering van de verkeersintensiteit. Wanneer een reductie van de verkeersemisies nagestreefd wordt, ligt het voor de hand om aan maatregelen te denken die het aantal voertuigen per uur verminderen.

De onderzochte DVM-maatregelen die primair sturen op de beïnvloeding van het aantal voertuigen zijn:

- regionaal routeadvies;
- lokaal routeadvies;
- lokale omleiding.

Bij deze maatregelen wordt het verkeer omgeleid via een andere route. Afhankelijk van de hoeveelheid om te leiden voertuigen, de mate van opvolging en de tijdsduur van de ingezette omleiding, zal de etmaalintensiteit op de betreffende route afnemen. Belangrijk is te melden dat bij dit type maatregelen het verkeer via andere routes wordt geleid. Het probleem wordt dus niet opgelost, maar verplaatst.

1.3.2. Voertuigkarakteristieken

De voertuigkarakteristieken van verkeer op een bepaalde weg zijn slechts in beperkte mate door DVM-maatregelen beïnvloedbaar. Te denken valt hierbij aan een (tijdelijke) gesloten verklaring voor bijvoorbeeld zware of vervuilende voertuigen, waardoor de samenstelling van het verkeer verandert. De karakteristieken van een voertuig zelf zullen door DVM-maatregelen echter niet veranderen. Er kan hooguit een positieve stimulans uitgaan naar schonere voertuigen.

De onderzochte DVM-maatregel die primair stuurt op de verandering van de voertuigkarakteristieken op een wegvak (de verkeerssamenstelling) is:

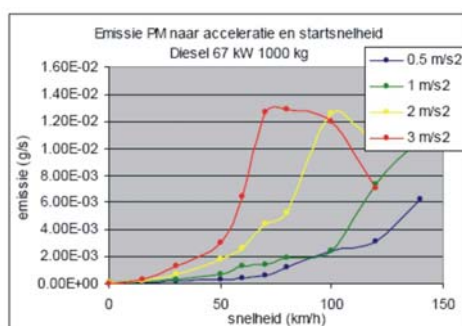
- (schoon) vrachtverkeer op busbaan.

1.3.3. Dynamiek van het verkeer

Onderzoek wijst uit dat de dynamiek van het verkeer een belangrijke factor is bij het ontstaan van luchtvervuiling in stedelijke omgeving. DVM-maatregelen richten zich vaak op het homogeniseren van verkeersstromen, waardoor niet alleen de doorstroming, maar ook de luchtkwaliteit kan verbeteren.

Afbeelding 1.3 toont de invloed van de individuele voertuigdynamiek op de emissie van PM_{10} voor een licht dieselvoertuig. Te zien is dat de uitstoot van fijn stof in grote mate beïnvloed wordt door de mate van acceleratie (optrekken en afremmen), meer nog dan voor de hoogte van de snelheid zelf. Wanneer de verkeersstroom homogener wordt, zal het aantal optrekkende en afremmende bewegingen afnemen waardoor ook de uitstoot van fijn stof per voertuig afneemt.

Afbeelding 1.3 Emissiefactoren zijn afhankelijk van de snelheid en acceleratie



Bron: Drewes, Witteveen+Bos en Universiteit Twente, 2006

De onderzochte DVM-maatregelen die primair sturen op de beïnvloeding van de dynamiek van het verkeer zijn:

- toeritdosering;
- dosering hoofdrijbaan.

1.4 Effecten van de zes DVM-maatregelen

De effecten van de zes DVM-maatregelen op de luchtkwaliteit zijn onderzocht voor twaalf cases met hun eigen verkeerscondities. De twaalf cases zijn weergegeven in tabel 1.1.

Tabel 1.1. Samenvatting cases

case nr.	maatregel	variant
1	regionaal routeadvies	V1: geen congestie, opvolgingsniveau 1,5 %
2		V2: geen congestie, opvolgingsniveau 3 %
3		V3: geen congestie, opvolgingsniveau 6 %
4		V4: wel congestie, file informatie
5	lokaal routeadvies	V1: geen congestie
6		V2: congestie op knelpunt route
7		V3: congestie op beide routes
8	lokale omleiding	<i>Geen luchtberekeningen</i>
9	toeritdosering	V1: toeritdosering aan
10	dosering hoofdrijbaan	V1: dosering hoofdrijbaan aan
11	(schoon) vrachtverkeer	V1: alle vrachtverkeer op busbaan
12	op busbaan	V2: alleen schoon vrachtverkeer op busbaan

1.4.1. Regionaal routeadvies

De maatregel regionaal routeadvies ten behoeve van de verbetering van de luchtkwaliteit kan bij verschillende verkeersomstandigheden worden toegepast. De toepassing van de maatregel is onder te verdelen in drie situaties:

1. doorstroming bevorderen door files te verminderen (huidige inzet DRIPs);
2. intensiteiten sturen op basis van een luchtknelpunt op momenten dat er nog geen doorstromingsproblemen zijn;
3. intensiteiten sturen op basis van een luchtknelpunt terwijl er al doorstromingsproblemen aanwezig zijn op de adviesroute.

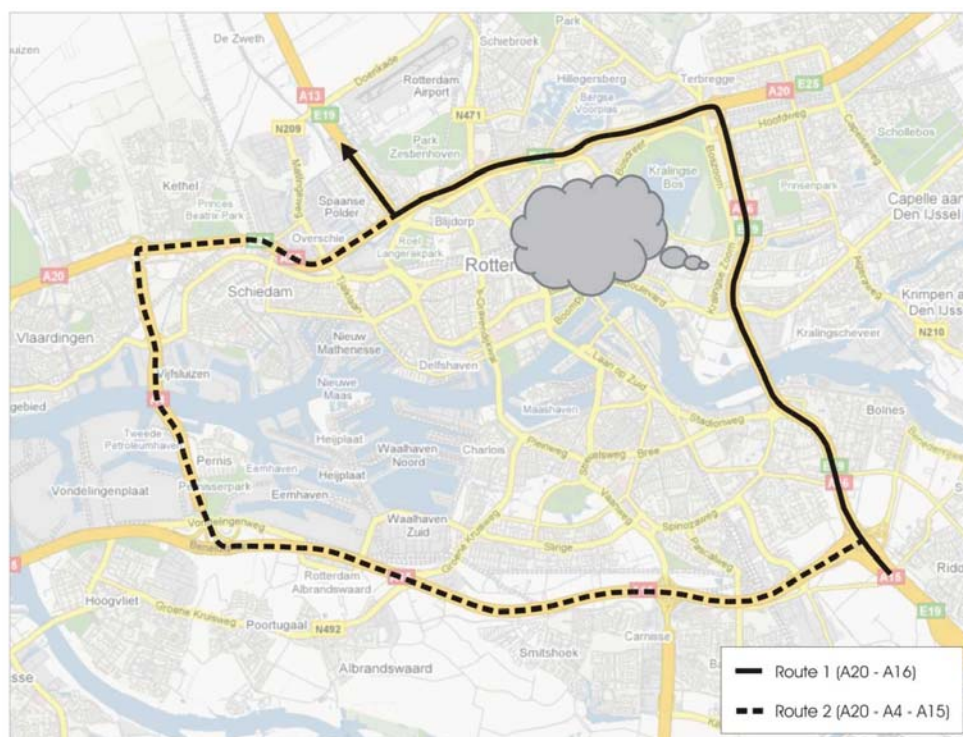
Verwacht wordt dat door het vrijblijvende karakter van de maatregel zo goed als niemand het advies zal opvolgen om de alternatieve route te nemen, als zich op deze route meer file bevindt dan op de oorspronkelijke route. Het hierboven genoemde doel 3 wordt daardoor als niet realistische gezien.

Bij het toepassen van regionaal routeadvies zal veelal een combinatie gemaakt worden tussen een advies op basis van doorstroming en een advies op basis van luchtkwaliteit. Het geven van een advies ter verbetering van de doorstroming zal veelal worden toegepast in de spitsperioden. Terwijl een advies waarbij gestuurd wordt op basis van een luchtknelpunt doorgaans buiten de spitsperioden gegeven zal worden.

Voor de berekening van de effecten van regionaal routeadvies zijn twee uitvoeringsscenario's doorgerekend:

1. geen congestie op de Ruit van Rotterdam: sturen van de verkeersstromen waardoor de intensiteiten de twee routes veranderen door het gegeven routeadvies;
2. congestie op de Ruit van Rotterdam: sturen op het verbeteren van de doorstroming op de gehele ruit door het geven van file informatie.

Afbeelding 1.4 Case locatie regionaal routeadvies

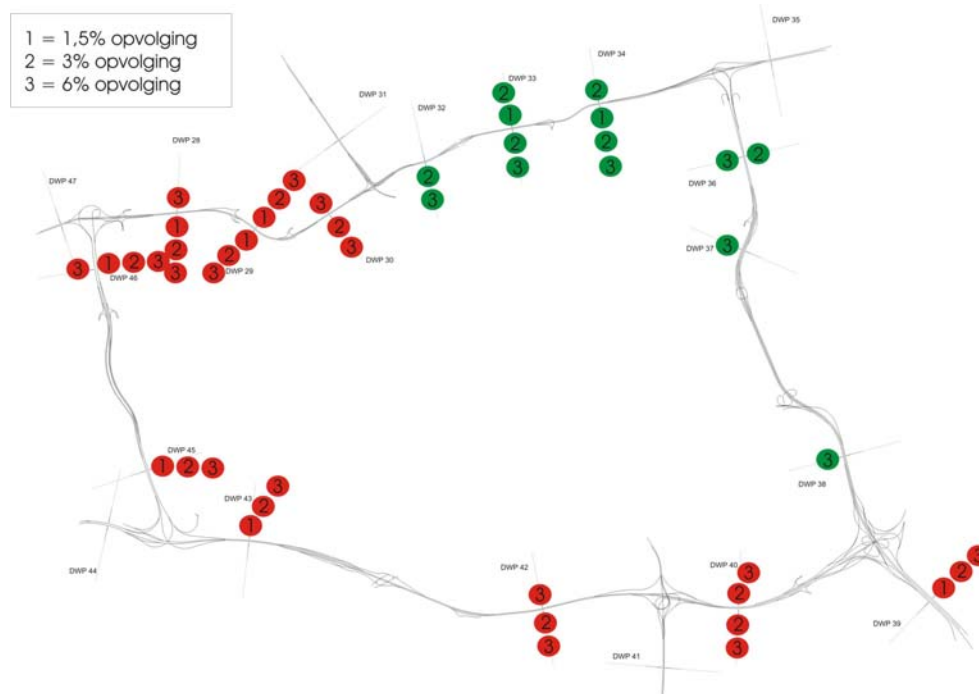


Uitvoeringsscenario 1: geen congestie

Bij uitvoeringsvariant 1 is uitgegaan van 3 opvolgingsniveaus V1 1,5 %, V2 3 % en V3 6 % van het verkeer ter hoogte van knooppunt Ridderkerk. 30 % van het verkeer ter hoogte van knooppunt Ridderkerk heeft een bestemming via het knooppunt Kleinpolderplein. Aangenomen is dat de veranderingen van de verkeersstromen voor dit scenario alleen effect hebben op de intensiteiten en niet op de doorstroming op het netwerk. Op de knelpuntroute zijn de intensiteiten volgens de drie opvolgingsniveau afgenomen met respectievelijk 950, 1.900 en 3.800 vtg/etmaal. Op de alternatieve is het verkeersvolume met deze waardes toegenomen.

Door de afname van het verkeersvolume op de knelpuntroute treedt een lichte reductie van de concentratie PM₁₀ op. De maximale gemeten reductie bedraagt 0,2 µg/m³. Op de alternatieve route is een toename van de concentratie PM₁₀ gemeten. Het effect van de maatregel is sterk afhankelijk van het opvolgingsniveau. Indien het draagvlak voor DVM-maatregelen ten behoeve van de verbetering van de luchtkwaliteit toeneemt, neemt hoogst waarschijnlijk ook de mate van opvolging toe.

Afbeelding 1.5 Luchtkwaliteiteffecten regionaal routeadvies geen congestie variant 1, 2 en 3

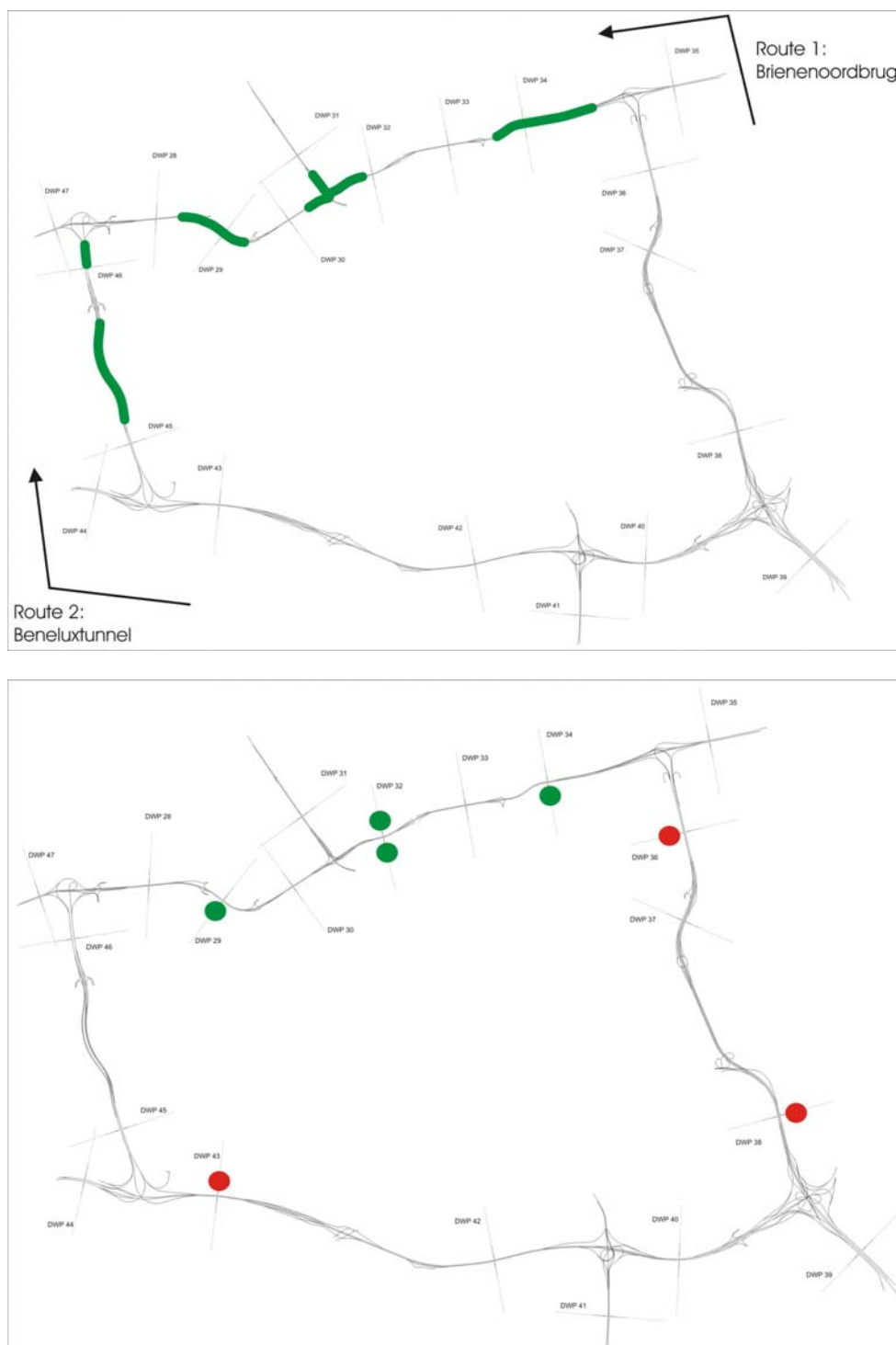


Uitvoeringsscenario 2: congestie op de ruit van Rotterdam

Als gevolg van het tonen van de filelengtes op de DRIP (variant 4) is de totale filezwaarte op de Ruit van Rotterdam afgenomen. Op route 1, via de Van Brienenoordbrug, is de filezwaarte gedaald met 5 % (49 km.min). Op route 2, via de Beneluxtunnel, is de filezwaarte gedaald met 9 % (237 km.min).

In de situatie dat het verkeer gestuurd wordt op basis van de filelengtes op de twee routes is het effect sterk afhankelijk van de aanwezigheid van file op de knelpuntroute en de afwezigheid van file op de alternatieve route. De effecten van de maatregel zijn terug te leiden naar een betere geïnformeerde situatie op het netwerk. Door de reductie van de filezwaarte treedt een lichte daling van de concentratie PM₁₀ op. Op de case locatie kan slechts een beperkte verbetering van de doorstroming worden behaald, omdat zowel op de knelpuntroute als op de alternatieve route file optreedt. Op momenten dat op de knelpuntroute veel file staat en op de alternatieve route geen zal een groter effect op de luchtkwaliteit worden behaald.

Afbeelding 1.6 Doorstromingseffecten (boven) en luchtkwaliteitseffecten (onder) regionaal routeadvies wel congestie variant 4



1.4.2. Lokaal routeadvies

Bij lokaal routeadvies wordt het verkeer vrijblijvend geadviseerd een andere route te kiezen ter bevordering van de luchtkwaliteit. Het verkeer wordt geadviseerd een andere afrit te nemen omdat zich op de route via de oorspronkelijke afrit een

luchtknelpunt bevindt. De maatregel is toepasbaar op een traject waar het verkeer twee gelijkwaardige alternatieven heeft. Doordat een deel van het verkeer de alternatieve route neemt, zal op de knelpuntroute de verkeersintensiteit dalen en de doorstroming verbeteren.

De effecten van lokaal routeadvies zijn doorerekend voor 3 uitvoeringsscenario's, waarbij de aanwezigheid van congestie op de twee routes verschilt:

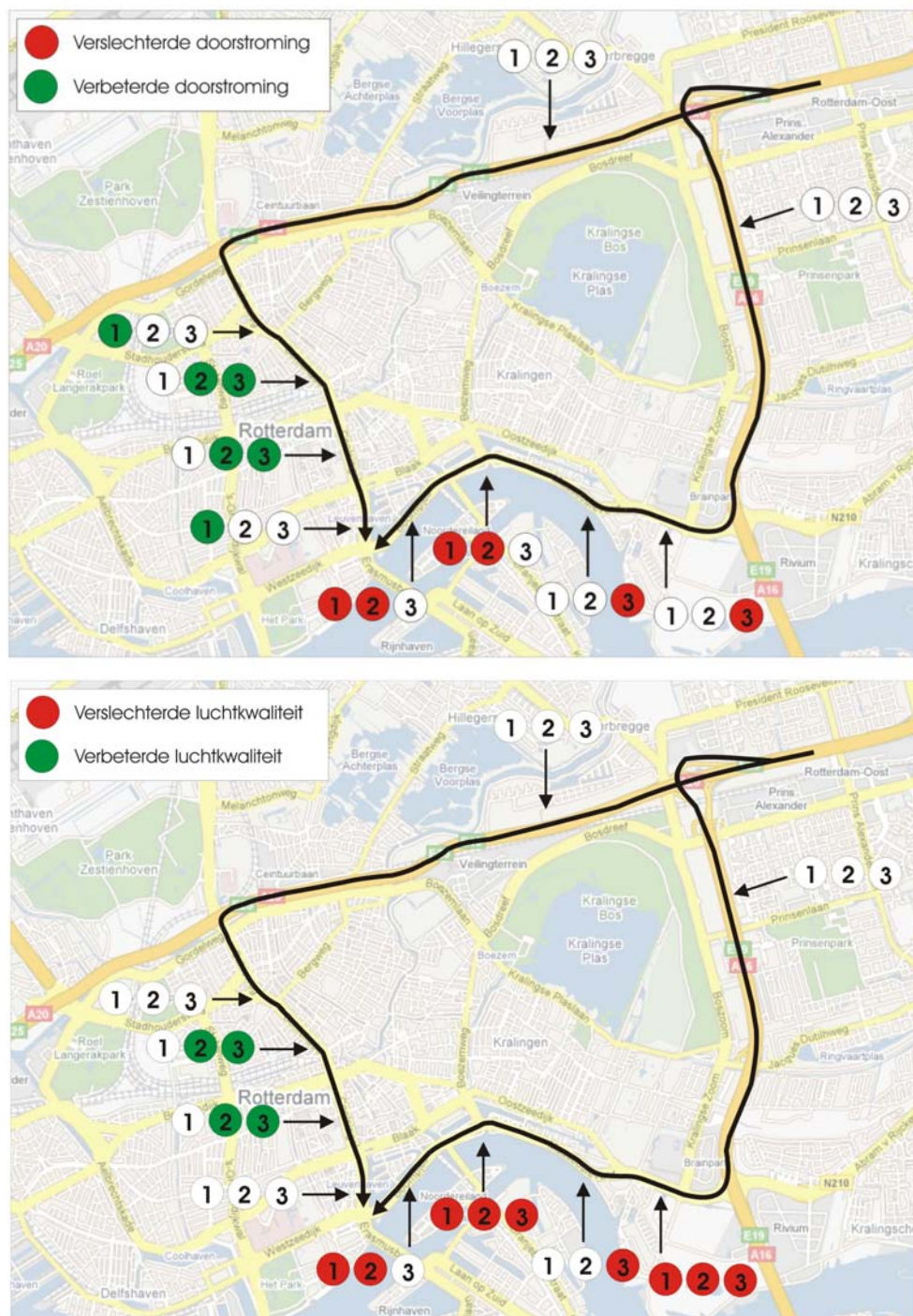
1. in de referentiesituatie is er geen congestie op beide routes. Na omleiding van het verkeer via de alternatieve route (route 2) is de doorstroming op route 1 verbeterd, terwijl op route 2 de doorstroming is verslechterd;
2. in de referentiesituatie is er sprake van congestie op de route waar het luchtknelpunt zich bevindt (route 1). Na omleiding van het verkeer via de alternatieve route (route 2) is de doorstroming op deze route verslechterd, maar op route 1 is de congestie verdwenen;
3. in de referentiesituatie is er congestie op beide routes. Na omleiding van het verkeer via de alternatieve route (route 2) neemt de congestie op route 2 toe en verdwijnt de congestie op route 1.

Slechts een deel van het verkeer zal het advies om de alternatieve route te nemen opvolgen. Bij de berekeningen van de luchtkwaliteit is uitgegaan van 2 opvolgingsniveaus, te weten 10 % en 20 % van het verkeer vanaf het Terbregseplein richting het Centrum rondom de Erasmusbrug. Oftewel het verkeer waarvoor de alternatieve route via de A16 en de Maasboulevard ook daadwerkelijk een aantrekkelijk alternatief is. In afbeelding 1.7 zijn de verkeerskundige- en luchtkwaliteiteffecten weergegeven.

De maatregel lokaal routeadvies heeft een verwacht positief effect op de luchtkwaliteit als zich op minimaal één van de twee routes congestie bevindt. Voornamelijk door de verbeterde doorstroming op de knelpuntroute daalt de concentratie PM_{10} en neemt het aantal dagoverschrijdingen af. Als gevolg van het extra verkeer over de alternatieve route stijgt de PM_{10} waarde op deze route en neemt het aantal dagoverschrijdingen toe. De mate van opvolging heeft (bijna) geen effect op de luchtkwaliteit. Dit omdat het verschil tussen de twee opvolgingsniveau's (200 en 400 vtg/etmaal) minimaal is in vergelijking tot de etmaal intensiteit. Het effect van de maatregel wordt voornamelijk veroorzaakt door de verbeterde doorstroming op de knelpuntroute.

Het effect van de maatregel is verwaarloosbaar op de rijkswegen. Dit omdat de verandering van intensiteiten relatief laag is in vergelijking met de totale dagintensiteiten op de snelweg. De veranderde verkeersstromen hebben dan ook geen effect op de verkeersafwikkeling op de rijkswegen. Bij het invoeren van de maatregel is het van groot belang dat een balans wordt gevonden tussen de afname van het verkeer op de knelpuntroute en een toename van het verkeer op de alternatieve route. Vooral de verschuiving van de congestielocaties moet goed in de gaten gehouden worden.

Abbeelding 1.7 Doorstromingseffecten (boven) en luchtkwaliteiteffecten (onder) bij omleiding van het verkeer per variant (1, 2, 3)



1.4.3. Lokale omleiding

De maatregel lokale omleiding dwingt het verkeer een andere route te nemen ter verbetering van een lokaal luchtknelpunt. Het verkeer wordt tijdelijk geweerd op de route met het luchtknelpunt door een afrit van de Rijksweg af te sluiten voor al het verkeer. Op deze manier wordt het verkeersvolume op de knelpuntroute verminderd

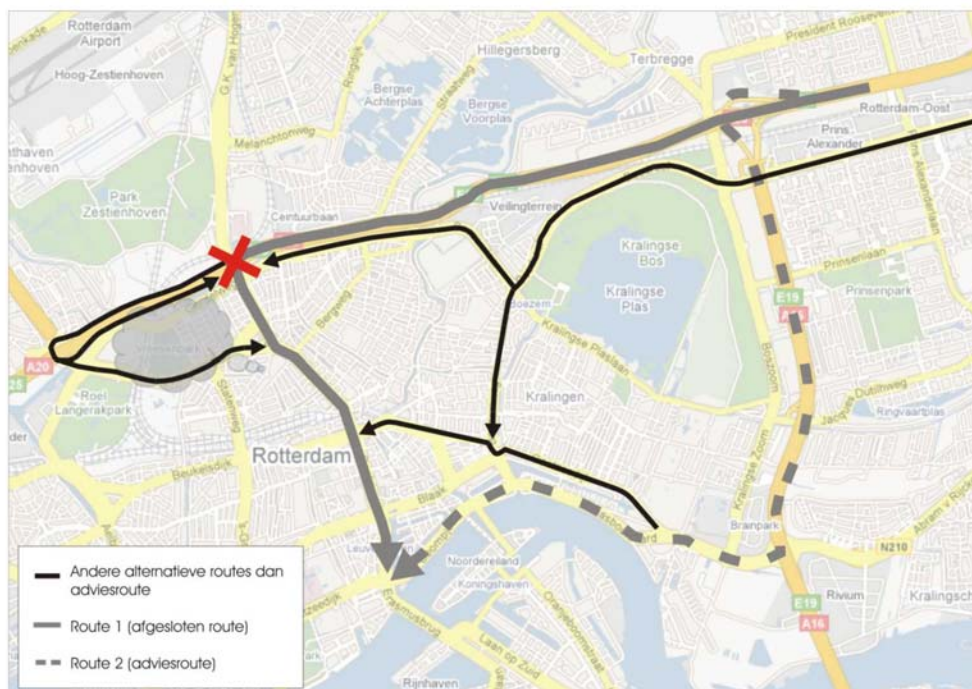
en daarmee de doorstroming verbetert, hierdoor verbetert de luchtkwaliteit ter plaatse.

Het verkeer wordt geadviseerd een (gelijkwaardige) alternatieve route te nemen. Een deel van het verkeer zal dit routeadvies echter niet opvolgen, omdat het zelf een 'betere' route weet of omdat de alternatieve route geen goed alternatief is. Immers door het afsluiten van de afrit wordt niet al het verkeer op de afrit benadeeld, maar ook het verkeer waarvoor geen gelijkwaardig alternatief beschikbaar is.

Uit de casestudie van de maatregel lokaal omleiding waarbij afrit Centrum vanaf de A20 is afgesloten blijkt dat slechts enkele percentages van het verkeer op de afrit het alternatief via de A16 en Maasboulevard neemt. Het overgrote deel (50 %) van het verkeer neemt, bij het afsluiten van de oostelijke afrit richting het zuiden, de westelijke afrit door te keren op het Kleinpolderplein. Daarnaast worden nog verscheidene andere routes gebruikt bij het afsluiten van de oostelijke afrit van de A20 richting het Centrum van Rotterdam (zie afbeelding 1.8), waaronder:

- afrit Rotterdam Alexander - Bosdreef - Boezemweg;
- afrit Rotterdam Alexander - Bosdreef - Boezemlaan;
- afrit A16 Rotterdam Centrum - Maasboulevard - Oostzeedijk;
- afrit Blijddorp - Stadshoudersweg.

Afbeelding 1.8 Alternatieve routes bij afsluiting oostelijke afrit richting zuiden



Doordat het overgrote deel van het verkeer niet de adviesroute neemt als alternatieve route, maar de overige invalswegen vanaf de snelweg gebruikt wordt het beoogde effect, een afname van de verkeersintensiteiten op de Schiekade, niet voldoende behaald. Daarnaast verdeelt het verkeer zich over routes waarop geen extra intensiteiten gewenst is. De negatieve verkeerskundige effecten zijn te groot om deze maatregel in op deze case toe te passen. Op locaties waarbij voor een

veel groter deel van het verkeer op de afrit een gelijkwaardig alternatief kan worden geboden met voldoende restcapaciteit, kan de maatregel mogelijk wel een positief effect hebben.

Vanwege het uitblijven van duidelijke positieve verkeerseffecten, zijn de luchtberekeningen op de Schiekade niet uitgevoerd. Deze maatregel heeft binnen deze case dan ook geen positief effect op de luchtkwaliteit, niet op de Schiekade en zeker niet netwerk breed gezien.

1.4.4. Toeritdosering

Toeritdosering is het beheersen van de verkeersstroom op een toerit naar de hoofdrijbaan. Een toeritdoseerinstallatie (TDI) laat het verkeer op de toerit in een regime van 'bij groen één auto' toe op Rijksweg. Aan de hand van de actuele situatie op de hoofdrijbaan en op nabij gelegen toeritten, wordt bepaald hoeveel verkeer, op een bepaald tijdstip door mag worden gelaten. Het doel van de maatregel is het verbeteren van de doorstroming door de verkeersbelasting ter hoogte van een bottleneck aan te passen aan de capaciteit van de snelweg, waardoor de afwikkeling op de snelweg verbetert.

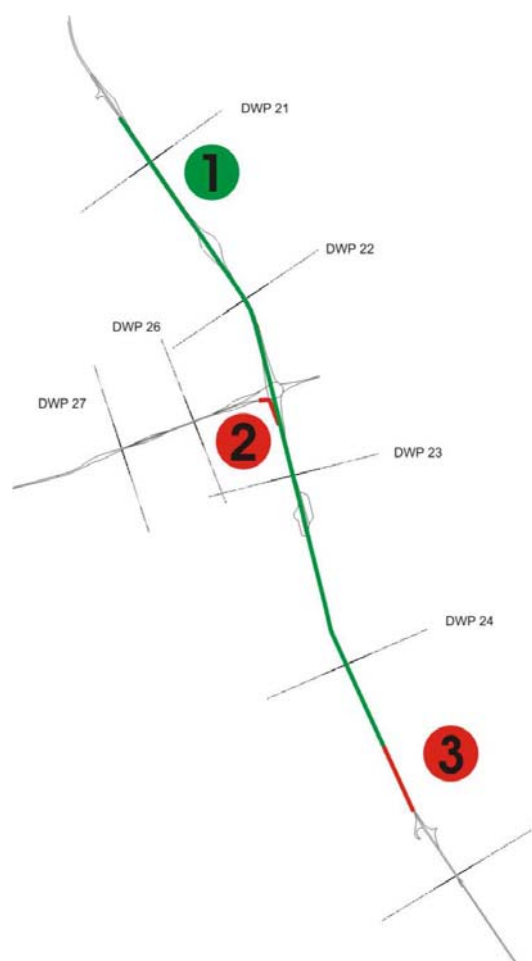
Uitgangspunt bij de toepassing voor luchtkwaliteit is het doseren van het verkeer op een locatie aan de rand van de stad, waar minder mensen bloot gesteld worden aan emissies van niet-doorstromend verkeer. Dit ten behoeve van de verbetering van de doorstroming op de Rijksweg stroomopwaarts van de toerit, daar waar een luchtknelpunt ligt.

Uit de case studie blijkt dat door het toepassen van de TDI op de toerit Delft Zuid de filevorming op de A13 afneemt (1). De totale filezwaarte op de A13 is gedaald met 5,5 % (van 1.362 naar 1.287 km.min).

De bottleneck verschuift van de toerit Delft-Zuid naar het begin van de 80 km zone ter hoogte van de afrit Berkel en Rodenrijs (2). Op het wegvak ter hoogte van de afrit Berkel en Rodenrijs is een toename van het aantal voertuigen in congestie waargenomen van 1.131 vtg/etmaal.

Op het onderliggende wegennet hebben voornamelijk de toerit en het direct aansluitende wegvak van de toerit te maken met een toename van congestie (3). Op de toerit is de totale wachtrijlengte toegenomen. Hierdoor bevinden zich 1.665 vtg/etmaal meer in congestie (snelheid <30 km/u) na invoering van de maatregel

Afbeelding 1.9 Doorstromingseffecten maatregel toeritdosering



toeritdosering.

Ondanks de vrij duidelijke verkeerseffecten is er geen effect waargenomen op de luchtkwaliteit. Uit de luchtmodellering blijkt dat het verkeerseffect qua omvang en duur dermate kort is, dat dit niet leidt tot een vermindering van de berekende daggemiddeldewaarde voor PM_{10} .

1.4.5. Dosering hoofdrijbaan

Indien de som van het verkeersaanbod bij een samenvoeging van twee autosnelwegen groter is dan de afvoercapaciteit ontstaat er file op (één van) beide richtingen. Om de afwikkeling van het samenvoegende verkeer op dit soort locaties te verbeteren kunnen verschillende maatregelen worden ingezet, zoals infrastructurele aanpassingen, doseerinstallaties en afkruisen van een rijstrook. Bij samenvoegingen van de rijbanen krijgt de ene verkeersstroom dan voorrang ten koste van de andere stroom.

Met de maatregel dosering hoofdrijbaan wordt de samenvoeging van twee hoofdrijbanen gedoseerd. Dit gebeurt door met signalering één of meer rijstroken van één van de twee richtingen af te kruisen. Om de doorstroming op de richting waar een luchtknelpunt is (richting A) te bevorderen, wordt het verkeer op de andere richting (richting B) gebufferd door het afkruisen van een rijstrook. Doordat er minder verkeer vanaf richting B bij het samenvoegpunt aankomt verloopt de afwikkeling van het samenvoegende verkeer beter, waardoor er een betere doorstroming is op richting A.

Afbeelding 1.10 Verkeerskundige effecten maatregel dosering hoofdrijbaan



Voor de casestudie op het Kethelplein is de totale filezwaarte door het toepassen van hoofdrijbaandosering gedaald is met 1,6 % (90 km.min). Op de A20, de richting waar de rijstrook is afgekruist, is de filezwaarte met 200 % toegenomen (van 75 naar 226 km.min). Op de A4, de richting waarlangs het luchtknelpunt ligt, is de filezwaarte gedaald met 72 % (van 356 naar 98 km.min).

De luchtkwaliteiteffecten van de maatregel dosering hoofdrijbaan zijn echter beperkt. Slechts op 2 locaties daalt de PM_{10} waarde met $0,1 \mu g/m^3$. Dit is de locatie ter hoogte van de afsluiting van de rijstrook op de A20 tussen de aansluiting Vlaardingen en het knooppunt Kethelplein. De andere locatie is het zuidelijke dwarsprofiel van de A4. Op deze locatie is het aantal voertuigen in congestie sterk gedaald, doordat de filelengte is afgenomen.

Op 1 locatie verslechtert de luchtkwaliteit door het toepassen van de maatregel rijbaandosering met $0,1 \mu g/m^3$. Dit is de locatie op de A20 tussen de aansluitingen Vlaardingen-West en Maassluis. Deze toename van de PM_{10} waarde is het gevolg van de toename van de filelengte op de A20.

Afbeelding 1.11 Luchtkwaliteitseffecten maatregel dosering hoofdrijbaan



1.4.6. (Schoon) vrachtverkeer op busbaan

De maatregel (schoon) vrachtverkeer op busbaan behelst het toelaten van andere doelgroepen op de busbaan, in dit geval (schoon) vrachtverkeer. Het doel van de maatregel is een goede doorstroming van (schoon) vrachtverkeer te waarborgen. De vluchtstrook van de snelweg wordt, tijdens filevorming gebruikt door de lijnbussen. Bij deze maatregel wordt naast de lijnbussen ook (schoon) vrachtverkeer toegelaten op de vluchtstrook.

Vrachtwagens hebben een grotere impact op de uitstoot van schadelijke stoffen dan personenauto's. Met name het optrekken van vrachtverkeer zorgt voor hoge emissies. Het voorkomen van deze bewegingen, en dus het weren van vrachtverkeer uit files, kan leiden tot een verbetering van de luchtkwaliteit. Het toestaan van vrachtverkeer op de busbaan levert een tijdwinst op voor het betreffende vrachtverkeer. Door alleen schoon vrachtverkeer (Euroklasse 4 en 5) toe te staan op de busbaan wordt daarnaast een stimulans gecreëerd om schone voertuigen aan te schaffen.

Voor de maatregel (schoon) vrachtverkeer op de busbaan zijn twee uitvoeringsvarianten doorgerekend:

1. al het vrachtverkeer wordt toegestaan op de busbaan, met als doel het verminderen van een lokale emissiepiek;
2. alleen vrachtverkeer dat voldoet aan Euroklasse 4 of 5 wordt toegestaan op de busbaan, met als lange termijn doel de stimulering van schone voertuigen.

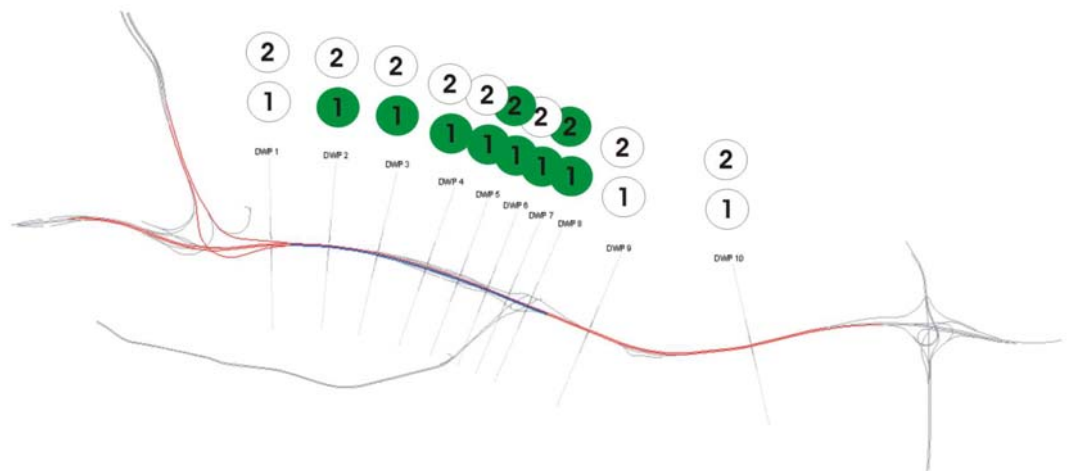
In vergelijking met de referentie situatie, waarbij gedurende 3,5 uur per dag sprake is van congestie op het traject, is het aantal auto's in congestie sterk gedaald. Indien al het vrachtverkeer wordt toegestaan op de busbaan (variant 1) daalt het aantal voertuigen in congestie met 9 %. Indien alleen het schone vrachtverkeer wordt toegestaan op de busbaan, wordt een daling van 5 % waargenomen.

De luchtkwaliteitseffecten van de maatregel (schoon) vrachtverkeer op de busbaan zijn beperkt. Indien al het vrachtverkeer wordt toegestaan op de busbaan (variant 1) vindt er op alle doorsneden ter hoogte van de busbaan een reductie van PM_{10} plaats. Maximaal wordt een reductie van $0,2 \mu g/m^3$ bereikt.

Voor variant 2, waarbij alleen het schone vrachtverkeer wordt toegestaan op de busbaan, wordt slechts op 2 locaties een reductie waargenomen. Deze afname bedraagt slechts $0,1 \mu g/m^3$. Bij de berekening zijn alleen de directe effecten van de maatregel meegenomen. De mogelijke effecten als gevolg van de veranderde voertuigsamenstelling door de stimulans voor het aanschaffen van schonere voertuigen is niet meegenomen. De effecten hiervan zullen hoogstwaarschijnlijk verwaarloosbaar zijn.

De effecten van de twee varianten van de maatregel zijn schematisch weergegeven in afbeelding 1.12.

Afbeelding 1.12 Effecten (schoon) vrachtverkeer op busbaan per variant (1,2)



1.5 Conclusies en aanbevelingen

Het bereikte effect bij de zes cases is sterk afhankelijk 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 maatregelen op de rijkswegen hebben een beperkte invloed op de afname van de concentratie PM₁₀. Op enkele locaties wordt met behulp van de maatregelen een afname van 0,1 of 0,2 µg/m³ 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 PM₁₀.

Tabel 1.2. Afwegingsmatrix effecten cases DVM-maatregelen

haalbare reductie	regionaal routeadvies			lokaal routeadvies			lokale omleiding	toerit- dosering	dosering hoofdrij- baan	(schoon) vrachtverkeer op busbaan		
case nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	V1: 1,5%	V2: 3%	V3: 6%	V4	V1	V2	V3	V1	V1	V1	V1	V2
µg/m ³												
0,0								nvt	geen			
0,1									effect			
0,2												
0,3												
0,4												
0,5												
0,6												
0,7												
0,8												
# dagen												
1					geen				nvt	geen		
2					effect					effect		
3												
4												

Indien voor een bepaalde locatie bekend is hoe vaak de concentratie PM₁₀ wordt overschreden en met welke hoeveelheid, kan een streefwaarde worden opgesteld voor de benodigde reductie. Met behulp van het generieke model kan bepaald worden welke daling in intensiteiten en verbetering van de doorstroming globaal gezien benodigd is om deze reductie te kunnen bereiken. Aan de hand van de benodigde daling van de intensiteit en/of congestie afname kan bepaald worden met welke DVM-maatregel dit haalbaar is.

2. Inleiding

2.1 Aanleiding

Ondanks het ingezette nationale 'luchtbeleid' voldoet Nederland op tal van plaatsen voorlopig nog niet aan de normen voor stikstofdioxide (NO₂) en fijn stof (PM₁₀). Langs drukke wegen in een aantal grotere gemeenten en langs snelwegen vormt de daggemiddelde grenswaarde van PM₁₀ uit de Wet Luchtkwaliteit een rem op ruimtelijke en infrastructurele ontwikkelingen². Over heel Nederland zijn problemen met het aantal overschrijdingen van de daggemiddelde grenswaarde van PM₁₀. Maar deze concentraties verschillen sterk in tijd en plaats. Hetzelfde geldt voor de bijdrage van het verkeer aan deze concentraties - op sommige plaatsen is die bijdrage betrekkelijk klein, maar op andere plaatsen kan die oplopen tot enkele tientallen procenten.

Omdat dynamisch 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. Dynamische maatregelen toegesneden op specifieke omstandigheden leveren naar verwachting meer begrip op van de weggebruikers (en daarmee draagvlak) dan bijvoorbeeld de huidige statische 80 km-zones.

Het InnovatieProgramma Luchtkwaliteit (IPL) startte in 2006 een zoektocht naar vernieuwende oplossingen om het aantal overschrijdingen van de gestelde grenswaarden terug te dringen. Eén daarvan is het toepassen van DVM-maatregelen op basis van de actuele luchtkwaliteit. Uit een Europese inventarisatie binnen het Innovatie Programma Lucht³ blijkt dat er succesvolle toepassingen van DVM-maatregelen bestaan, specifiek voor de actuele (gemeten) of zelfs een voorspelde luchtkwaliteit. Hierbij is gekeken naar inzet van DVM-maatregelen gericht op de verkeersafwikkeling en die een (afgeleid) positief effect hebben op de luchtkwaliteit. Maar ook worden DVM-maatregelen specifiek ingezet om de luchtkwaliteit te verbeteren.

Gelet op de aanbevelingen uit de inventarisatie heeft IPL besloten om voor een zestal DVM-maatregelen met verkeersmodellen en luchtberekeningsmodellen het verwachte effect op de luchtkwaliteit voor PM₁₀ door te rekenen⁴. Het gaat om de maatregelen:

1. regionaal routeadvies;
2. lokaal routeadvies (vrijblijvend advies);
3. lokale omleiding (dwingend 'routeadvies');
4. toeritdosering;
5. dosering hoofdrijbaan;
6. (schoon) vrachtverkeer op busbaan.

² Dat wil zeggen dat het aantal overschrijdingsdagen aanmerkelijk hoger ligt dan de toegestane 35 dagen waarop de daggemiddelde concentratie van 50 µg/m³ mag worden overschreden.

³ Witteveen+Bos, Verkenningstudie Verkeersmanagement voor luchtkwaliteit, 31 januari 2006.

⁴ Voor NO₂ geldt in principe een vergelijkbare problematiek met dien verstande dat de uurwaarde van 200 µg/m³ (zie hoofdstuk 3) berekeningstechnisch meestal niet wordt overschreden (standaard rekenmethode 1 en 2). Beïnvloeding met dynamische verkeersmanagement heeft dan dus niet veel zin, aangezien er geen sprake is van een luchtknelpunt.

Deze studie maakt onderdeel uit van de bredere aanpak binnen het Innovatie Programma Lucht (IPL) om na te gaan of de inzet van DVM-maatregelen voor de luchtkwaliteit effect heeft en wenselijk is. Om dit effect en de wenselijkheid te onderzoeken, voert IPL een onderzoek uit in drie fasen:

1. verkeersmodel- en luchtmodelberekeningen die het effect onderbouwen;
2. relatie met weer en mogelijkheden van weersvoorspellingen;
3. juridische houdbaarheid en praktische realisatie.

Dit onderzoek presenteert de resultaten van fase 1, waarbij voor zes DVM-maatregelen door middel van 12 cases op de 'ruit van Rotterdam' de effecten doorgerekend worden. Voor sommige maatregelen zijn meerdere varianten berekend, waardoor uiteindelijk voor 12 cases de effecten zijn berekend.

2.2 Doel van het project

Het doel van het project is het geven van inzicht in het effect van DVM-maatregelen op de luchtkwaliteit. Enerzijds door het geven van inzicht in de mate waarin de zes DVM-maatregelen een bijdrage kunnen leveren aan het afvlakken van de pieken in de daggemiddelde concentratie PM_{10} , anderzijds door het geven van inzicht in de invloed die deze maatregelen hebben op het aantal overschrijdingsdagen.

Aan de hand van verkeers- en luchtberekeningen worden de effecten van zes DVM-maatregelen op de luchtkwaliteit berekend. Het resultaat is een afwegingsmodel waaruit de haalbaarheid en wenselijkheid van individuele DVM-maatregelen is te herleiden, gegeven een bepaalde verkeerssituatie en luchtkwaliteit.

Bij de uitvoering van dit onderzoek zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- er is gebruik gemaakt van bestaande onderzoeken, literatuur, externe deskundigen en eigen expertise om inzicht te krijgen in de effecten van de maatregelen;
- de verkeersberekeningen zijn uitgevoerd met de Regionale BenuttingsVerkenner (RBV) voor de regio Rotterdam;
- de luchtberekeningen zijn uitgevoerd met Pluim Snelweg (hoofdwegennet) en CARII (binnenstedelijke situaties).

2.3 Studiegebied de 'Ruit van Rotterdam'

Bij het doorrekenen van de zes kansrijke DVM-maatregelen wordt gebruik gemaakt van het bestaande wegennet, gemeten intensiteiten en verkeersafwikkeling in 2007 en 2010. Alle verkeersgegevens zijn gebaseerd op de berekeningen van de gevulde Regionale BenuttingsVerkenner (RBV) voor de Regio Rotterdam. Daarnaast wordt de meest recente set achtergrondconcentraties (GCN 2010) voor de regio Rotterdam gebruikt. Het onderzoeksgebied wordt gevormd door de zogenoemde 'Ruit van Rotterdam', begrenst door de A20, A4, A15 en A16, welke is weergegeven in afbeelding 2.1.

Afbeelding 2.1 Studiegebied 'Ruit van Rotterdam'



Bron: Google Earth, 2008

2.4 Verkeerskundige analyse

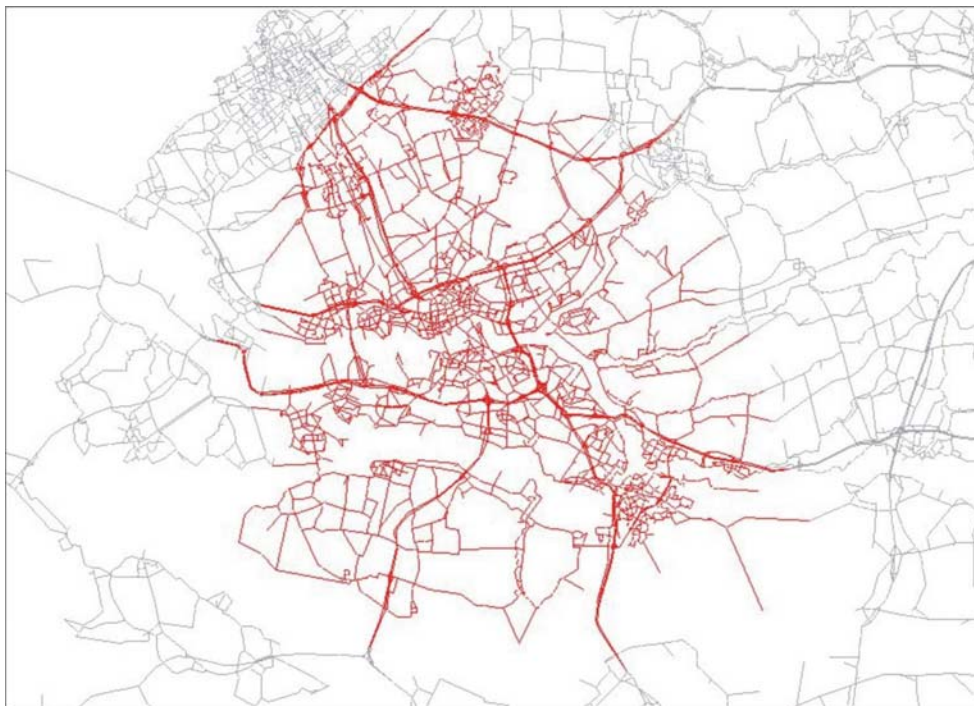
De eerste stap bij het berekenen van het effect van het verkeer op de luchtkwaliteit bestaat uit het bepalen van verkeersstroomkarakteristieken met verkeersmodellen. Binnen dit onderzoek wordt als verkeersnetwerk en verkeersmodel gebruik gemaakt van de Regionale BenuttingsVerkenner (RBV).

De Regionale BenuttingsVerkenner is verkeersmodel waarmee het effect van (dynamische) verkeersmaatregelen en netwerkaanpassingen kunnen worden doorgerekend. Met de RBV is het mogelijk om de kwaliteit van de verkeersafwikkeling van veelvoorkomende DVM-maatregelen binnen het verkeersnetwerk vast te stellen. De verkeersafwikkeling wordt in de RBV omschreven in termen van doorstroming en gemeten intensiteiten.

Voor de berekening van de effecten de zes cases op de 'Ruit van Rotterdam' gebruik gemaakt van de RBV met netwerk van de regio Rotterdam. Afbeelding 2.2 geeft dit netwerk weer.

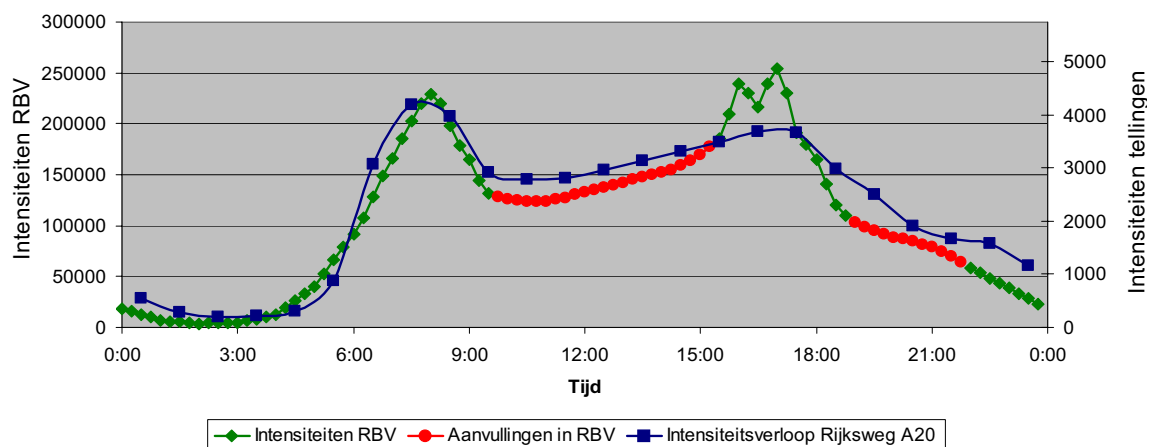
In de RBV wordt gebruik gemaakt van afzonderlijke modellen voor de ochtendspits, avondspits, nachtperiode, zaterdag en zondag. Voor de luchtkwaliteitsberekeningen zijn verkeersgegevens van het gehele etmaal benodigd. Om deze verkeersgegevens van het gehele netwerk te kunnen berekenen met de RBV zijn de herkomst bestemmingsrelaties van de RBV uitgebreid. De groene lijn in afbeelding 2.3 geeft de intensiteiten van de oorspronkelijke herkomst bestemmingsrelaties van de RBV weer. De rode delen zijn de aanvullingen die gedaan zijn om te komen tot een etmaal vullend model. Om deze aanvulling ongeveer overeen te laten komen met het intensiteitsverloop op de 'Ruit van Rotterdam' is gebruik gemaakt van het intensiteitsverloop op de A20, welke is weergegeven met de blauwe lijn.

Afbeelding 2.2 Netwerk RBV regio Rotterdam



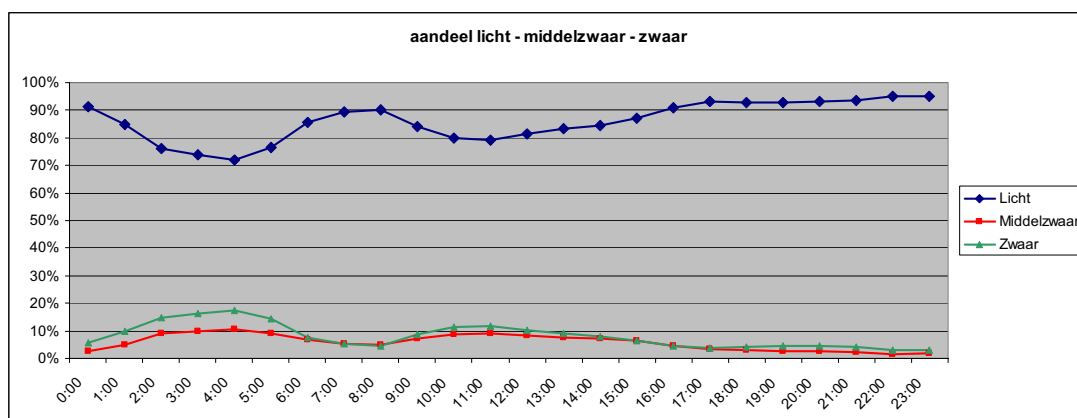
Bron: Bureau Onderweg, 2006

Afbeelding 2.3 Intensiteitsverloop RBV en A20



Binnen de luchtkwaliteitberekeningen wordt onderscheidt gemaakt naar licht, middelzwaar en zwaar verkeer. In de RBV wordt echter geen onderscheidt gemaakt naar verschillende voertuigcategorieën. Om te komen tot de uiteindelijke intensiteitgegevens onderverdeeld naar voertuigcategorie is nog een extra slag uitgevoerd met intensiteitsberekeningen afkomstig uit de RBV. Op basis van gegevens over de verkeerssamenstelling op de A20 ter hoogte van Spaanse Polder zijn de intensiteitsberekeningen uit de RBV verdeeld over de drie categorieën licht, middelzwaar en zwaar verkeer. De intensiteitsverdeling in voertuigcategorieën is weergegeven in afbeelding 2.4.

Afbeelding 2.4 Intensiteitsverloop licht, middelzwaar en zwaar verkeer



De output van de verkeersmodellering wordt gebruikt als input voor luchtkwaliteitsberekeningen, waarmee de uitstoot van de voertuigen bepaald worden.

2.5 Analyse luchtkwaliteit

Voor het onderzoek naar de effecten van de maatregelen wordt gebruik gemaakt worden van de modellen Pluim Snelweg en CARII. Pluim Snelweg is vrij beschikbaar en is voor rijkswegen een breed geaccepteerd en toegepast model. Er zijn ook geavanceerdere modellen beschikbaar (bijvoorbeeld ADMS-Urban) waarmee daadwerkelijk uur-voor-uur kan worden gemodelleerd. Voor deze fase van het onderzoek is van dergelijke modellen geen gebruik gemaakt. Voor de maatregelen met een lokaal routeadvies door binnenstedelijk gebied wordt CARII toegepast. Ook hier geldt dat omgevingsfactoren slechts op hoofdlijnen worden meegenomen en bij toepassing van een maatregel constant worden verondersteld.

Bij Pluim Snelweg kan bij de mate van doorstroming onderscheid wordt gemaakt naar congestie en normaal doorstromend verkeer. De mate van congestie kan worden afgeleid van de gemiddelde snelheden, zie tabel 2.1. De gemiddelde snelheid per kwartier volgt uit de analyse met de RBV.

Tabel 2.1 Grenswaarden congestie voor verschillende wegtypen en vrije snelheden

	vrije snelheid	grenswaarde congestie
snelwegen	80 - 120 km/u	50 km/u
verbindingsbogen	50 - 70 km/u	30 km/u
provinciale wegen	70 - 80 km/u	30 km/u
stedelijke wegen	25 - 50 km/u	20 km/u
toeritten en afritten	50 - 70 km/u	20 km/u

Bij CARII wordt onderscheid gemaakt naar normaal stadsverkeer en verkeer met een bepaald percentage stagnatie, afhankelijk van de hoeveelheid filevorming over de gehele dag. Op basis van verkeersparameters uit de RBV en literatuur over DVM-maatregelen, wordt per maatregel vastgesteld hoe homogeen de verkeersstroom is.

Als laatste stap worden met dispersie- of verspreidingsmodellen de concentraties op specifieke locaties bepaald. In de praktijk hebben weersomstandigheden zoals

wind, neerslag en temperatuurverschillen een sterke invloed op de verkeersafwikkeling als ook op de verspreiding van de emissies. Dit aspect is niet relevant voor het vaststellen van de effectiviteit van DVM-maatregelen in algemene zin en wordt dan ook niet meegenomen in dit onderzoek.

2.6 Leeswijzer

Hoofdstuk 3 beschrijft het kader en de achtergronden waarbinnen dit onderzoek plaatsvindt. Hierbinnen wordt een korte beschrijving gegeven van de huidige luchtkwaliteitsproblematiek in Nederland, specifiek rondom het hoofdwegennet waar de verkeersbijdrage PM_{10} relatief hoog is en tot piekbelastingen leidt. In hoofdstuk 4 wordt vervolgens ingegaan op de modelleringkant van het onderzoek. Binnen dit project wordt gewerkt met verschillende lucht- en verkeersmodellen. Elk model heeft bepaalde mogelijkheden en bepaalde beperkingen. In deze paragraaf wordt kort aandacht besteed aan enkele van die (on)mogelijkheden.

Centraal in dit onderzoek staan de zes DVM-maatregelen die gericht ingezet kunnen worden om de piekoverschrijding in de daggemiddelde grenswaarde PM_{10} af te vlakken. De verkeers- en luchtkwaliteiteffecten van de zes maatregelen worden besproken in de hoofdstukken 5 tot en met 10:

- hoofdstuk 5: regionaal routeadvies;
- hoofdstuk 6: lokaal routeadvies;
- hoofdstuk 7: lokale omleiding;
- hoofdstuk 8: toeritdosering;
- hoofdstuk 9: dosering hoofdrijbaan;
- hoofdstuk 10: (schoon) vrachtverkeer op busbaan.

In hoofdstuk 11 worden vervolgens de conclusies en aanbevelingen van het onderzoek beschreven. In dit hoofdstuk wordt enerzijds naar de effecten van de cases op de luchtkwaliteit gekeken, daarnaast wordt een koppeling gemaakt met het generieke model, wat beschreven is in hoofdstuk 3. Doormiddel van de koppeling naar het generieke model wordt beschreven in welke verkeerssituaties een maatregel tot een grote verbetering van de luchtkwaliteit kan leiden.

3. Kaders en achtergronden

3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de kaders waarbinnen de verkeerskundige en de milieukundige effecten worden bepaald. Tevens wordt enige relevante achtergrondinformatie verstrekt. Deze kaders en achtergronden zijn nodig om de verkeers- en milieueffecten op waarde te kunnen schatten.

In dit hoofdstuk wordt aandacht besteed aan:

- de Nederlandse luchtkwaliteitsproblematiek;
- de beïnvloeding van de luchtkwaliteit en de rol van dynamisch verkeersmanagement;
- de (on)mogelijkheden van een modelmatige benadering;
- het afwegingsmodel als hulpmiddel voor effectbenoeming.

3.2 De Nederlandse luchtkwaliteitsproblematiek

De kwaliteit van de lucht wordt beschreven aan de hand van de concentraties schadelijke stoffen in de lucht. Deze concentraties worden uitgedrukt in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en worden bepaald door de uitstoot van stoffen (emissie) en de verspreiding van deze stoffen door de lucht (overdracht). De uiteindelijke luchtkwaliteit is de som van verschillende bijdragen (verkeer, industrie). In de praktijk wordt onderscheid gemaakt tussen de achtergrondconcentratie en de lokale verhoging. De achtergrondconcentratie wordt uitgesplitst naar grensoverschrijdende achtergrond (emissiebronnen buiten Nederland), de nationale achtergrond (grootschalige industrie, binnenlands verkeer) en de stedelijke achtergrond (stedelijk verkeer, industrie, huishoudens).

De Europese Commissie heeft normen voor de luchtkwaliteit vastgesteld ter bescherming van de volksgezondheid. Luchtverontreiniging heeft namelijk vergaande gevolgen. Naar schatting overlijden alleen al in Nederland jaarlijks circa vijfduizend mensen vervroegd door luchtvervuiling in hun woon- en werkomgeving⁵. Sinds 1 januari 2005⁶ moet de luchtkwaliteit voldoen aan de grenswaarden voor fijn stof (PM_{10}) en vanaf 2010 moet worden voldaan aan de grenswaarden voor stikstofdioxide (NO_2)⁷.

Er zijn twee grenswaarden voor PM_{10} en twee grenswaarden voor NO_2 ⁸:

- een jaargemiddelde grenswaarde voor PM_{10} van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- een daggemiddelde grenswaarde voor PM_{10} , waarbij de daggemiddelde concentratie van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ niet vaker dan 35 keer mag worden overschreden;
- een jaargemiddelde grenswaarde voor NO_2 van $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- een uurgemiddelde grenswaarde voor NO_2 , waarbij de uurgemiddelde concentratie van $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ niet vaker dan 18 keer mag worden overschreden.

⁵ Milieubalans 2005, Milieu- en Natuurplanbureau, 2005.

⁶ In de nieuwe Richtlijn luchtkwaliteit voor Nederland moet in 2008 worden voldaan aan de grenswaarden voor PM_{10} (persbericht VROM d.d. 29 november 2007).

⁷ Besluit luchtkwaliteit van 11 juni 2001, Besluit luchtkwaliteit 2005 van 20 juni 2005.

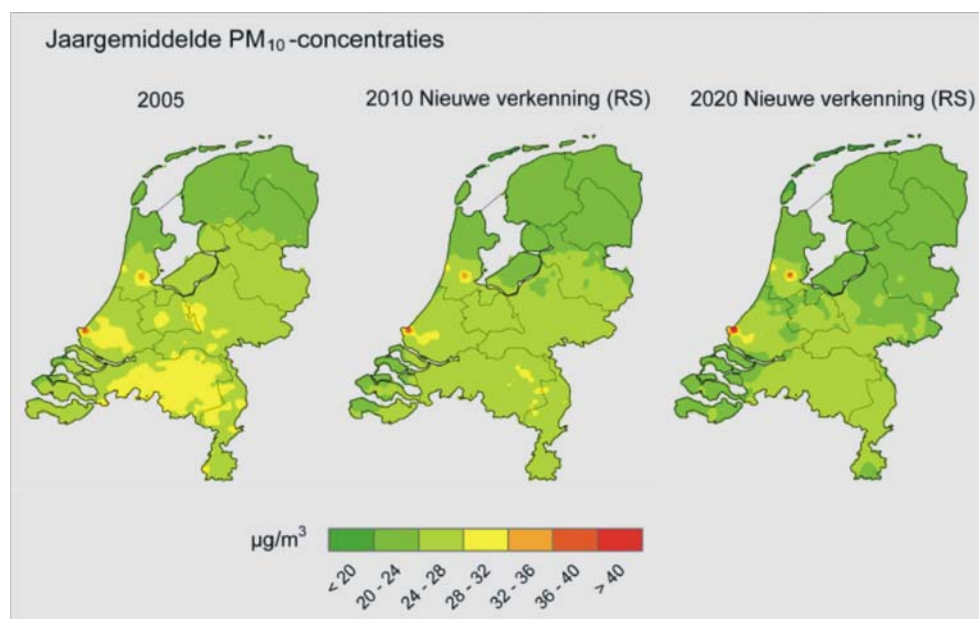
⁸ Wet Milieubeheer (luchtkwaliteitseisen) van 11 oktober 2007.

Het aantal keren dat de daggemiddelde grenswaarde van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wordt overschreden, wordt ingegeven door een verband dat is opgesplitst naar drie concentratie-intervallen. Globaal kan worden gezegd dat – rekening houdend met de toegestane zeezout aftrek - bij $32,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als jaargemiddelde nog juist wordt voldaan aan de toegestane 35 keer dat de daggemiddelde concentratie van $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mag worden overschreden.

De jaargemiddelde grenswaarde voor fijn stof (PM_{10}) worden voornamelijk in het westen en zuiden van het land overschreden (afbeelding 3.1). Dit komt omdat er een duidelijke relatie is tussen de jaargemiddelde concentratie PM_{10} en de woningdichtheid, verkeersintensiteiten en de aanwezigheid van (eventueel buitenlandse) industrie.

Daar waar de jaargemiddelde concentratie boven de $32,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ komt wordt over het algemeen ook de daggemiddelde grenswaarde overschreden. In afbeelding 3.1 is dit zichtbaar rondom de grote steden. De lokale overschrijdingen van de daggemiddelde grenswaarde langs snelwegen is overigens niet zichtbaar in deze afbeelding, omdat de concentraties langs wegen zijn uitgemiddeld over $5 \times 5 \text{ km}$.

Afbeelding 3.1 Jaargemiddelde concentratie PM_{10} , verkenningen voor de jaren 2010 en 2020 volgens het referentiescenario



bron: MNP, 2006

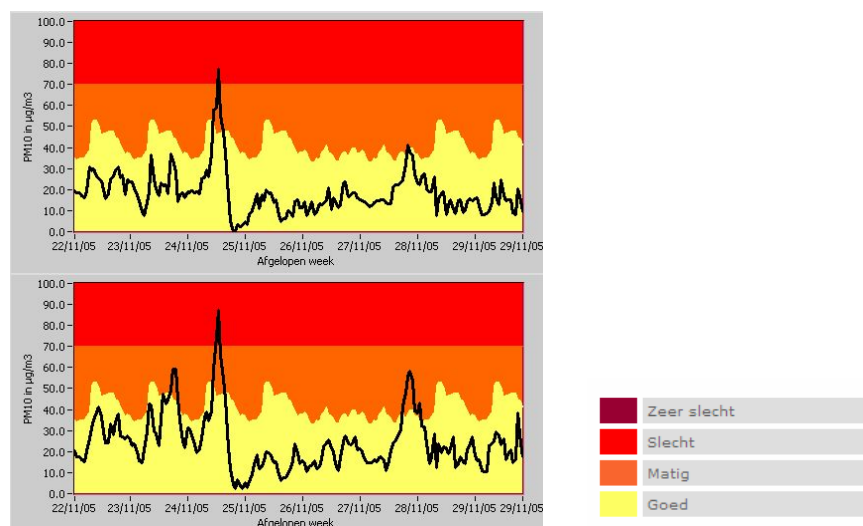
In het voorjaar van 2008 wordt de nieuwe Europese richtlijn voor luchtkwaliteit van kracht. Hierin zijn voor het eerst grens- en richtwaarden voor $\text{PM}_{2,5}$ opgenomen. De fractie $\text{PM}_{2,5}$ bevat vooral deeltjes die ontstaan door condensatie van verbrandingsproducten of door reactie van gasvormige luchtverontreiniging. De fractie fijn stof groter dan $\text{PM}_{2,5}$ bestaat vooral uit mechanisch gevormde deeltjes. De verhouding $\text{PM}_{2,5} / \text{PM}_{10}$ voor wegverkeer (personenauto's, bestelauto's, vrachtwagens, bussen) is $100 / 1$. Ontwikkelingen en maatregelen die effecten hebben op de emissies van PM_{10} werken dus ook door in de emissies van $\text{PM}_{2,5}$.

Dynamisch verkeersmanagement heeft dus vergelijkbare effecten op PM_{2,5} als op PM₁₀.⁹

3.2.1. Overschrijdingen op stedelijk niveau

Op stedelijk niveau blijken het aantal overschrijdingen en de omvang van de overschrijding van de daggemiddelde grenswaarde voor PM₁₀ sterk te kunnen verschillen. Sommige overschrijdingen zijn over een groot gebied verspreid, bijvoorbeeld als gevolg van weersomstandigheden, vuurwerk tijdens oud&nieuw of paasvuren, terwijl andere overschrijdingen zeer lokaal zijn, bijvoorbeeld langs een drukke weg. Tot op een schaal van enkele kilometers kunnen concentraties onderling behoorlijk verschillen. Dit is goed te zien in afbeelding 3.2. Deze afbeelding geeft de dagelijks gemeten achtergrondconcentraties in Schiedam en Rotterdam-Noord, onderlinge afstand 7 km, weer. De PM₁₀-concentratie van 50 µg/m³ wordt de ene dag wel en de andere dag niet overschreden. Zoals ook in afbeelding 3.2 te zien is betekent een overschrijding van 50 µg/m³ nog niet direct dat de daggemiddelde concentratie boven de 50 µg/m³ komt.

Afbeelding 3.2 PM₁₀-concentraties gemeten door achtergrondmeetstations in Schiedam (boven) en Rotterdam-Noord (beneden)



Zeer slecht

Uurgemiddelde meetwaarden in de klasse "zeer slecht" komen normaal gesproken niet voor. Bij hoge uitzondering zoals grote incidenten of aanhoudende uitzonderlijke weersomstandigheden kan er af en toe een zeer slecht uur zijn.

Slecht

Een uurgemiddelde meetwaarde kan af en toe "slecht" zijn zonder dat dat zorgelijk is als de meetwaarden weer snel dalen. Slechte concentraties die uren achtereen aanhouden duiden op sterke luchtverontreiniging. Dit kan bij incidenten of extreem weer gebeuren.

Matig

De uurgemiddelde meetwaarden zullen vaak "matig" zijn. Op de meetpunten in de Rijnmond komt dit veel voor: de meetpunten staan niet op de schoonste plaatsen. Als de meetwaarden permanent "matig" zijn zullen de normen voor het jaargemiddelde worden overschreden. De luchtkwaliteit op een "matig" uur is dan weliswaar niet zorgelijk op de korte termijn maar op de lange termijn zal er sprake zijn van een te hoge luchtvervuiling.

Goed

De meetwaarde op dit uur is beter dan verwacht. Als de concentraties voornamelijk in het gebied "goed" schommelen zal ook aan de normen voor de jaargemiddelde meetwaarden voldaan kunnen worden.

bron: website DCMR, 2005

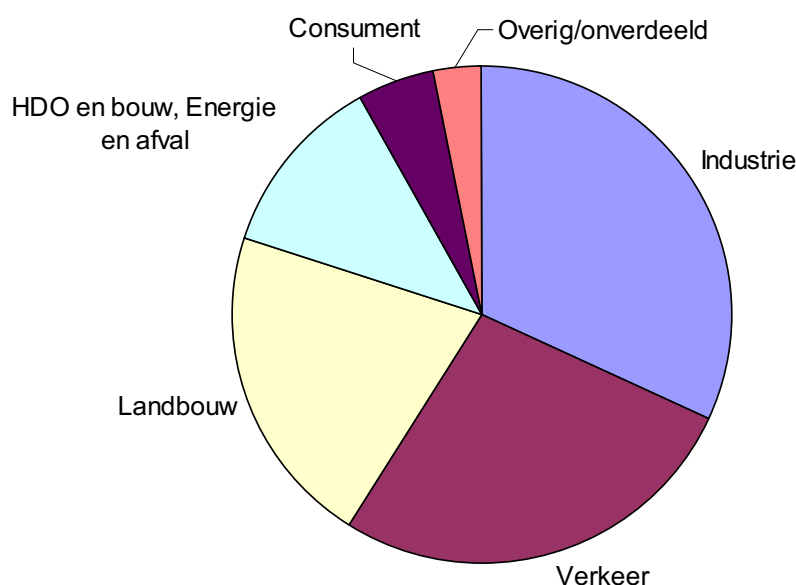
9 Concentratiekaarten voor grootschalige luchtverontreiniging in Nederland, Rapportage 2008, Milieu en Natuurplanbureau 2008.

Op basis van het verband tussen de jaargemiddelde concentratie PM₁₀ en het aantal overschrijdingsdagen van de grenswaarde van 50 µg/m³ blijkt dat een concentratieverschil van 0,217 µg/m³ jaargemiddeld leidt tot een verschil van één overschrijdingsdag.

3.2.2. Verkeersbijdrage

Circa 55 % van de gemiddelde fijn stof concentratie in Nederland heeft een natuurlijke herkomst, zoals bijdragen van zeezout en bodemstof. De overige 45 % van het fijn stof in Nederland heeft een antropogene (door mensen teweeggebracht) herkomst, waarvan zo'n tweederde uit het buitenland afkomstig is. Afbeelding 3.3 toont de herkomst van het Nederlandse antropogene fijn stof. Te zien is dat verkeer een significant aandeel (circa 25 %) in de PM₁₀ problematiek heeft.

Afbeelding 3.3 Herkomst van het Nederlandse antropogene PM₁₀



Bron: website RIVM, 2007

Kenmerkend voor verkeer is dat deze sterk lokaal van aard is. Over de tijd is er daarnaast een grote variatie in het emissiegedrag waarneembaar. De pieken treden op tijdens de ochtend- en avondspitsperiodes. Hierdoor kunnen tijdelijk en lokaal de kwaliteitsnormen worden overschreden. Op veel plaatsen in Nederland nabij (snel)wegen treden dan ook regelmatig overschrijdingen van de grenswaarden voor PM₁₀ op, waarbij het aandeel van verkeer in de PM₁₀ concentratie lokaal enkele tientallen procenten kan bedragen.

3.3 Beïnvloeding van de luchtkwaliteit en de rol van dynamisch verkeersmanagement

Luchtkwaliteitknelpunten doen zich met name voor op plekken waar de toch al hoge achtergrondconcentratie wordt verhoogd met een extra bijdrage door lokale verkeersemisies. Zeer lokaal (op afstanden van tientallen meters) zorgen drukke wegen voor een min of meer permanente plaatselijke verhoging in de concentratie.

De verkeersbijdrage is afhankelijk van de hoeveelheid aanwezig verkeer (verkeersintensiteiten) en de voertuigemissie van de individuele voertuigen.

Het verkeersvolume wordt op landelijk niveau onder andere beïnvloed door de economische situatie, de bevolkingsomvang, wegenbelasting en brandstofaccijnzen. Op lokaal niveau hebben vooral de wegcapaciteit, het aantal verschillende routes en de aanwezigheid van andere vervoersmodaliteiten invloed op de hoeveelheid auto's die zich op een weg bevinden.

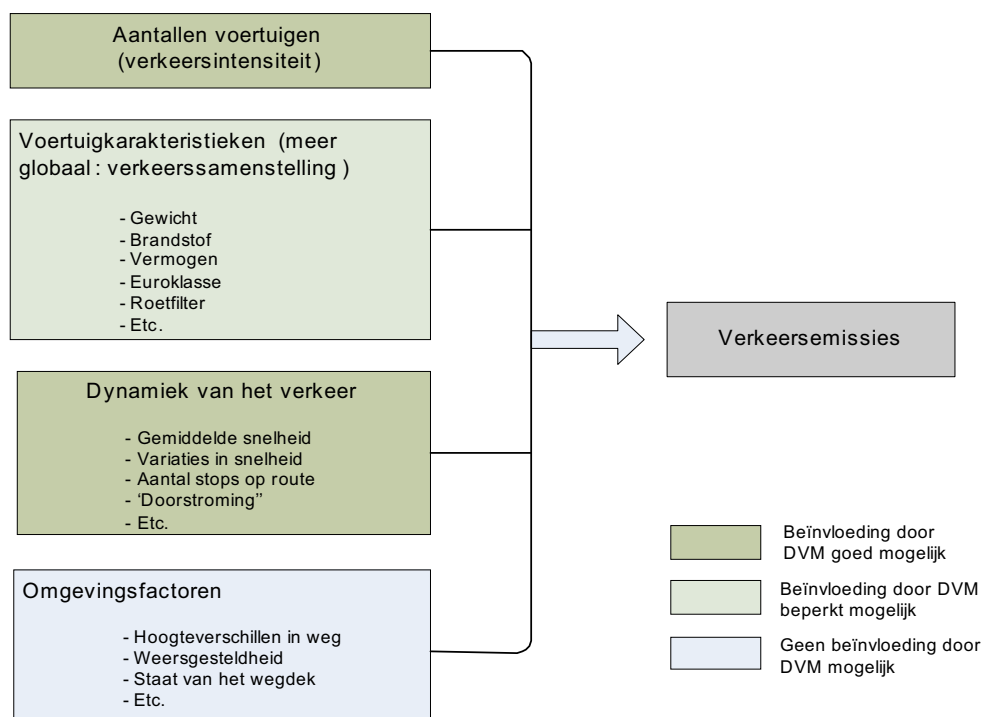
De emissie van een voertuig wordt beïnvloed door de techniek van het voertuig en de kenmerken van de rit. Afhankelijk van het type voertuig (personenauto, bestelauto of vrachtwagen), de brandstofsoort (benzine, diesel of LPG), het gewicht, de leeftijd en de soort katalysator, krijgt een voertuig een bepaalde emissiefactor. Deze emissiefactor wordt ook beïnvloed door ritkenmerken als snelheid, acceleratie en doorstroming. Deze kenmerken worden deels bepaald door de persoonlijke rijstijl van de automobilist en deels ook door de inrichting van het wegvak.

3.3.1. Beïnvloeding luchtkwaliteit

De factoren die van invloed zijn op de uitstoot van vervuilende stoffen in de lucht, zijn te verdelen in vier categorieën:

- verkeersintensiteiten;
- voertuigkarakteristieken;
- dynamiek van het verkeer;
- omgevingsfactoren.

Afbeelding 3.4 Factoren van invloed op verkeersemissies en mogelijke inzet van DVM



Afbeelding 3.4 geeft deze categorieën schematisch weer. Tevens geeft de afbeelding aan welke factoren beïnvloed kunnen worden door maatregelen op het vlak van dynamisch verkeersmanagement. In de rest van deze paragraaf worden

deze categorieën nader toegelicht. Overigens moet worden opgemerkt dat dynamisch verkeersmanagement geen invloed heeft op de verspreiding van de vuile stoffen door de lucht (dispersie). Nadat het fijne stof is uitgestoten, verspreidt het zich door de lucht. De mate van verspreiding hangt sterk af van de weersomstandigheden (neerslag, wind) en de ruwheid van de omgeving (bomen langs de weg, stedelijke omgeving).

Verkeersintensiteiten

Verschillende DVM-maatregelen kunnen leiden tot een verandering van de verkeersintensiteit. Wanneer een reductie van de verkeersemissies nagestreefd wordt, ligt het voor de hand om aan maatregelen te denken die het aantal voertuigen per uur verminderen. Te denken valt hierbij bijvoorbeeld aan het afkruisen van rijstroken, het beperken van de instroom op een autosnelweg middels toeritdosering of het instellen van omleidingroutes zodat een bepaalde weg ontlast kan worden. Het is echter ook mogelijk om met behulp van DVM-maatregelen de capaciteit van een wegvak juist te vergroten, bijvoorbeeld door het (tijdelijk) toestaan van verkeer op de vluchtstrook, waardoor deze als spitsstrook fungeert.

Voertuigkarakteristieken

De voertuigkarakteristieken van het verkeer op een bepaalde weg zijn slechts in beperkte mate door DVM-maatregelen beïnvloedbaar. Te denken valt hierbij aan een (tijdelijke) gesloten verklaring voor bijvoorbeeld zware of vervuilende voertuigen, waardoor de samenstelling van het verkeer op een weg verandert. De karakteristieken van een voertuig zelf zullen echter niet veranderen door toepassing van DVM-maatregelen. Er kan hooguit een stimulans uitgaan naar schonere voertuigen.

Dynamiek van het verkeer

Onderzoek wijst uit dat de dynamiek van het verkeer een belangrijke factor is bij het ontstaan van luchtvervuiling in stedelijke omgeving. DVM-maatregelen richten zich vaak op het homogeniseren van verkeersstromen, waardoor niet alleen de doorstroming, maar ook de luchtkwaliteit kan verbeteren.

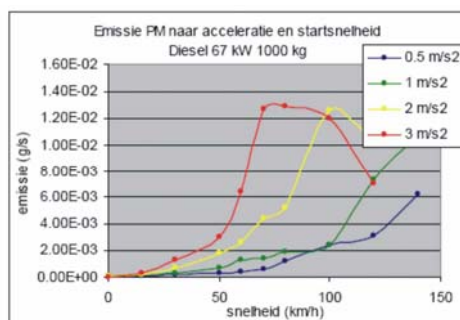
Afbeelding 3.5 toont de invloed van de individuele voertuigdynamiek op de emissie van PM₁₀ voor een licht dieselloot. Te zien is dat de uitstoot van fijn stof in grote mate beïnvloed wordt door de mate van acceleratie (optrekken en afremmen). Wanneer de verkeersstroom homogener wordt, zal het aantal optrekkende en afremmende bewegingen afnemen en verwacht mag worden dat hierdoor ook de uitstoot van fijn stof per voertuig afneemt.

In bijlage I is een tabel weergegeven met de voor dit onderzoek gehanteerde emissiefactoren voor Nederlandse snelwegen¹⁰ en binnenstedelijke wegen voor het jaartal 2010¹¹.

¹⁰ TNO, Algemene PM₁₀, NO_x en NO₂ Emissiefactoren voor Nederlandse Snelwegen, 5 december 2006.

¹¹ TNO, Handleiding CARII versie 6.1., juli 2007.

Afbeelding 3.5 Emissie PM naar acceleratie en startsnelheid



Bron: Drewes, Witteveen+Bos en Universiteit Twente, 2006

3.3.2. Inzet DVM-maatregelen

Het inzetten van DVM voor luchtkwaliteit kan met verschillende ambitieniveaus plaatsvinden:

- allereerst kunnen DVM-maatregelen op de gebruikelijke manier worden ingezet om de doorstroming te bevorderen, waarbij de emissievermindering een neveneffect is;
- een volgende stap is het gebruik van DVM op vergelijkbare wijze als voor doorstromingsdoelen maar met emissievermindering als primair doel. In dat geval worden nog steeds zowel doorstromings- als luchtkwaliteitswinsten behaald, maar is het uitgangspunt verschillend;
- een derde mogelijkheid is het DVM-instrumentarium te gebruiken voor emissievermindering, zonder dat doorstroming een neven doel is. In dat geval wordt slechts gebruik gemaakt van de omstandigheid dat DVM mogelijkheden biedt voor dynamisch ingrijpen in het verkeer. Wanneer in zo'n geval negatieve doorstromingseffecten optreden, kan dat aanvaardbaar zijn als de omvang van het knelpunt het noodzakelijk maakt en de prioritering van luchtkwaliteit boven doorstroming helder is vastgelegd.

Deze drie ambitieniveaus zijn meegenomen bij het opstellen van het afwegingsmodel. Met het afwegingsmodel kan de haalbaarheid en wenselijkheid van de DVM-maatregelen, om lokaal een verwachte overschrijding van de daggemiddelde concentratie PM_{10} te voorkomen, worden vastgesteld. De classificatie van de zes DVM-maatregelen is weergegeven in tabel 3.1.

Tabel 3.1 Classificatie van de voorgestelde DVM-maatregelen

	DVM-maatregel
beïnvloeding verkeersintensiteiten	regionaal routeadvies
	lokaal routeadvies
	lokale omleiding
beïnvloeding verkeersdynamiek	toeritdosering
	dosering hoofdrijbaan
	(schoon) vrachtverkeer op busbaan

Door het tijdelijke en lokale karakter van DVM-maatregelen is het mogelijk om maatregelen te nemen die sterker ingrijpen op de verkeersafwikkeling dan met statische verkeersmaatregelen. Wanneer maatregelen alleen worden ingezet als het nodig is, bij een verwachte overschrijding van de grenswaarde voor de daggemiddeldeconcentratie PM_{10} , worden eventuele negatieve neveneffecten op de

doorstroming of de bereikbaarheid eerder geaccepteerd. Er is dan meer draagvlak voor de maatregelen.

4. Modelling

Binnen dit project wordt gewerkt met verschillende lucht- en verkeersmodellen. Elk model heeft bepaalde mogelijkheden en bepaalde beperkingen. In dit hoofdstuk wordt kort aandacht besteed aan enkele van die (on)mogelijkheden.

4.1 Macroscopisch versus microscopisch verkeersmodel

Macroscopische berekeningen leveren geen informatie op over de individuele voertuigdynamiek, aangezien de verkeersstroom - beschreven in macroscopische parameters - nauwelijks wijzigt. Desalniettemin kunnen maatregelen die de doorstroming van het verkeer bevorderen wel degelijk effect hebben op de emissie. Het is goed mogelijk dat twee verschillende verkeersstromen zich in macroscopische termen hetzelfde laten beschrijven, terwijl de dynamiek van de voertuigen wezenlijk verschilt. Deze situatie treedt bijvoorbeeld op wanneer twee verkeersstromen met eenzelfde etmaalintensiteit en met eenzelfde percentage voertuigen in congestie (snelheid lager dan 50 km/h) vergeleken worden. Wanneer in de ene stroom de voertuigen in congestie een redelijk constante snelheid hebben, terwijl in de andere verkeersstroom de voertuigen in congestie veel optrekkende en afremmende bewegingen vertonen, zal het resultaat zijn dat vanwege de betere doorstroming in de eerste stroom de verkeersemissies minder zijn dan in het tweede geval.

Individueel voertuiggedrag kan wel gemodelleerd worden met zogenoemde microscopische verkeersmodellen. Het modelleren van dit individuele voertuiggedrag binnen een verkeersmodel (zgn. microscopische verkeerssimulatie) vergt echter veel rekenkracht. Om het individuele voertuiggedrag om te zetten in individuele bijdragen van de voertuigen aan de totale verkeersemissie, zou van ieder voertuig een adequate beschrijving van het emissiegedrag van het betreffende voertuig benodigd zijn. Ook deze stap vergt veel rekenkracht. Daar komt nog bij dat er niet voor ieder voertuig een beschrijving van het emissiegedrag als functie van onder meer snelheid en acceleratie beschikbaar.

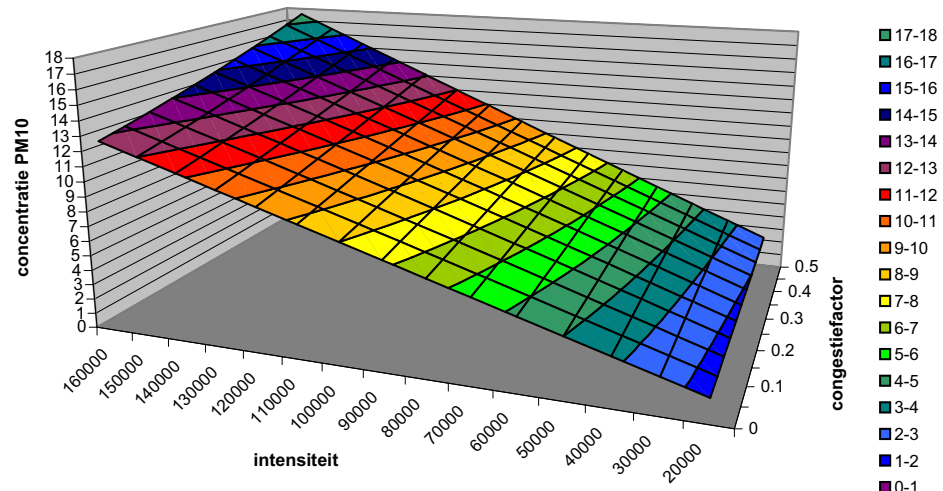
Omdat bij grotere netwerken gedetailleerde simulatieberekeningen praktisch niet haalbaar zijn, wordt daarom meestal gekozen voor zgn. macroscopische verkeersmodellering. Hierbij wordt de verkeersstroom beschreven in termen van gemiddelde snelheden, dichtheden en verkeersintensiteiten. De uitkomsten uit het verkeersmodel dienen als input voor het verkeersemissiemodel (luchtmodel), dat vervolgens het verloop van de concentratie PM_{10} als functie van de afstand tot de weg berekent. In dit rapport is van macroscopische emissiemodellering gebruik gemaakt om de effecten van DVM-maatregelen (waarbij bijvoorbeeld de verkeersstroom gehomogeniseerd wordt) op de concentratie van PM_{10} te bepalen. De invloed van de voertuigdynamiek op de luchtkwaliteit wordt in dit onderzoek dus niet onderzocht.

4.2 Generieke modellering luchtkwaliteit

Om een eerste indruk te krijgen van de effecten van DVM-maatregelen op de luchtkwaliteit is een generiek model gemaakt waarin de verkeersintensiteiten en de mate van congestie kunnen worden gevarieerd. Het model geeft resultaten voor een standaard wegvak van 2x2 en gemodelleerd vanaf de weg. Dat wil zeggen dat bij een wegbreedte van 20 m de toetsingsafstand voor PM_{10} op 15 meter vanaf de weg ligt (20 gedeeld door 2 plus 5).

In afbeelding 4.1 is het generieke model weergegeven. De grafiek geeft het verloop van de concentratiebijdrage in PM_{10} $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ten opzichte van de intensiteit en congestie. Dit verloop is specifiek voor een gegeven snelheid en een verhouding personenauto's/vrachtauto's. Per concentratieband is een andere kleur gehanteerd.

Afbeelding 4.1 Generiek luchtmodel DVM-maatregelen



Gegevens van de weg	
intensiteit	100000
congestie	0.25
snelheid	120
verhouding	80/10/10
afstand tot wegas	15
PM10 concentratie	5.57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Voor snelheid, verhouding licht-, middelzwaar en zwaar verkeer en de afstand tot wegas kan een waarde uit een lijst (pull down) gekozen worden. Hiermee wordt de grafiek aangepast voor de hierbij berekende concentraties. De intensiteit en congestie kunnen met behulp van een schuifbalk aangepast worden. Vervolgens wordt de bijbehorende concentratie op een punt in het vlak berekend. Het resultaat hiervan is weergegeven als de berekende jaargemiddelde PM_{10} concentratie (in onderhavige situatie de rode band 5,57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Het spreadsheet is gebaseerd op berekeningen met Pluim Snelweg, versie 1.2. Hierbij zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- achtergrond PM_{10} = 27.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- dwarsprofielberekening, oriëntatie noordwest - zuidoost;
- emissiefactoren 2010;
- meteo schiphol '95 - '99;

-
- berekende intensiteiten tussen 40000 en 120000 voertuigen per etmaal¹².

Ter illustratie een voorbeeld weg met een verkeersintensiteit van 100.000 vtg/etmaal, een congestiefactor van 0,25, een snelheid van 120 km/u en een verkeerssamenstelling van 80-10-10. Op deze weg kan een afname van de bijdrage PM₁₀, gemeten op 5 m van de wegas, behaald worden door of de intensiteit te verlagen of de congestie te verminderen. Een afname van de concentratie PM₁₀ van 1 µg/m³ wordt bij deze verkeerscondities bereikt bij een daling van de intensiteit met 10.800 vtg/etmaal, een afname van de congestiefactor met 0,17 of een combinatie van beide. Oftewel er is een aanzienlijke verandering van de verkeerssituatie nodig om een redelijke veranderingen in de concentratie PM₁₀ te bereiken. In bijlage II is een uitgebreid rekenvoorbeeld opgenomen wat laat zien welk effect de afname van de intensiteit en de congestie op de concentratie PM10 heeft.

4.3 Modellering voorgestelde DVM-maatregelen

Op 15 november 2007 is de 'Wet luchtkwaliteit' in werking getreden, ter vervanging van het Besluit luchtkwaliteit 2005 en de bijbehorende Regelingen. De wet bevat basisverplichtingen op grond van de EU richtlijnen¹³, te weten: plannen, maatregelen, het beoordelen van luchtkwaliteit, verslaglegging en rapportage. De 'Wet luchtkwaliteit' is geen separate wet, maar een onderdeel (titel 5.2) van de Wet milieubeheer en vormt het kader voor de nieuwe regels op het gebied van luchtkwaliteit.

Voor de voorgestelde DVM-maatregelen zijn dwarsprofiel berekeningen uitgevoerd voor het vaststellen van de PM₁₀ concentraties conform de Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007. De berekeningen zijn uitgevoerd met het model Pluim Snelweg (versie 1.2, 2007), overeenkomstig standaardrekenmethode 2 uit deze Regeling. De berekeningen zijn uitgevoerd voor het jaar 2010.

De voor de berekening gebruikte gegevens en gehanteerde uitgangspunten zijn:

- ligging van de wegvakken uit het NWB, waarbij in voorkomende gevallen tevens de op- en afritten zijn gemodelleerd;
- verkeersgegevens zoals afkomstig uit de Regionale BenuttingsVerkenner (RBV):
- etmaalintensiteiten;
- mate van congestie (indien de kwartier gemiddelde snelheden onder de 50 km/u liggen is sprake van congestie);
- verdeling van het verkeer (licht, middelzwaar en zwaar) afkomstig uit MTR+ data van Rijkswaterstaat;
- breedte van de weg ter hoogte van het dwarsprofiel (google earth);
- alle wegen op maaiveld;
- ruwheidsklasse 3;
- geen schermen.

De berekening van de effecten van lokaal routeadvies is uitgevoerd met het CARII model¹⁴.

¹² De weergegeven intensiteit lopen van 20.000 tot 160.000. Echter buiten de 40.000 tot 120.000 voertuigen kunnen de afwijkingen groter worden.

¹³ Richtlijnen nummers 85/337/EG, 96/62/EG, 1999/30/EG, 2000/69/EG, 2002/3/EG, 2003/35/EG en 2004/107/EG.

¹⁴ Het CARII-model is conform de Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007 het model dat geschikt is voor de berekening van de luchtkwaliteit in/langs (stedelijke) straten (standaardrekenmethode 1).

4.4 De afwegingsmatrix

Om de resultaten van de effectberekeningen van de zes cases slim en bruikbaar te presenteren, wordt gebruik gemaakt van een afwegingsmatrix. In deze afwegingsmatrix wordt op gestructureerde wijze inzicht gegeven in het oplossend vermogen van de verschillende DVM-maatregelen. Met behulp van deze matrix en het hierboven beschreven generieke model kan worden beoordeeld welke DVM-maatregel ingezet kan worden om een bepaald luchtkwaliteitsknelpunt aan te kunnen pakken. De afwegingsmatrix geeft daartoe per maatregel aan in welke mate de concentratie PM_{10} kan worden gereduceerd.

Een lege versie van het afwegingsmodel is weergegeven in tabel 4.1. Op de X-as staan de verschillende maatregelen inclusief hun varianten. Op de Y-as is de haalbaar gebleken reductie in $\mu g/m^3$ en het aantal overschrijdingsdagen weergegeven voor de 12 cases. Voor elk van de cases wordt aangegeven welke afname kan worden bereikt bij de geldende verkeerscondities op de betreffende case locatie.

Tabel 4.1 Lege versie afwegingsmodel effecten cases DVM-maatregelen

haalbare reductie	regionaal routeadvies			lokaal routeadvies				lokale omleiding	toerit- dosering	dosering hoofdrij- baan	(schoon) vrachtverke- er op busbaan	
Case nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	V1: 1,5%	V2: 3%	V3: 6%	V4	V1	V2	V3				V1	V2
µg/m ³												
0,0												
0,1												
0,2												
0,3												
0,4												
# dagen												
0												
1												
2												
3												
4												

5. Regionaal routeadvies

5.1 Case beschrijving

5.1.1. Doel van de maatregel

Het doel van de maatregel regionaal routeadvies is het aandeel verkeer ter hoogte van een luchtknelpunt te verminderen en de doorstroming ter hoogte van een knelpunt te verbeteren. Door rerouting wordt beïnvloed langs welke weg het verkeer zich beweegt. De maatregel is toepasbaar op een traject waar het verkeer twee gelijkwaardige alternatieven heeft. Op basis van de luchtkwaliteit en de files wordt het verkeer geadviseerd een bepaalde route te nemen, zodat het luchtknelpunt wordt ontlast.

Rerouting wordt als middel voor het bevorderen van de doorstroming en de verkeersveiligheid, zowel dynamisch als statisch, op grote schaal toegepast. Op het hoofdwegennet zijn dynamische bewegwijzering en dynamische route informatie veel gebruikte technieken om de files te ontlasten door een betere verdeling van het verkeer over het netwerk. Zoals de DRIPs (Dynamische Route Informatie Panelen) die op de rijkswegen en in toenemende mate op het onderliggend wegennet de weggebruikers informeren over files en reistijden over de verschillende (alternatieve) routes.

Bij de maatregel regionaal routeadvies wordt een vrijblijvend advies gegeven over de te nemen route. Het verkeer heeft altijd zelf de mogelijkheid om een route naar keuze te nemen. Rerouting op regionale schaal kan namelijk technisch en organisatorisch gezien moeilijk dwingend uitgevoerd worden. Omdat te veel verkeer een bestemming heeft langs de route waarop zich het luchtknelpunt bevindt.



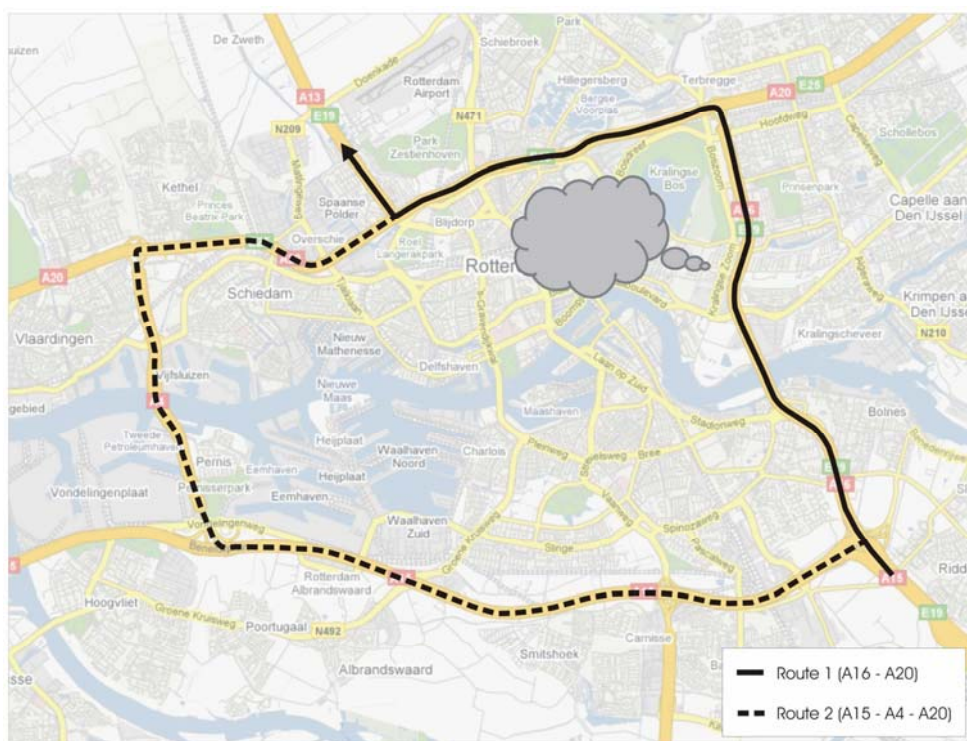
5.1.2. Case locatie

De veranderingen in de luchtkwaliteit door het geven van een Regionaal routeadvies zijn bestudeerd op basis van het traject tussen het knooppunt Ridderkerk en het knooppunt Kleinpolderplein. Wanneer de luchtkwaliteit op route 1, via de Van Brienenoordbrug (A16 - A20), verslechtert en de PM_{10} -dagwaarde over de grens dreigt te gaan wordt een routeadvies gegeven via de Beneluxtunnel (route 2: A15 - A4 - A20). De route via de Beneluxtunnel is 9 km langer dan de route van de Van Brienenoordbrug. In tijd duurt deze route ongeveer 5 minuten langer indien er sprake is van een vrije reistijd.

Van het verkeer dat op de A16 in de richting van Rotterdam rijdt ter hoogte van Ridderkerk heeft 30 % een bestemming via knooppunt Kleinpolderplein. Tijdens de spitsuren maakt 20 % van dit verkeer gebruik van route 2 via de Beneluxtunnel en 80 % van route 1 via de Van Brienenoordbrug. Deze verdeling is gebaseerd op de huidige situatie waarbij het verkeer via een DRIP wordt geïnformeerd over files op de Ring van Rotterdam.

De intensiteiten op de A16 ter hoogte van het knooppunt Ridderkerk bedragen op een doordeweekse dag circa 138.000 vtg/etmaal. Op route 1, via de Van Brienenoordbrug, liggen de intensiteiten tussen de 33.000 en 109.000 vtg/etmaal, met een gemiddelde van 69.000 vtg/etmaal. En op route 2, via de Beneluxtunnel, liggen de intensiteiten tussen de 20.000 en 88.000 vtg/etmaal met een gemiddelde van 55.000 vtg/etmaal. Dit geldt voor de situatie waarbij het verkeer niet wordt geïnformeerd over de verkeerssituatie op de twee routes. Op een zaterdag liggen de intensiteiten een stuk lager rond de 70.000 vtg/etmaal.

Afbeelding 5.1 Schematisering maatregel regionaal routeadvies



5.1.3. Uitvoeringsscenario's

De maatregel regionaal routeadvies ten behoeve van de luchtkwaliteit kan bij verschillende verkeersomstandigheden worden toegepast. De toepassing van de maatregel is onder te verdelen in situaties, met verschillende effecten:

1. doorstroming bevorderen door files te verminderen (huidige inzet DRIPs);
2. intensiteiten sturen op basis van een luchtknelpunt op momenten dat er nog geen doorstromingsproblemen zijn;
3. intensiteiten sturen op basis van een luchtknelpunt terwijl er al doorstromingsproblemen aanwezig zijn op de adviesroute.

Verwacht wordt dat door het vrijblijvende karakter van de maatregel zo goed als niemand het advies zal opvolgen om de alternatieve route te nemen, als zich op deze route meer file bevindt dan op de oorspronkelijke route. De hierboven genoemde situatie 3 wordt daardoor als niet haalbaar gekenmerkt, en zal niet meegenomen worden in de verdere analyses.

Bij het toepassen van de maatregel in de werkelijkheid zal een wisseling plaatsvinden tussen een advies op basis van doorstroming en een advies op basis

van luchtkwaliteit. Het geven van een advies ter verbetering van de doorstroming zal worden toegepast in de spitsperioden. Een advies waarbij gestuurd wordt op basis van een luchtknelpunt zal gegeven worden buiten de spitsperioden.

Voor de berekening van de effecten van regionaal routeadvies zijn twee uitvoeringsscenario's doorgerekend:

1. geen congestie op de Ruit van Rotterdam: sturen van de verkeersstromen waardoor de intensiteiten de twee routes veranderen door het gegeven routeadvies;
2. congestie op de Ruit van Rotterdam: sturen op het verbeteren van de doorstroming op de gehele ruit door het geven van file informatie.

5.2 Verkeerskundige analyse

Voor de berekening van de effecten van regionaal routeadvies is gebruik gemaakt van de Regionale BenuttingsVerkenner (RBV). In de verkeerskundige analyse zijn de effecten van de twee uitvoeringsscenario's, met 4 varianten, berekend. Voor een geheel etmaal is bekeken wat de effecten zijn van regionaal routeadvies indien er geen congestie is op de Ruit van Rotterdam (1) en als er wel congestie is (2).

5.2.1. Uitvoeringsscenario 1 geen congestie op de Ruit van Rotterdam

Bij dit scenario is er op de gehele Ruit van Rotterdam geen congestie. Ook als gevolg van het routeadvies en dus het extra verkeer op de adviesroute ontstaat geen congestie. Voor dit scenario zijn drie varianten doorgerekend:

- V1: 5 % van het verkeer met bestemming Kleinpolderplein volgt het routeadvies op, dit is 1,5 % van het verkeer op de A16 ter hoogte van de DRIP;
- V2: 10 % van het verkeer met bestemming Kleinpolderplein volgt het routeadvies op, dit is 3 % van het verkeer op de A16 ter hoogte van de DRIP;
- V3: 20 % van het verkeer met bestemming Kleinpolderplein volgt het routeadvies op, dit is 6 % van het verkeer op de A16 ter hoogte van de DRIP.

De adviesroute, die wordt getoond op de DRIP, is de route via de Beneluxtunnel in plaats van de route via de Van Brienenoordbrug. Op route 2 via de Beneluxtunnel (A15 - A4 - A20) zijn de intensiteiten opgehoogd met respectievelijk 950, 1.900 en 3.800 vtg/etmaal voor de drie opvolgingsniveau's. De intensiteiten op route 1 via de Van Brienenoordbrug zijn in relatie daarmee verlaagd met respectievelijk 950, 1.900 en 3.800 vtg/etmaal.

Voor een plausibele bepaling van de intensiteiten in situaties dat er geen congestie ontstaat op de Ruit van Rotterdam is gebruik gemaakt van de modelresultaten van een zaterdag. Gedurende het gehele etmaal liggen de snelheden op (bijna) geen van de wegvakken op de Ruit van Rotterdam onder de 50 km/u. Voor die wegvakken waar enkele kwartieren congestie ontstaat is aangenomen dat dit geen invloed heeft op de intensiteiten en de verkeersstromen over de Ruit van Rotterdam.

5.2.2. Uitvoeringsscenario 2 congestie op de Ruit van Rotterdam

Bij dit scenario wordt het verkeer gestuurd op basis van informatie over de filelengtes op de Ruit van Rotterdam. Als er veel file staat op de route via de Van Brienenoordbrug zal meer verkeer de route via de Beneluxtunnel nemen.

Uit de evaluatiestudie van de DRIPs aan de noordzijde van de Ruit van Rotterdam¹⁵ is gebleken dat het geven van informatie over files en reistijden bij kan dragen aan de afname van de congestie op de Ruit. De studie heeft onder andere de effecten van de DRIP op de A13, die informeert over de files op de route richting Ridderkerk via de Van Brienenoordbrug en de Beneluxtunnel, geëvalueerd. De studie concludeert dat door het plaatsen van de DRIP de filezwaarte met 5 - 10 % afneemt en de totale filelengte daalt met 5 - 7 km.

In de huidige situatie in de Regionale BenuttingsVerkenner is de verkeerssituatie waarbij DRIPs op en rondom de Ruit van Rotterdam aanwezig zijn. Het model gaat er vanuit dat de weggebruikers gemiddeld geïnformeerd zijn over de verkeerssituatie. Dit houdt in dat ze wel enige kennis hebben over de reistijden (via de DRIPs) maar dat er nog wel mate van onzekerheid heerst. In de situatie zonder DRIPs hebben de weggebruikers weinig kennis over de verkeerssituatie. De parameters met betrekking tot de mate van geïnformeerdheid van de weggebruikers over de verkeerssituatie zijn dusdanig aangepast dat de filezwaarte op de Ruit bij de situatie zonder DRIP tussen de 5 % en 10 % lager ligt dan in de situatie met DRIP.

Resultaten

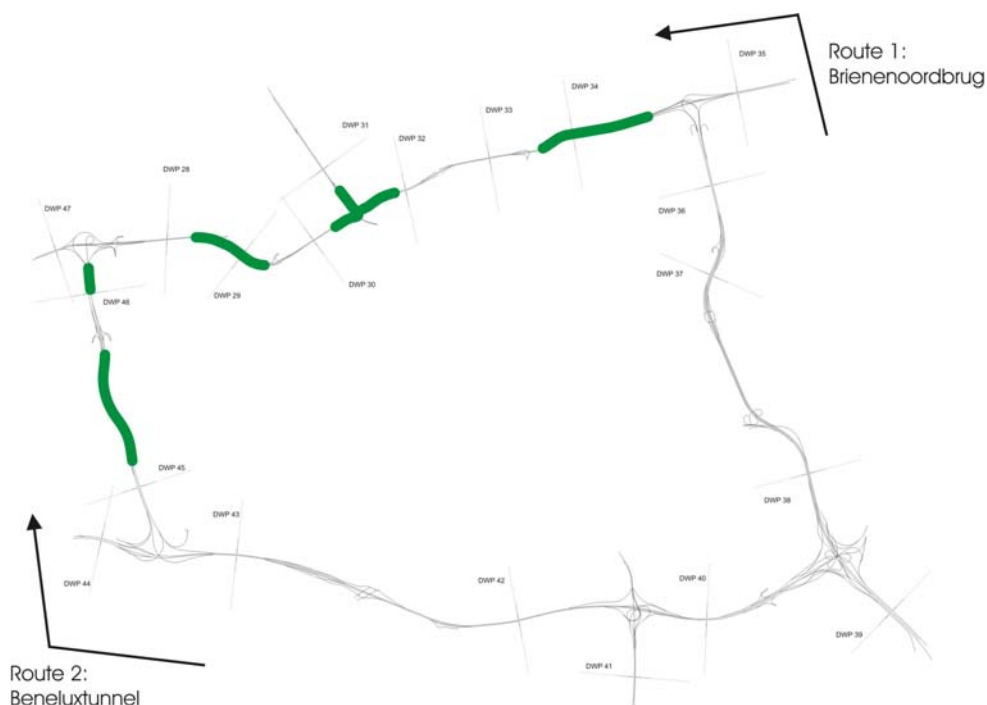
De parameters in het model zijn dusdanig aangepast dat als gevolg van het tonen van de filelengtes op de DRIP de totale filezwaarte op de Ruit van Rotterdam is afgenomen. Op route 1, via de Van Brienenoordbrug, is de filezwaarte gedaald met 5 % (49 km.min). Op route 2, via de Beneluxtunnel, is de filezwaarte gedaald met 9 % (237 km.min). De locaties langs het traject waar de filezwaarte is gedaald zijn weergegeven in afbeelding 5.2. Er zijn geen locaties waar de filezwaarte is toegenomen als gevolg van de veranderde verkeersstromen.

De verkeerskundige analyse van de situaties, wel een DRIP met file-informatie en geen DRIP, is gebaseerd op twee situaties in de RBV waarbij de mate van geïnformeerdheid over de actuele verkeerssituatie is aangepast. Hierbij geldt dat niet alleen de voertuigen op het traject tussen Ridderkerk en Kleinpolderplein beter zijn geïnformeerd, maar dat alle voertuigen op het netwerk beter zijn geïnformeerd over de verkeerssituatie. De veranderingen in de filezwaarte op het netwerk (en dus ook op de twee routes van het onderzoek) kunnen door veranderingen in de verkeersstromen vanuit alle richtingen worden veroorzaakt. Oftewel de afname van de file op de A4 ter hoogte van de Beneluxtunnel kan ook worden veroorzaakt doordat het verkeer vanaf A15 Spijkenisse richting A20 Gouda nu via de A15 en A16 rijdt in plaats van via de A20.

Uit de verkeerskundige analyse met RBV kan niet geconcludeerd worden dat de DRIP op de A16/A15 ter hoogte van Ridderkerk, die informeert over de filesituatie op de route via de Van Brienenoordbrug en de Beneluxtunnel, de afname van de filezwaarte heeft veroorzaakt. Maar wel kan geconcludeerd worden dat geven van actuele verkeersinformatie kan bijdragen aan een afname van de filezwaarte op het totale netwerk.

¹⁵ Transpute, Evaluatieonderzoek: Dynamische Route Informatie Panelen (DRIP's) aan de noordzijde van de Ring van Rotterdam, in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland, mei 1997.

Afbeelding 5.2 Doorstromingseffecten regionaal routeadvies met congestie (afname filezwaarte)



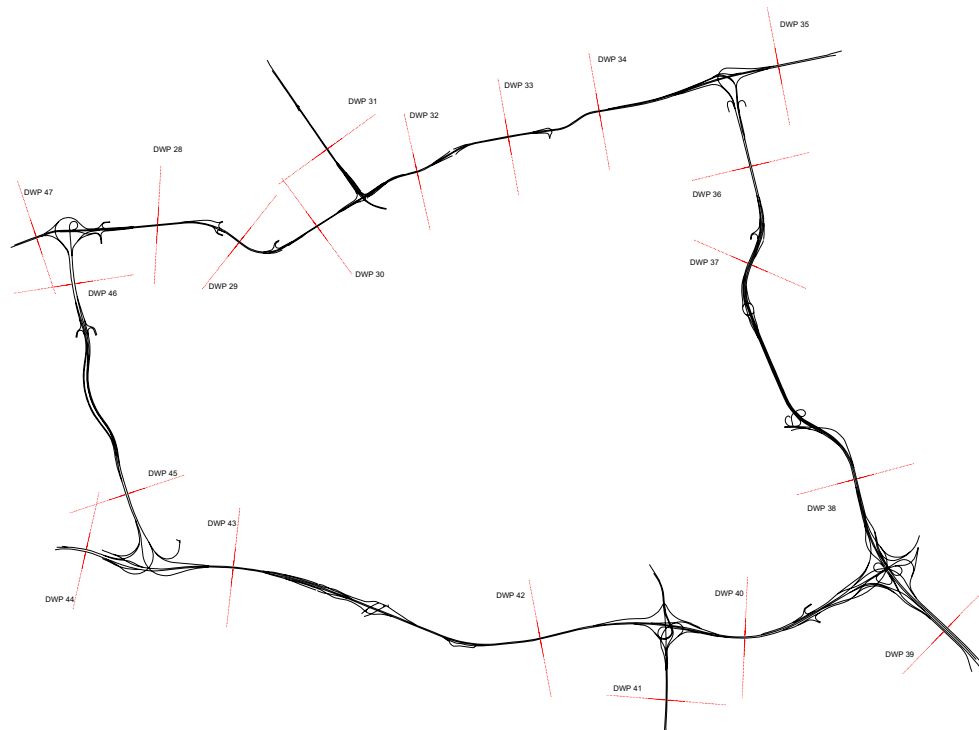
5.3 Impact op emissies en luchtkwaliteit

5.3.1. Uitgangspunten

Voor de berekening van de luchtkwaliteiteffecten van de regionaal routeadvies is gebruik gemaakt van het model Pluim Snelweg. Voor berekeningen met dit model zijn gegevens benodigd over de hoeveelheid verkeer per etmaal, de verdeling van het verkeer (licht, middelzwaar en zwaar) en de doorstroming (wel/geen congestie). De gegevens met betrekking tot de hoeveelheid verkeer en de doorstroming zijn afkomstig uit de Regionale BenuttingsVerkenner (RBV). De verdeling van het verkeer is afkomstig uit MTR+ data van Rijkswaterstaat. Indien de kwartier gemiddelde snelheden onder de 50 km/u liggen is sprake van congestie.

De luchtkwaliteit is berekend als concentratiedwarsprofiel op een 20-tal locaties. Deze locaties zijn gekozen op basis van veranderende intensiteiten. De locaties van de dwarsprofielen zijn weergegeven in afbeelding 5.3. De concentratie PM_{10} is berekend op een toetsingsafstand van 10 meter van de wegrand.

Afbeelding 5.3 Toetsingslocaties maatregel regionaal routeadvies



5.3.2. Resultaten

De maatregel regionaal routeadvies heeft een licht positief effect op de luchtkwaliteit. Door het sturen van het verkeer over de alternatieve route verbetert de luchtkwaliteit op de knelpuntroute.

Scenario 1: geen congestie (V1, V2 en V3)

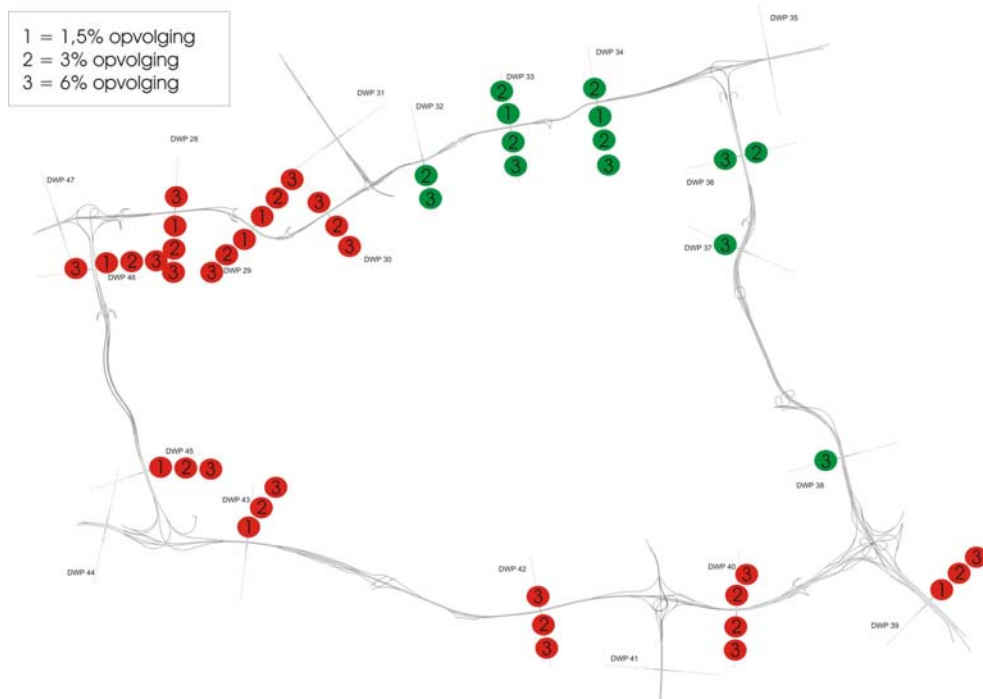
Uit de analyse is gebleken dat het sturen van de verkeersstromen, zonder dat het directe impact heeft op de doorstroming al kan leiden tot een afname van de concentratie PM_{10} op de knelpuntroute. In situaties waarbij er geen congestie is op beide routes wordt de verbetering van de luchtkwaliteit bereikt doordat een deel van het verkeer de andere route volgt. Door de afname van het verkeersvolume op de knelpuntroute treedt een lichte reductie van de concentratie PM_{10} op. De afname is voor alle opvolgingsniveau's beperkt. De maximale gemeten reductie bedraagt $0,2 \mu g/m^3$, wat wordt bereikt op enkele locaties bij een opvolgingsniveau van 6 % (V3). Op de alternatieve route is een toename van de concentratie PM_{10} gemeten, deze wordt veroorzaakt door de toename van het verkeersvolume over deze route. Ook deze toename is maximaal $0,2 \mu g/m^3$ en wordt behaald bij een opvolgingsniveau van 6 % (V3). Het effect van de maatregel is sterk afhankelijk van het opvolgingsniveau. Indien het draagvlak voor DVM-maatregelen ten behoeve van de verbetering van de luchtkwaliteit toeneemt, neemt hoogst waarschijnlijk ook de mate van opvolging toe.

Zoals verwacht lost deze maatregel het luchtkwaliteitsprobleem niet op, maar wordt het probleem verplaatst naar andere locaties. Door het grotere verkeersvolume dat via de alternatieve route rijdt nemen ook de negatieve effecten op de alternatieve route toe. De maatregel kan worden ingezet om te voorkomen dat de dagwaarde PM_{10} op een bepaalde locatie wordt overschreden, in sommige gevallen gaat dit ten koste van de luchtkwaliteit en doorstroming op een andere locatie. Er moet dan ook gelet worden op de verschuiving van het probleem, het is immers niet altijd

wenselijk om op de alternatieve route een toename van de concentratie PM_{10} en/of een verslechtering van de doorstroming te hebben.

In afbeelding 5.4 en tabel 5.1 en 5.2 is het effect van de maatregel weergegeven. In bijlage III zijn de doorsnedenplots en resultaten opgenomen.

Afbeelding 5.4 Luchtkwaliteiteffecten scenario 1 geen congestie (V1, V2, V3)



Tabel 5.1 Resultaten PM₁₀ concentratie (µg/m³) scenario 1 geen congestie (referentiesituatie en variant 1)

locatie	referentiesituatie		variant 1 (opvolgingsniveau 1,5 %)			
	jaargem.	# overschrijdingen	jaargem.	verschil (%)	# overschrijdingen	verschil (%)
richting 1						
28	31,7	37	31,7	0	37	0
29	32,5	41	32,6	+0,1 (0,3%)	41	0
30	32,9	43	32,9	0	43	0
31	32,9	43	32,9	0	43	0
32	32,9	43	32,9	0	43	0
33	34,0	48	33,9	-0,1 (0,3%)	47	-0,5 (1%)
34	33,4	45	33,4	0	45	0
35	30,9	34	30,9	0	34	0
36	32,0	39	32,0	0	39	0
37	31,2	35	31,2	0	35	0
38	31,0	34	31,0	0	34	0
39	29,6	29	29,7	+0,1 (0,3%)	29	0
40	29,0	27	29,0	0	27	0
41	28,8	26	28,8	0	26	0
42	29,3	28	29,3	0	28	0
43	29,2	28	29,3	+0,1 (0,3%)	28	0
44	29,2	28	29,2	0	28	0
45	30,2	31	30,3	+0,1 (0,3%)	32	0,4 (1,3%)
46	30,3	32	30,4	+0,1 (0,3%)	32	0
47	30,2	31	30,2	0	31	0
richting 2						
28	31,4	36	31,5	+0,1 (0,3%)	36	0
29	31,8	38	31,9	+0,1 (0,3%)	38	0
30	33,4	45	33,4	0	45	0
31	32,1	39	32,1	0	39	0
32	33,8	47	33,8	0	47	0
33	34,4	50	34,4	0	50	0
34	34,0	48	33,9	-0,1 (0,3%)	47	-0,4 (1%)
35	31,4	36	31,4	0	36	0
36	31,1	35	31,1	0	35	0
37	31,1	35	31,1	0	35	0
38	30,9	34	30,9	0	34	0
39	29,5	29	29,5	0	29	0
40	28,8	26	28,8	0	26	0
41	28,4	25	28,4	0	25	0
42	29,3	28	29,3	0	28	0
43	29,1	27	29,1	0	27	0
44	29,6	29	29,6	0	29	0
45	29,9	30	29,9	0	30	0
46	30,0	30	30,0	0	30	0
47	30,4	32	30,4	0	32	0

Richting 1: noordoostkant van de weg.

Richting 2: zuidwestkant van de weg.

Tabel 5.2 Resultaten PM₁₀ concentratie (µg/m³) scenario 1 geen congestie (V2 en V3)

locatie	variant 2 (opvolgingsniveau 3 %)				variant 3 (opvolgingsniveau 6 %)			
	jaargem.	verschil (%)	# overschr.	verschil(%)	jaargem.	verschil (%)	# overschr.	verschil (%)
richting 1								
28	31,7	0	37	0	31,8	+0,1 (0,3%)	38	+0,5 (1,3%)
29	32,6	+0,1	41	0	32,6	+0,1 (0,3%)	41	0
30	32,9	0	43	0	33,0	+0,1 (0,3%)	43	0
31	32,9	0	43	0	32,9	0	43	0
32	32,9	0	43	0	32,8	-0,1 (0,3%)	42	-0,5 (1%)
33	33,9	-0,1 (0,3%)	47	-0,5 (1%)	33,8	-0,1 (0,3%)	47	-0,9 (2%)
34	33,3	-0,1 (0,3%)	45	0	33,3	-0,1 (0,3%)	45	0
35	30,9	0	34	0	30,9	0	34	0
36	31,9	-0,1 (0,3%)	39	-0,5 (2%)	31,9	-0,1 (0,3%)	38	-0,5 (1%)
37	31,2	0	35	0	31,1	-0,1 (0,3%)	35	0
38	31,0	0	34	0	30,9	-0,1 (0,3%)	34	0
39	29,7	+0,1	29	0	29,7	+0,1 (0,3%)	29	0
40	29,1	+0,1	27	0	29,1	+0,1 (0,3%)	27	0
41	28,8	0	26	0	28,8	0	26	0
42	29,3	0	28	0	29,4	+0,1 (0,3%)	28	0
43	29,3	+0,1	28	0	29,4	+0,2 (0,7%)	28	0
44	29,2	0	28	0	29,2	0	28	0
45	30,3	+0,1	32	+0,4 (1%)	30,4	+0,2 (0,7%)	32	+0,7 (2,2%)
46	30,4	+0,1	32	0	30,5	+0,2 (0,7%)	32	0
47	30,2	0	31	0	30,2	0	31	0
richting 2								
28	31,5	+0,1	36	0	31,6	+0,2 (0,6%)	37	+0,9 (2,5%)
29	31,9	+0,1	38	0	32,0	+0,2 (0,6%)	39	+0,9 (2,4%)
30	33,5	+0,1	46	+0,5 (1%)	33,5	+0,1 (0,3%)	46	+0,5 (1,1%)
31	32,1	0	39	0	32,1	0	39	0
32	33,7	-0,1 (0,3%)	47	0	33,7	-0,1 (0,3%)	47	0
33	34,3	-0,1 (0,3%)	49	-0,5 (1%)	34,2	-0,2 (0,6%)	49	-0,9 (2%)
34	33,9	-0,1 (0,3%)	47	-0,5 (1%)	33,8	-0,2 (0,6%)	47	-0,9 (2%)
35	31,4	0	36	0	31,4	0	36	0
36	31,1	0	35	0	31,0	-0,1 (0,3%)	34	-0,4 (1%)
37	31,1	0	35	0	31,0	-0,1 (0,3%)	34	-0,4 (1%)
38	30,9	0	34	0	30,8	-0,1 (0,3%)	33	-0,4 (1%)
39	29,5	0	29	0	29,5	0	29	0
40	28,9	+0,1	27	+0,3 (1%)	28,9	+0,1 (0,3%)	27	+0,3 (1%)
41	28,4	0	25	0	28,4	0	25	0
42	29,4	+0,1	28	+0,3 (1%)	29,5	+0,2 (0,7%)	29	+0,7 (3%)
43	29,1	0	27	0	29,1	0	27	0
44	29,6	0	29	0	29,6	0	29	0
45	29,9	0	30	0	29,9	0	30	0
46	30,0	0	30	0	30,1	+0,1 (0,3%)	31	+0,4 (1%)
47	30,4	0	32	0	30,4	0	32	0

Richting 1: noordoostkant van de weg.

Richting 2: zuidwestkant van de weg.

Scenario 2: congestie op de ruit van Rotterdam

Indien het verkeer gestuurd wordt op basis van de filelengtes op de twee routes is het effect sterk afhankelijk van de aanwezigheid van file op de knelpuntroute. Uit de analyse is gebleken dat door het sturen van het verkeer op basis van actuele verkeersinformatie op het gehele netwerk de files aan de noordkant van Rotterdam richting de A13 zijn afgenomen. Aan de noordkant van Rotterdam is dan ook een lichte daling van de concentratie PM₁₀ waargenomen. Deze reductie van de concentratie PM₁₀ wordt voornamelijk bereikt door de afname van de filezwaarte op deze locaties. Op de A16 en A15 wordt de lichte stijging van de concentratie PM₁₀ veroorzaakt door de extra voertuigen die gebruik maken van deze route. De

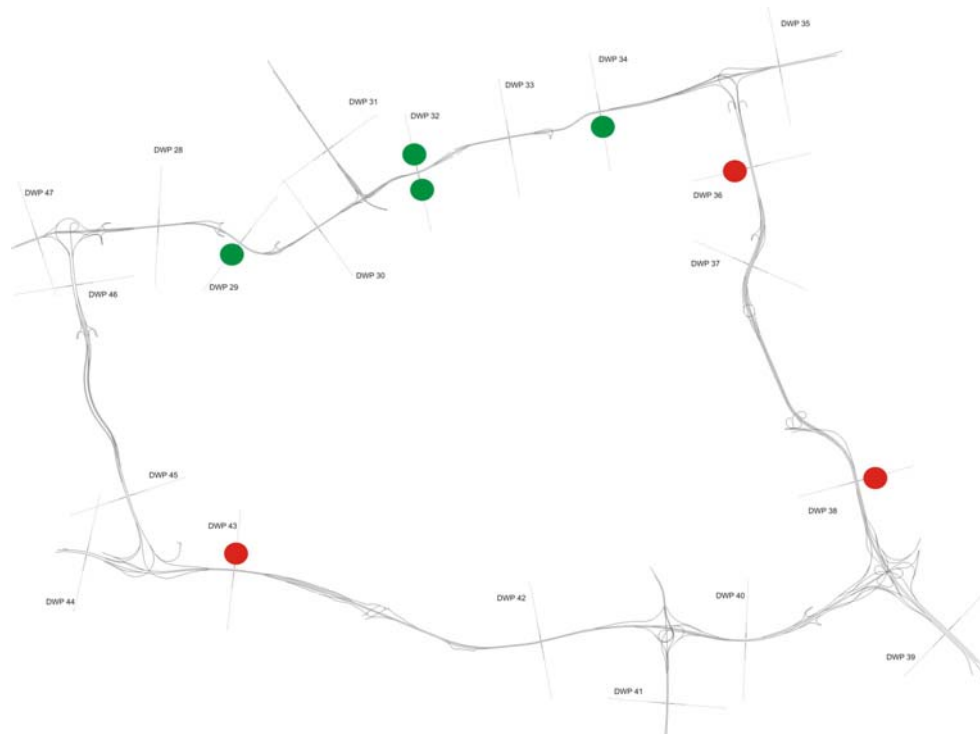
filezwaarte is op deze locaties namelijk niet verslechterd, maar het aantal voertuigen per etmaal is toegenomen.

Op de case locatie, de ruit van Rotterdam, kan slechts een beperkte verbetering van de doorstroming op de knelpuntroute worden bereikt. Zowel op de knelpunt route als op de alternatieve route is sprake van congestie. De alternatieve route is enkele kilometers langer dan de knelpuntroute, waardoor het niet loont om het routeadvies op te volgen. Hierdoor treedt ook slechts een lichte daling ($0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) van de concentratie PM_{10} op.

Zoals in paragraaf 5.2.2 reeds wordt toegelicht zijn de effecten van de maatregel niet direct terug te leiden naar de veranderende verkeersstromen vanaf Ridderkerk richting Kleinpolderplein, maar zijn de effecten het resultaat van een verbeterde geïnformeerdeheid van de weggebruikers op het gehele netwerk over de actuele verkeerssituatie op de wegen rondom Rotterdam.

In afbeelding 5.5 en tabel 5.3 zijn de effecten weergegeven. In bijlage III zijn de doorsnedenplots en resultaten van zowel de concentraties PM_{10} als NO_2 opgenomen.

Afbeelding 5.5 Luchtkwaliteiteffecten scenario 2 congestie op ruit van Rotterdam (V4)



Tabel 5.3 Resultaten PM₁₀ concentratie (µg/m³) scenario 2 congestie op ruit van Rotterdam (referentiesituatie en V4)

locatie	referentiesituatie		variant 4: congestie op ruit van Rotterdam			
	jaargem.	# overschrijdingen	jaargem.	verschil (%)	# overschrijdingen	verschil (%)
richting 1						
28	32,3	40	32,3	0	40	0
29	33,4	45	33,4	0	45	0
30	34,0	48	34,0	0	48	0
31	34,3	49	34,3	0	49	0
32	33,5	46	33,4	-0,1 (0,3%)	45	-0,5 (1,1%)
33	34,4	50	34,4	0	50	0
34	34,3	49	34,3	0	49	0
35	32,3	40	32,3	0	40	0
36	33,0	43	33,0	0	43	0
37	32,0	39	32,0	0	39	0
38	32,6	41	32,7	+0,1 (0,3%)	42	+0,5 (1,2%)
39	30,6	33	30,6	0	33	0
40	29,9	30	29,9	0	30	0
41	29,7	29	29,7	0	29	0
42	31,1	35	31,1	0	35	0
43	30,9	34	30,9	+0,1 (0,3%)	34	0
44	30,4	32	30,4	0	32	0
45	32,0	39	32,0	0	39	0
46	31,7	37	31,7	0	37	0
47	31,2	35	31,2	0	35	0
richting 2						
28	32,2	40	32,2	0	40	0
29	32,9	43	32,8	-0,1 (0,3%)	42	-0,5 (1,2%)
30	34,6	51	34,6	0	51	0
31	33,2	44	33,2	0	44	0
32	34,4	50	34,3	-0,1 (0,3%)	49	-0,5 (1%)
33	34,6	51	34,6	0	51	0
34	35,0	53	34,9	-0,1 (0,3%)	52	-0,5 (1%)
35	32,9	43	32,9	0	43	0
36	32,0	39	32,1	+0,1 (0,3%)	39	0
37	32,1	39	32,1	0	39	0
38	32,7	42	32,7	0	42	0
39	30,7	33	30,7	0	33	0
40	29,6	29	29,6	0	29	0
41	29,2	28	29,2	0	28	0
42	31,2	35	31,2	0	35	0
43	30,7	33	30,7	0	33	0
44	31,4	36	31,4	0	36	0
45	31,2	35	31,2	0	35	0
46	31,1	35	31,1	0	35	0
47	31,4	36	31,4	0	36	0

Richting 1: noordoostkant van de weg.

Richting 2: zuidwestkant van de weg.

5.4 Conclusies

De maatregel regionaal routeadvies heeft een licht effect op de afname van de concentratie PM₁₀ en het aantal dagoverschrijdingen. Deze beperkte verbetering van de luchtkwaliteit wordt veroorzaakt doordat op beide routes sprake is van congestie. Slechts een klein deel van het verkeer volgt het route advies op, waardoor de doorstroming op de knelpunt route slechts beperkt verbetert. Ook bij het scenario zonder congestie is het effect klein omdat maar een beperkt deel van het verkeer ter hoogte van het knelpunt het routeadvies (kan) opvolgt.

Het effect van de maatregel is sterk afhankelijk van de mate van opvolging. Hoe meer verkeer van de knelpuntroute afgehaald kan worden hoe groter het effect. Zeker als daarmee ook de doorstroming op de knelpuntroute kan worden verbeterd. Op momenten dat er geen filevorming is, is de mate van opvolging afhankelijk van het draagvlak voor DVM-maatregelen ten behoeve van de luchtkwaliteit. Op momenten dat er wel filevorming is, is de mate van opvolging afhankelijk van de hoeveelheid file op de knelpuntroute en de alternatieve route. Hoe meer file op de knelpunt route en hoe minder file op de alternatieve route, hoe meer verkeer via de alternatieve route zal rijden. Waardoor zowel de doorstroming als het verkeersvolume op de knelpuntroute verbeteren en daarmee de luchtkwaliteit verbetert.

6. Lokaal routeadvies

6.1 Case beschrijving

6.1.1. Doel van de maatregel

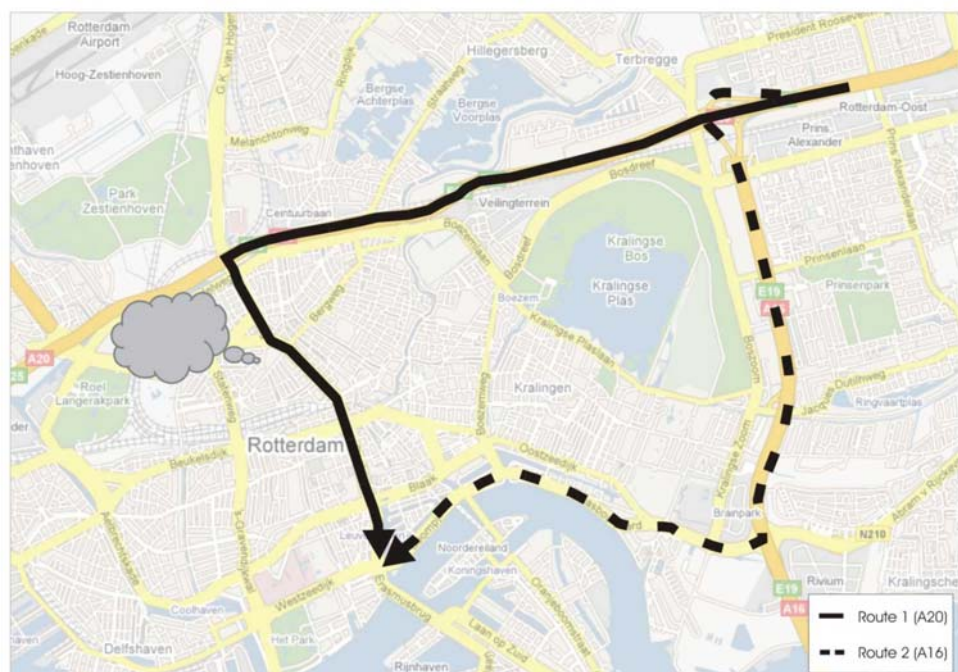
Bij de maatregel lokaal routeadvies wordt het verkeer vrijblijvend geadviseerd een andere route te kiezen ter bevordering van de luchtkwaliteit. Het verkeer wordt geadviseerd een andere afrit van de snelweg te nemen omdat zich op de route via de oorspronkelijke afrit een luchtkwaliteitsknelpunt bevindt. De maatregel is toepasbaar op een traject waar het verkeer twee gelijkwaardige alternatieven heeft. Doordat een deel van het verkeer de alternatieve route neemt dalen de intensiteiten en verbetert de doorstroming op de knelpuntroute als gevolg van de verbeterde verdeling van het verkeer op netwerkniveau. Een deel van het verkeer zal het advies niet opvolgen, maar zal zijn oorspronkelijke route blijven volgen.

6.1.2. Case locatie

De case locatie van de maatregel lokaal routeadvies is het traject vanaf de A20 knooppunt Terbregseplein richting het Centrum. Vanaf het Terbregseplein zijn twee zowel in lengte en reistijd vergelijkbare routes richting het Centrum van Rotterdam mogelijk:

1. via de A20 afslag 14 Centrum en Schiekade;
2. via de A16 afslag 25 Centrum en Maasboulevard.

Afbeelding 6.1. Case locatie maatregel lokaal routeadvies



Op route 1 ter hoogte van de Schiekade bevindt zich in de case een luchtknelpunt. Daarom wordt het verkeer dat via de A20 en de Schiekade richting het Centrum van Rotterdam rijdt ter hoogte van het Terbregseplein omgeleid via de A16 en de Maasboulevard. Hierdoor nemen de verkeersintensiteiten op de knelpuntroute af en

op de alternatieve route toe. Afhankelijk van de verkeerssituatie op de twee routes verbetert of verslechtert de doorstroming als gevolg van de afname en toename van de intensiteiten.

6.1.3. Uitvoeringsscenario's

De effecten van de maatregel lokaal routeadvies zijn doorgerekend voor 3 uitvoeringsscenario's, waarbij de aanwezigheid van congestie op de twee routes verschilt:

1. in de referentiesituatie geen congestie op beide routes. Na omleiding van het verkeer via de alternatieve route (route 2) is de doorstroming op route 1 verbeterd, terwijl op route 2 de doorstroming is verslechterd;
2. in de referentiesituatie congestie op de route waar het luchtknelpunt zich bevindt (route 1). Na omleiding van het verkeer via de alternatieve route (route 2) is de doorstroming op deze route verslechterd. Maar op route 1 is de congestie verdwenen;
3. in de referentiesituatie congestie op beide routes. Na omleiding van het verkeer via de alternatieve route (route 2) neemt de congestie op route 2 toe en verdwijnt de congestie op route 1.

6.2 Verkeerskundige analyse

6.2.1. Uitgangspunten

Voor de berekening van de effecten van lokaal routeadvies is gebruik gemaakt van de Regionale BenuttingsVerkenner (RBV). De RBV is gebruikt om de referentiesituatie van de twee routes te bepalen. De intensiteiten uit het model zijn gebruikt als input variabele voor de luchtkwaliteitberekeningen (paragraaf 5.3.). Daarnaast is met behulp van de snelheden uit het model, aangevuld met inzichten uit luchtfoto's een schatting gemaakt van de doorstroming op de verschillende wegvakken.

6.2.2. Opvolgingsniveau

Slechts een deel van het verkeer zal het advies om de alternatieve route te nemen opvolgen. Bij de berekeningen van de luchtkwaliteit is uitgegaan van 2 opvolgingsniveaus, te weten 10 % en 20 % van het verkeer vanaf het Terbregseplein richting het Centrum rondom de Erasmusbrug. Oftewel het verkeer waarvoor de alternatieve route via de A16 en de Maasboulevard ook daadwerkelijk een aantrekkelijk alternatief is.

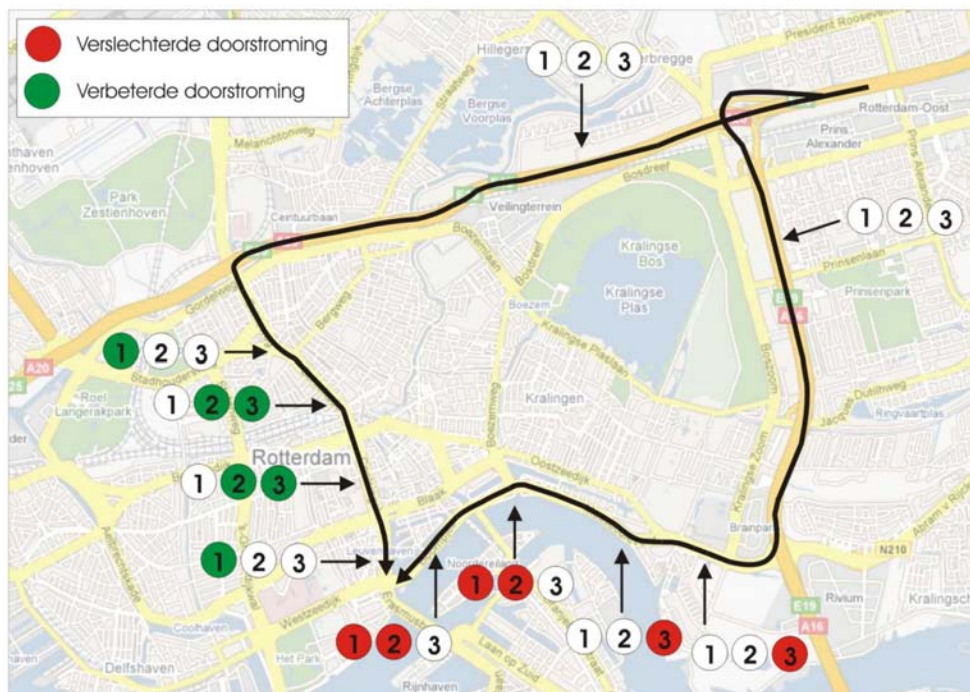
Voor de bepaling van het aantal voertuigen dat vanaf het Terbregseplein komt en een bestemming heeft rond de Erasmusbrug is gebruik gemaakt van de intensiteiten uit de RBV. Uit de modelberekening blijkt dat circa 20.000 vtg/etmaal gebruik maken van de oostelijke afrit Centrum van de A20. Aangenomen wordt dat 60 % hiervan afkomstig is van het Terbregseplein, 50 % richting het zuiden gaat en 33 % hiervan een bestemming heeft rond de Erasmusbrug. Dit komt neer op 2.000 vtg/etmaal. In dat geval komt een opvolgingsniveau van 10 % overeen met 200 vtg/etmaal, en 20 % overeen met 400 vtg/etmaal.

6.2.3. Doorstroming

De RBV heeft niet de mogelijkheden om de effecten van een toename of afname van de intensiteiten op de doorstroming te berekenen. Om de effecten op de doorstroming te bepalen is op basis van kennis en ervaring een inschatting gemaakt van de veranderende verkeerssituatie. De locaties waar de doorstroming verbetert

of verslechtert als gevolg van de veranderde verkeersstromen zijn weergegeven in afbeelding 6.2.

Afbeelding 6.2 Doorstromingseffecten bij omleiding van het verkeer per variant (1,2,3)



6.3 Impact op emissies en luchtkwaliteit

6.3.1. Uitgangspunten

De berekening van de effecten van de maatregel lokaal routeadvies is uitgevoerd met het CARII model¹⁶. Voor de berekening met CARII zijn gegevens met betrekking tot de hoeveelheid verkeer, de verdeling van het verkeer, de doorstroming en de omgevingsfactoren noodzakelijk. Op basis van de resultaten uit de verkeersberekeningen met de RBV en met behulp van luchtfoto's is voor de verschillende wegvakken een inschatting gemaakt van de omgevingsfactoren, de doorstroming en de verwachte veranderingen van de doorstroming als gevolg van de verkeerstoename.

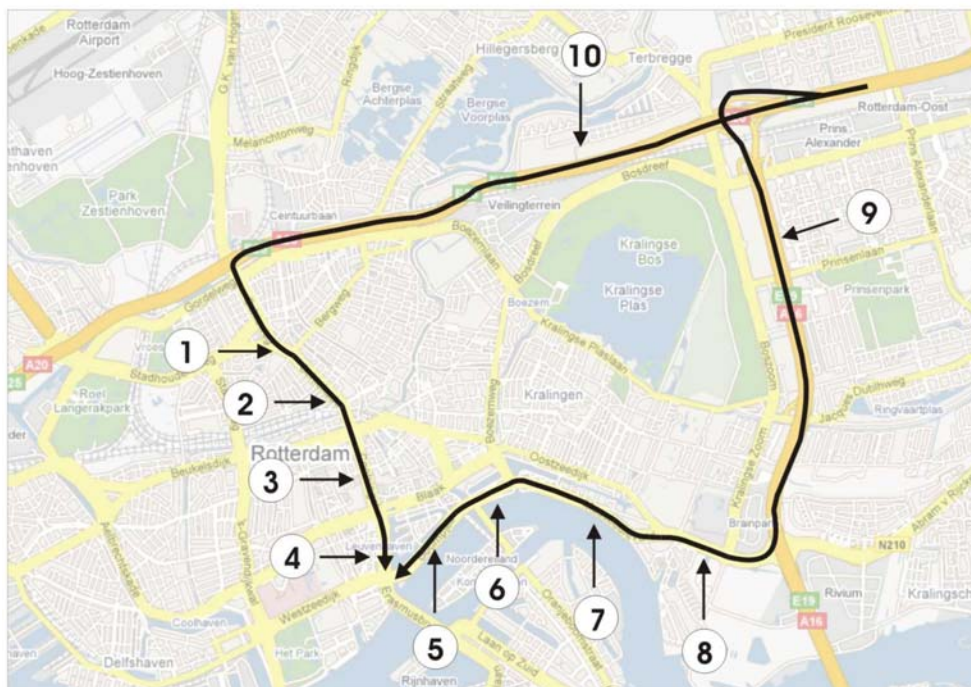
De luchtkwaliteit is berekend voor 10 locaties langs de twee routes. De luchtkwaliteit is berekend op de toetsingsafstand voor NO₂, zoals voorgeschreven in de Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007¹⁷. Deze locaties zijn willekeurig gekozen, waarbij 4

¹⁶ Het CARII-model is conform de Regeling beoordeling luchtkwaliteit 2007 het model dat geschikt is voor de berekening van de luchtkwaliteit in/langs (stedelijke) straten (standaardrekenmethode 1).

¹⁷ De toetsingsafstand is de maximale rekenafstand voor de beoordeling van de luchtkwaliteit. De toetsingsafstand bedraagt 5 m tot de rand van de weg voor NO₂ en voor PM10 op 10 m tot de rand van de weg. Indien gevoelige objecten, zoals afgescheiden fietspaden/voetpaden en woningen, binnen deze toetsingsafstand liggen moet worden getoetst ter hoogte van deze gevoelige objecten. Opgemerkt wordt dat de rekenafstand in het CARII-model de afstand is tussen de receptorpunt en de weg, dus gelijk is

locaties zijn gelegen binnenstedelijk op route 1 en 4 locaties binnenstedelijk op route 2. Daarnaast een locatie gekozen langs de A20 (route 1) en langs de A16 (route 2). De berekeningslocaties zijn weergegeven in afbeelding 6.3.

Afbeelding 6.3 Toetsingslocatie maatregel lokaal routeadvies



De uitgangspunten met betrekking tot de omgevingsfactoren en de doorstroming voor deze 10 locaties (in de referentiesituatie) zijn weergegeven in tabel 6.1. en tabel 6.2. Een toelichting op de wegtypen doorstromingstypen is opgenomen in bijlage IV.

Bij de berekening van de effecten van de omleiding is uitgegaan van 2 opvolgingsniveaus:

1. 200 voertuigen/etmaal volgen het routeadvies op;
2. 400 voertuigen/etmaal volgen het routeadvies op.

aan de toetsingsafstand plus een halve wegbreedte. In onderhavige studie is voor PM10 de toetsingsafstand van NO₂ aangehouden. Hiermee is voor PM10 een worstcase benadering toegepast.

Tabel 6.1 Omgevingsfactoren ter hoogte van de toetsingslocaties

locatie	straatnaam	wegtype	bomenfactor	toetsingsafstand (m)
1	Schieweg	2	1	22
2	Schiekade	3a	1,25	20
3	Coolsingel	3b	1,25	15
4	Schiedamsedijk	3b	1,25	20
5	Boompjes	4	1,25	12
6	Maasboulevard	3b	1,25	15
7	Maasboulevard	2	1,25	15
8	Abram van Rijckevorselweg	2	1	20
9	A16	2	1,25	25
10	A20	2	1,25	25

Bron: TNO, Handleiding CARII versie 6.1, bewerkt door Witteveen+Bos.

Tabel 6.2 Doorstromingstypen verkeer ter hoogte van de toetsingslocaties

locatie	straatnaam	variant 1		variant 2		variant 3	
		referentie	omleiding	referentie	omleiding	referentie	omleiding
1	Schieweg	c	e	c	c	c	c
2	Schiekade	c	c	d	c	d	c
3	Coolsingel	c	c	d	c	d	c
4	Schiedamsedijk	c	e	c	c	c	c
5	Boompjes	c	d	c	d	d	d
6	Maasboulevard	e	c	e	c	c	c
7	Maasboulevard	e	e	e	e	e	c
8	Abram van Rijckevorselweg	e	e	e	e	e	c
9	A16	a	a	a	a	a	a
10	A20	a	a	a	a	a	a

- a snelweg algemeen.
- c normaal stadsverkeer.
- d stagnerend stadsverkeer.
- e stadsverkeer met minder congestie.

Bron: TNO, Handleiding CARII versie 6.1, bewerkt door Witteveen+Bos.

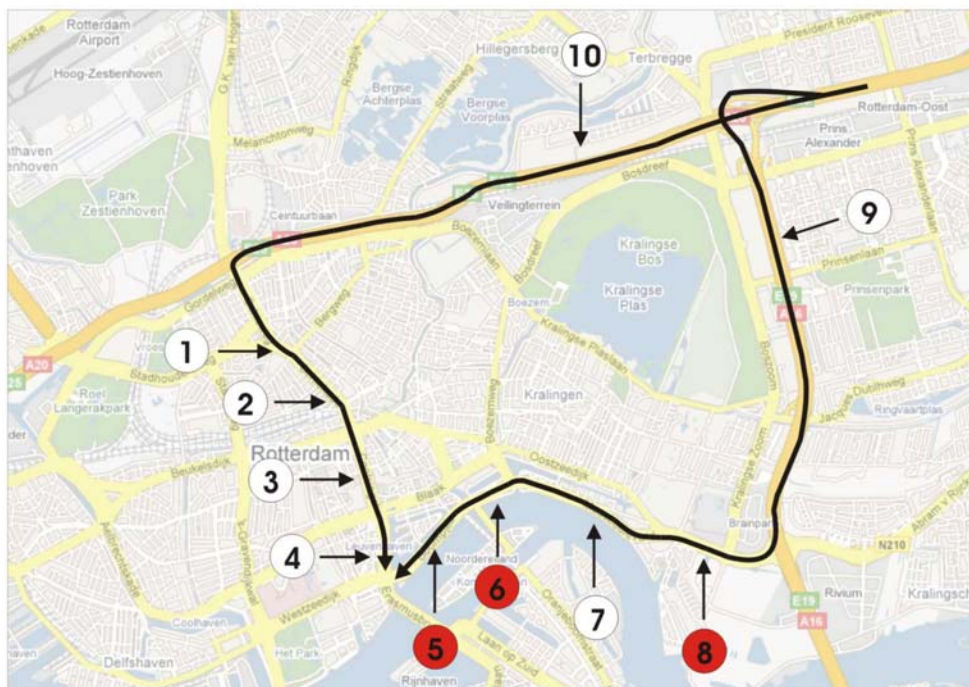
6.3.2. Resultaten

Op een aantal van de wegvakken heeft de maatregel een sterke invloed op de totale concentratie PM_{10} . Dit effect wordt met name veroorzaakt door de verbeterde of verslechterde doorstroming. Bij een wijziging van de doorstroming van stagnerend stadsverkeer (type d) naar normaal stadsverkeer (type c) wordt het grootste positieve effect behaald ($-0,8 \mu g/m^3$ voor PM_{10}). Het effect van de maatregel op de Rijkswegen is voor alle varianten verwaarloosbaar. Het effect van het aantal voertuigen dat het advies opvolgt is minimaal in het kader van de bijdrage van de voertuigen over een van de twee routes. Wel heeft de mate van opvolging invloed op de verbetering van de doorstroming. Dit is niet specifiek meegenomen in de berekeningen.

Variant 1 op beide routes geen congestie

Indien er in de referentie situatie geen congestie is op beide routes is het totale effect van de maatregel negatief. Als gevolg van het extra verkeer op de alternatieve route (route 2) verslechtert de luchtkwaliteit op drie van de vijf toetsingslocaties. Het positieve effect op de knelpunt route (route 1) is minimaal. Het jaargemiddelde daalt met maximaal $0,2 \mu g/m^3$. En er wordt geen afname in het aantal dagoverschrijdingen waargenomen.

Afbeelding 6.4 Effecten variant 1 (op beide routes geen congestie)



Tabel 6.3 Resultaten PM₁₀ concentratie (µg/m³) variant 1 (op beide routes geen congestie)

locatie	referentiesituatie		opvolgingsniveau 1 (200 vtg/etmaal)				opvolgingsniveau 2 (400 vtg/etmaal)			
	jaargem.	# overschr.	jaargem.	verschil (%)	# overschr.	verschil (%)	jaargem.	verschil (%)	# overschr.	verschil (%)
route 1										
1	30,3	31	30,1	-0,2 (0,7%)	31	0	30,1	-0,2 (0,7%)	31	0
2	31,6	37	31,6	0	37	0	31,6	0	37	0
3	32,2	39	32,1	-0,1 (0,3%)	39	0	32,1	-0,1 (0,3%)	39	0
4	29,2	28	29,2	0	28	0	29,2	0	28	0
10	35,5	55	35,5	0	55	0	35,5	0	55	0
route 2										
5	33,3	45	34,4	+1,1 (3,3%)	50	5 (11%)	34,5	+1,2 (3,6%)	50	+5 (11%)
6	32,4	41	32,8	+0,4 (1,2%)	43	2 (5%)	32,9	+0,5 (1,5%)	43	+2 (5%)
7	32,1	39	32,1	0	39	0	32,1	0	39	0
8	31,3	35	31,3	0	35	0	31,3	0	36	+1 (3%)
9	35,5	55	35,5	0	55	0	35,5	0	55	0

Op knelpuntroute verbetert de doorstroming op doorsnede 1 en 4 van normaal stadsverkeer naar stadsverkeer met minder congestie. Deze kleine verandering heeft echter geen directe gevolgen voor de verbetering van de luchtkwaliteit. Op de alternatieve route verslechtert de doorstroming ter hoogte van doorsnede 5 en 6. Vanwege de slechtere doorstroming neemt de concentratie PM₁₀ toe op deze twee locaties. Op doorsnede 8 verslechtert de doorstroming niet, maar bij een toename van 400 vtg/etmaal neemt het aantal overschrijdingsdagen met 1 toe. Dat er op deze locatie een toename uit de analyse naar voren is gekomen, heeft er waarschijnlijk mee te maken dat het aantal overschrijdingsdagen op de grens lag,

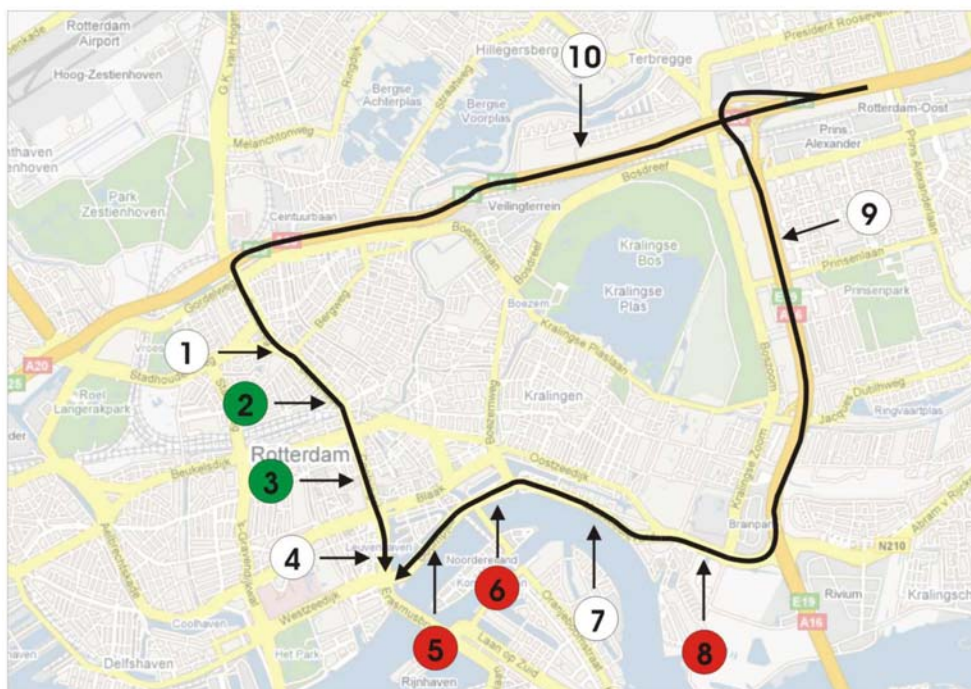
waardoor er bij een lichte toename van de verkeersintensiteit een toename van het aantal overschrijdingsdagen wordt gemeten.

Variante 2 congestie op de knelpuntroute

Indien er in de referentiesituatie alleen congestie aanwezig is op de knelpuntroute (route 1) is het totale effect van de maatregel neutraal. Als gevolg van het extra verkeer op de alternatieve route (route 2) verslechtert de luchtkwaliteit op drie van de vijf toetsingslocaties. Daartegenover staat een positieve effect op de knelpuntroute (route 1). Het jaargemiddelde daalt met maximaal $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En het aantal dagoverschrijdingen daalt met 3 - 4 dagen per jaar. De toename van het aantal dagoverschrijdingen op de alternatieve route is gelijk aan de afname van het aantal dagoverschrijdingen op de knelpuntroute.

Op de knelpuntroute verbetert de doorstroming ter hoogte van doorsnede 2 en 3. Op de overige drie meetlocaties van de knelpuntroute verandert de doorstroming niet. Als gevolg van de verbeterde doorstroming van stagnerend stadsverkeer naar normaal stadsverkeer verbetert tevens de luchtkwaliteit. Op de alternatieve route verslechtert de doorstroming echter. Op de doorsneden met een verslechtering van de doorstroming is een stijging van de concentratie PM_{10} waargenomen. Voor doorsnede 8 geldt hetzelfde als bij variant 1, het aantal overschrijdingsdagen lag dicht bij de grens waardoor net een stijging van 1 dag wordt waargenomen.

Afbeelding 6.5 Effecten variante 2 (congestie op de knelpuntroute)



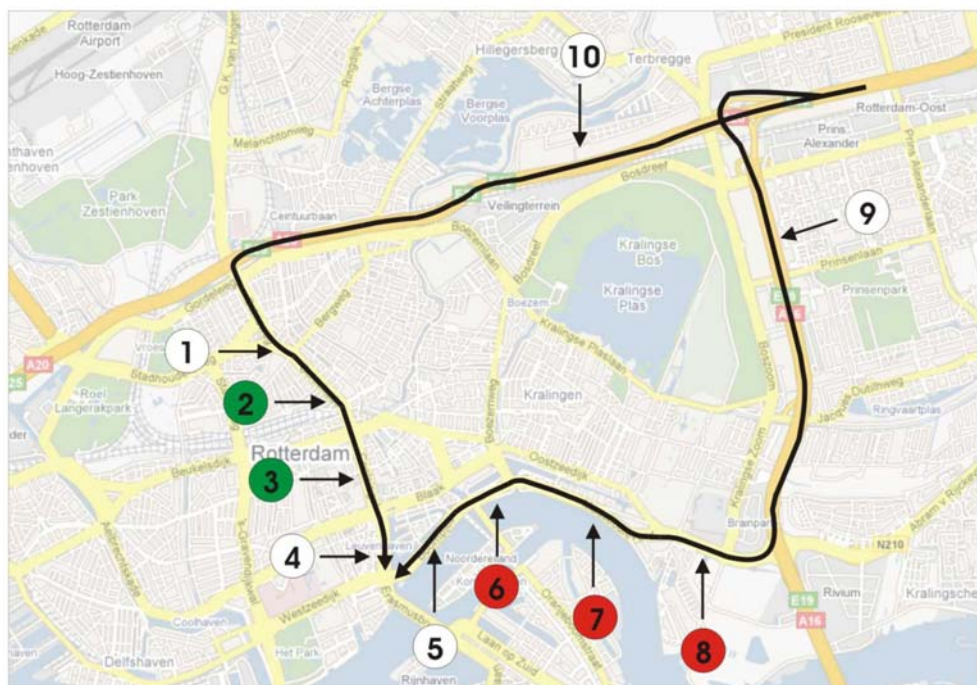
Tabel 6.4 Resultaten PM₁₀ concentratie (µg/m³) variant 2 (congestie op de knelpuntroute)

locatie	referentiesituatie		opvolgingsniveau 1 (200 vtg/etmaal)				opvolgingsniveau 2 (400 vtg/etmaal)			
	jaargem.	# overschr.	jaargem.	verschil (%)	# overschr.	verschil (%)	jaargem.	verschil (%)	# overschr.	verschil (%)
route 1										
1	30,3	31	30,2	-0,1 (0,3%)	31	0	30,2	-0,1 (0,3%)	31	0
2	32,2	40	31,6	-0,6 (1,9%)	37	-3 (7%)	31,6	-0,6 (1,9%)	37	-3 (7%)
3	32,9	43	32,1	-0,8 (2,4%)	39	-4 (9%)	32,1	-0,8 (2,4%)	39	-4 (9%)
4	29,2	28	29,2	0	28	0	29,2	0	28	0
10	35,5	55	35,5	0	55	0	35,5	0	55	0
route 2										
5	33,3	45	34,4	+1,1 (3,3%)	50	5 (11%)	34,5	+1,3 (3,6%)	50	+5 (11%)
6	32,4	41	32,8	+0,4 (1,2%)	43	2 (5%)	32,9	+0,5 (1,5%)	43	+2 (5%)
7	32,1	39	32,1	0	39	0	32,1	0	39	0
8	31,3	35	31,3	0	35	0	31,3	0	36	+1 (3%)
9	35,5	55	35,5	0	55	0	35,5	0	55	0

Variant 3 congestie op beide routes

Indien er in de referentiesituatie op beide routes congestie aanwezig is, is het totale effect van de maatregel positief. Als gevolg van het extra verkeer op de alternatieve route (route 2) verslechtert de luchtkwaliteit op drie van de vijf toetsingslocaties. Daartegenover staat een positief effect op de knelpuntroute (route 1). Het jaargemiddelde daalt met maximaal 0,8 µg/m³ en het aantal dagoverschrijdingen daalt met 3 - 4 dagen per jaar. De toename van het aantal dagoverschrijdingen op de alternatieve route is minder dan de afname van het aantal dagoverschrijdingen op de knelpuntroute, wat resulteert in een totaal positief effect.

Afbeelding 6.6 Effecten variant 3 (congestie op beide routes)



Tabel 6.5 Resultaten PM₁₀ concentratie (µg/m³) variant 3 (congestie op beide routes)

locatie	referentiesituatie		opvolgingsniveau 1 (200 vtg/etmaal)				opvolgingsniveau 2 (400 vtg/etmaal)			
	jaargem.	# overschr.	jaargem.	verschil (%)	# overschr.	verschil (%)	jaargem.	verschil (%)	# overschr.	verschil (%)
route 1										
1	30,3	31	30,2	-0,1 (0,3%)	31	0	30,2	-0,1 (0,3%)	31	0
2	32,2	40	31,6	-0,6 (1,9%)	37	-3 (7%)	31,6	-0,6 (1,9%)	37	-3 (7%)
3	32,9	43	32,1	-0,8 (2,4%)	39	-4 (9%)	32,1	-0,8 (2,4%)	39	-4 (9%)
4	29,2	28	29,2	0	28	0	29,2	0	28	0
10	35,5	55	35,5	0	55	0	35,5	0	55	0
route 2										
5	34,4	50	34,4	0	50	0	34,5	+0,1 (0,3%)	50	0
6	32,8	42	32,8	0	43	1 (2%)	32,9	+0,1 (0,3%)	43	+1 (2%)
7	32,1	39	32,1	0	41	2 (5%)	32,6	+0,5 (1,6%)	39	+2 (5%)
8	31,3	35	31,3	0	37	2 (6%)	31,7	+0,4 (1,3%)	36	+2 (6%)
9	35,5	55	35,5	0	55	0	35,5	0	55	0

Op knelpuntroute verbetert de doorstroming ter hoogte van doorsneden 2 en 3, hier wordt ook een verbetering van de luchtkwaliteit waargenomen. Op de alternatieve route verslechtert de doorstroming ter hoogte van doorsnede 7 en 8, waardoor de luchtkwaliteit ter plaatse verslechtert. Ter hoogte van doorsnede 6 en tevens doorsnede 5 bij een opvolgingsniveau van 400 vtg/etmaal is ook een verslechtering waargenomen, in verband met de toegenomen intensiteit.

6.4 Conclusies

De maatregel lokaal routeadvies heeft een verwacht positief effect op de luchtkwaliteit als zich op de knelpuntroute congestie bevindt. Voornamelijk als gevolg van de verbeterde doorstroming op de knelpuntroute daalt de PM₁₀ waarde en neemt het aantal dagoverschrijdingen af. Als gevolg van het extra verkeer en de verslechterde doorstroming op de alternatieve route stijgt de PM₁₀ waarde op deze route en neemt het aantal dagoverschrijdingen toe. De mate van opvolging heeft (bijna) geen effect op de luchtkwaliteit. Dit omdat het verschil tussen de twee opvolgingsniveau's (200 en 400 vtg/etmaal) minimaal is in vergelijking tot de etmaal intensiteit. Het effect van de maatregel wordt voornamelijk veroorzaakt door de verbeterde doorstroming op de knelpuntroute.

Het effect van de maatregel op de Rijkswegen is verwaarloosbaar. Dit omdat de verandering van intensiteiten relatief laag is in vergelijking met de totale dagintensiteiten op de snelweg. De veranderde verkeersstromen hebben dan ook geen effect op de verkeersafwikkeling op de Rijkswegen.

Bij het invoeren van de maatregel is het van groot belang dat een balans wordt gevonden tussen de afname van het verkeer op de knelpuntroute en een toename van het verkeer op de alternatieve route. Vooral de verschuiving van de congestielocaties moet goed in de gaten gehouden worden.

verkeer wordt geadviseerd om via de A16 afrit 25 Centrum en de Maasboulevard richting het Centrum van Rotterdam te rijden.

Bijna 20.000 voertuigen/etmaal maken gebruik van de oostelijke afrit. 50 % hiervan heeft een bestemming ten zuiden van de A20. De maximale intensiteit wordt behaald tijdens de ochtendspits en bedraagt circa 1.500 vtg/u. De gemiddelde intensiteit tijdens de spitsperioden bedraagt circa 1.100 vtg/u.

7.1.3. Uitvoeringsscenario's

Bij de maatregel lokale omleiding zijn de effecten doorgerekend voor één scenario. Hierbij is gekeken naar het verschil tussen de referentiesituatie waarbij de afrit niet is en de maatregelsituatie waarbij de afrit wel is afgesloten.

7.2 Verkeerskundige analyse

7.2.1. Uitgangspunten

Voor de berekening van de verkeerskundige effecten van een lokale omleiding is gebruik gemaakt van de Regionale BenuttingsVerkenner (RBV). Met de RBV zijn zowel de referentiesituatie, waarbij de afrit niet is afgesloten, als de maatregelsituatie, waarbij de oostelijke afrit richting het zuiden is afgesloten, doorgerekend.

7.2.2. Resultaten

Slechts een heel klein deel van het verkeer volgt het advies om in plaats van via de A20 afrit 14 Centrum en de Schiekade, de A16 afrit 25 Centrum en de Maasboulevard richting Rotterdam Centrum te rijden. Het overgrote deel van het verkeer neemt, bij het afsluiten van de oostelijke afrit richting het zuiden, de westelijke afrit door te keren op het Kleinpolderplein. Circa 50 % van het verkeer gebruikt deze route als alternatief. Daarnaast worden nog verscheidene andere routes gebruikt bij het afsluiten van de oostelijke afrit van de A20 richting het Centrum van Rotterdam (zie afbeelding 7.2), waaronder:

- afrit Rotterdam Alexander - Bosdreef – Boezemweg;
- afrit Rotterdam Alexander - Bosdreef – Boezemlaan;
- afrit A16 Rotterdam Centrum - Maasboulevard – Oostzeedijk;
- afrit Blijdorp – Stadshoudersweg.

Doordat het overgrote deel van het verkeer niet de adviesroute neemt als alternatieve route, maar de overige invalswegen vanaf de snelweg gebruikt, wordt het beoogde effect niet behaald. Een sterke afname van het verkeer op de Schiekade, ter hoogte van het luchtknelpunt, wordt niet behaald. De negatieve verkeerskundige effecten zijn te groot om deze maatregel in de praktijk op deze manier toe te passen. Op locaties waarbij voor een veel groter deel van het verkeer op de afrit een gelijkwaardig alternatief kan worden geboden, kan de maatregel mogelijk wel een positief effect hebben.

— Andere alternatieve routes dan adviesroute
 — Route 1 (afgesloten route)
 - - Route 2 (adviesroute)

De verkeerskundige effecten van de maatregel komen niet overeen met de benodigde effecten voor een verbetering van de luchtkwaliteit. Vanwege het uitblijven van de duidelijke positieve verkeerseffecten van de maatregel, zijn de luchtkwaliteitberekeningen ook niet uitgevoerd. Deze maatregel heeft binnen deze case geen positief effect op de luchtkwaliteit, niet op de Schiekade en zeker niet netwerkbreed gezien.

Bij de maatregel lokale omleiding wordt een afrit afgesloten om af te dwingen dat weggebruikers een alternatieve route gebruiken en daarmee het luchtkwaliteitsknelpunt ter plaatse opgelost wordt. Uit het verkeersmodel volgt dat deze maatregel op brede schaal negatieve verkeerseffecten veroorzaakt, voornamelijk door sluipverkeer en verkeer dat bij de volgende afslag omdraait en de afrit via de andere zijde benadert. Op basis van de berekende verkeerseffecten is besloten deze maatregel niet nader te onderzoeken en geen luchtberekeningen uit te voeren. Op locaties waarbij voor een veel groter deel van het verkeer op de afrit een gelijkwaardig alternatief kan worden geboden, kan de maatregel mogelijk wel een positief effect hebben.

8. Toeritdosering

8.1 Case beschrijving

8.1.1. Doel van de maatregel

De maatregel toeritdosering is het beheersen van de verkeersstroom op een toerit naar de hoofdrijbaan. Een toeritdoseerinstallatie (TDI) laat het verkeer op de toerit in een regime van 'bij groen één auto' toe op Rijksweg. Aan de hand van de actuele situatie op de hoofdrijbaan en op nabij gelegen toeritten, wordt bepaald hoeveel verkeer, op een bepaald tijdstip door mag worden gelaten. Het doel van de maatregel is het verbeteren van de doorstroming door de verkeersbelasting ter hoogte van een bottleneck aan te passen aan de capaciteit van de snelweg, waardoor de afwikkeling op de snelweg verbetert.



Uitgangspunt bij de toepassing voor luchtkwaliteit is het doseren van het verkeer op een locatie aan de rand van de stad, waar minder mensen bloot gesteld worden aan emissies van niet-doorstromend verkeer. Dit ten behoeve van de verbetering van de doorstroming op de Rijksweg stroomopwaarts van de toerit, daar waar een luchtknelpunt ligt.

8.1.2. Case locatie

In de regio Rotterdam en omstreken bevinden zich op verschillende toeritten richting de Rijkswegen TDI's. Op de toerit Delft-Zuid van de A13, aansluiting 10, ontstaat tijdens een groot gedeelte van de spits congestie als gevolg van het invoegende verkeer. De TDI op de westelijke toerit van de A13 richting Rotterdam is gebruikt als case voor de maatregel toeritdosering. Stroomopwaarts van de toerit liggen woningen van de gemeente Delft dicht langs de snelweg, waardoor hier vaak sprake is van perioden met verminderde luchtkwaliteit.

De westelijke toerit Delft-Zuid betreft een toerit met hoge intensiteiten. De etmaalintensiteit bedraagt circa 12.000 vtg/etmaal. In de spits bedraagt de gemiddeld intensiteit circa 700 vtg/u, met een maximum van 1.024 vtg/u om 17.00 uur. Het invoegende verkeer is ongeveer 13 % van het verkeer op de hoofdrijbaan stroomafwaarts van de toerit. Gedurende een groot deel van de spitsperioden wordt de maximale capaciteit van de hoofdrijbaan bereikt, welke 5.250 vtg/u bedraagt.

8.1.3. Uitvoeringsscenario's

Voor de maatregel toeritdosering zijn geen verschillende scenario's doorgerekend. De referentiesituatie waarbij geen toeritdosering aanwezig is op de toerit is vergeleken met de situatie waarbij wel toeritdosering van toepassing is.

Abbeelding 8.1 Locatie case maatregel toeritdosering



8.2 Verkeerskundige analyse

8.2.1. Uitgangspunten

In het maatregelenpakket van het verkeersmodel de Regionale BenuttingsVerkenner (RBV) zijn verschillende maatregelen opgenomen. De maatregel toeritdosering is een van de maatregelen binnen dit pakket. In de huidige situatie in het model is toeritdosering aanwezig op de westelijke toerit Delft-Zuid. Om de effecten van de TDI te analyseren zijn de modelresultaten van de huidige situatie (met TDI) vergeleken met de situatie waarbij de TDI stond uitgeschakeld. Uit evaluaties studies is gebleken dat de TDI op deze locatie tot positieve effecten heeft geleid voor de doorstroming op de snelweg.¹⁸

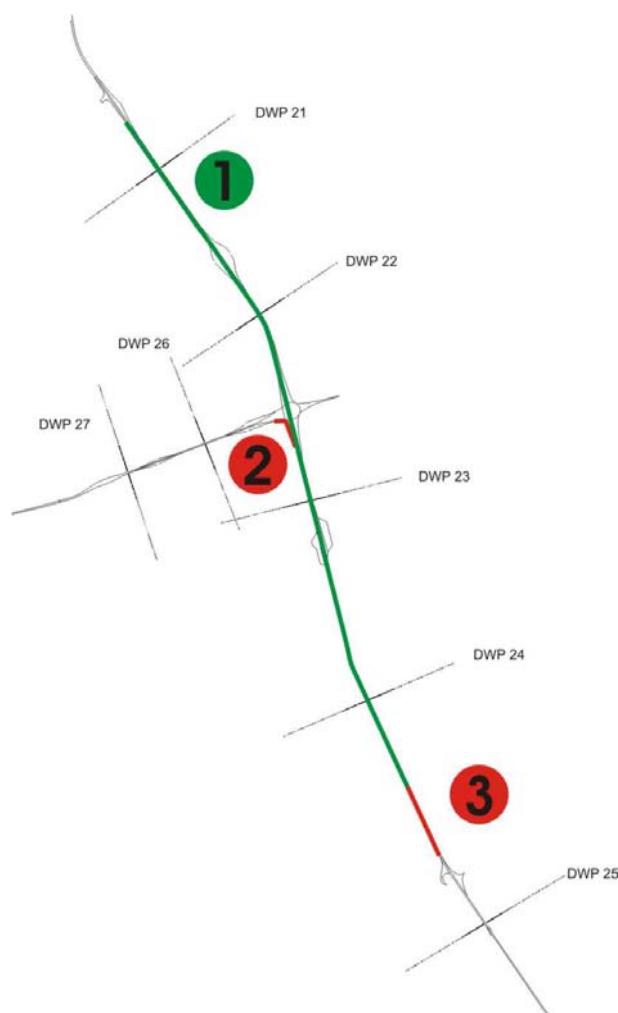
De effecten van de maatregel toeritdosering zijn geanalyseerd voor de snelweg A13 en het onderliggend wegennet van de N470 de aanvoerroute van de toerit.

8.2.2. Resultaten

Uit de verkeerskundige analyse blijkt dat door het toepassen van de TDI op de toerit Delft Zuid de filevorming op de A13 afneemt (1). De totale filezwaarte op de A13 is gedaald met 5,5 % (van 1.362 naar 1.287 km.min). De bottleneck verschuift van de toerit Delft-Zuid naar het begin van de 80 km zone ter hoogte van de afrit Berkel en Rodenrijs (2). Op het wegvak ter hoogte van de afrit Berkel en Rodenrijs is een toename van het aantal voertuigen in congestie waargenomen van 1.131 vtg/etmaal. Op het onderliggende wegennet hebben voornamelijk de toerit en het direct aansluitende wegvak van de toerit te maken met een toename van congestie (3). Op de toerit is de wachtrijlengte toegenomen. De verkeerskundige effecten van de maatregel zijn schematisch weergegeven in afbeelding 8.2.

¹⁸ Grontmij, toeritdosering A13 Delft-Zuid, november 1990 en Tweede evaluatie proef toeritdosering toerit Delft-Zuid A13, november 1991.

Afbeelding 8.2 Doorstromingseffecten maatregel toeritdosering



8.3 Impact op emissies en luchtkwaliteit

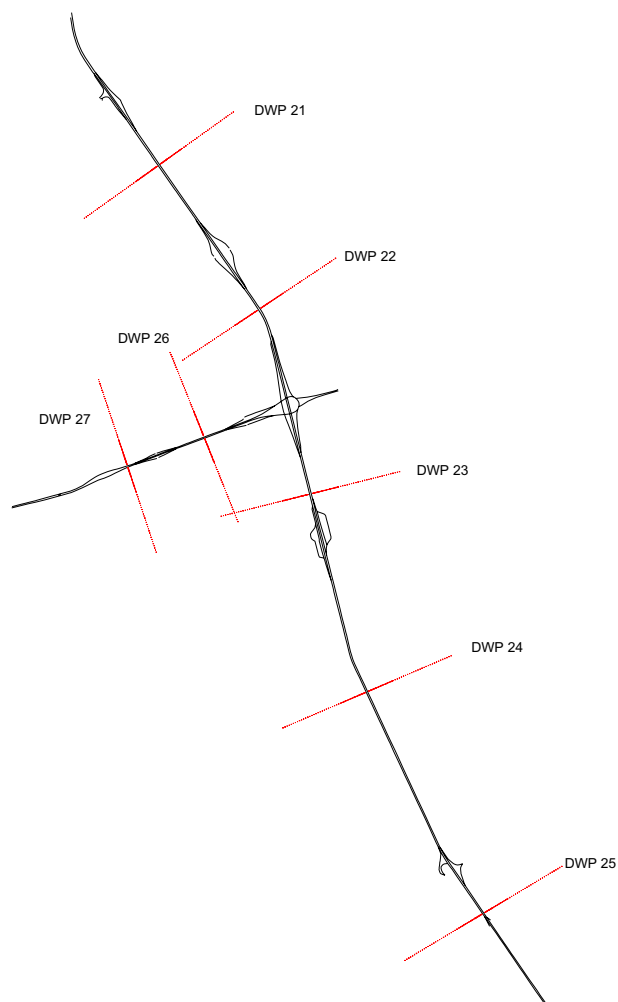
8.3.1. Uitgangspunten

Voor de berekening van de luchtkwaliteiteffecten van toeritdosering is gebruik gemaakt van het model Pluim Snelweg. Voor berekeningen met dit model zijn gegevens benodigd over de hoeveelheid verkeer per etmaal, de verdeling van het verkeer (licht, middelzwaar en zwaar) en de doorstroming (wel/geen congestie). De gegevens met betrekking tot de hoeveelheid verkeer en de doorstroming zijn afkomstig uit de Regionale BenuttingsVerkenner. De gegevens over de verdeling van het verkeer zijn afkomstig uit MTR+ data van Rijkswaterstaat. Ten behoeve van de parameter 'doorstroming' is de aanname gedaan dat indien de kwartier gemiddelde snelheden op de Rijkswegen onder de 50 km/u liggen er sprake van congestie. Voor de wegen op het onderliggend wegennet is voor de congestie een grenswaarde van 20 of 30 km/u gehanteerd, afhankelijk van de toegestane maximumsnelheid.

De luchtkwaliteit is berekend als concentratiedwarsprofiel op een 7 tal locaties. Deze locaties zijn gekozen op basis van veranderende intensiteiten. De locaties van

de dwarsprofielen zijn weergegeven in afbeelding 8.3. De concentratie PM_{10} is berekend op een toetsingsafstand van 10 m van de wegrand.

Afbeelding 8.3 Toetsingslocaties toeritdosering



8.3.2. Resultaten

Toeritdosering heeft geen effect op de luchtkwaliteit. Op geen van de 7 dwarsprofielen daalt de concentratie PM_{10} . Ondanks dat de congestie ter hoogte van dwarsprofiel 21 en 22 sterk daalt wordt hier geen daling in de concentratie PM_{10} waargenomen. Dat er geen verbetering in de luchtkwaliteit wordt gemeten komt doordat het verkeerseffect qua omvang en duur dermate kort is dat het niet leidt tot een vermindering van de daggemiddeldewaarde voor PM_{10} . De jaargemiddelde concentratie PM_{10} en het aantal overschrijdingsdagen zijn weergegeven in tabel 8.1. Op de concentratie NO_2 heeft de maatregel wel een lichte daling als effect. In bijlage V zijn de doorsnede plots van zowel de concentraties PM_{10} als NO_2 opgenomen.

Tabel 8.1 Resultaten PM₁₀ concentratie (µg/m³)

locatie	referentiesituatie		toeritdosering aan			
	jaargem.	# overschrijdingen	jaargem.	verschil (%)	# overschrijdingen	verschil (%)
richting 1						
21	32,1	35	32,1	0	35	0
22	31,4	36	31,4	0	36	0
23	31,7	37	31,7	0	37	0
24	32,3	40	32,3	0	40	0
25	33,1	44	33,1	0	44	0
26	28,2	24	28,2	0	24	0
27	28,5	25	28,5	0	25	0
richting 2						
21	30,4	32	30,4	0	32	0
22	30,6	33	30,6	0	33	0
23	30,6	33	30,6	0	33	0
24	31,7	37	31,7	0	37	0
25	32,6	42	32,6	0	42	0
26	28,4	25	28,4	0	25	0
27	28,6	26	28,6	0	26	0

Richting 1: noordoostkant van de weg.

Richting 2: zuidwestkant van de weg.

8.4 Conclusies

Toeritdosering heeft een positief effect op de doorstroming op het hoofdwegennet stroomopwaarts van de aansluiting waarop toeritdosering wordt toegepast. Uit de luchtmodellering blijkt echter dat het verkeerseffect qua omvang en duur dermate kort is, dat dit niet leidt tot een vermindering van de berekende daggemiddeldewaarde en dagoverschrijdingen PM₁₀.

9. Dosering hoofdrijbaan

9.1 Case beschrijving

9.1.1. Doel van de maatregel

Indien de som van het verkeersaanbod bij een samenvoeging van twee autosnelwegen groter is dan de afvoercapaciteit ontstaat er file op (één van) beide richtingen. Om de afwikkeling van het samenvoegende verkeer op dit soort locaties te verbeteren kunnen verschillende maatregelen worden ingezet, zoals infrastructurele aanpassingen, doseerinstallaties en afkruisen van een rijstrook. Bij samenvoegingen van de rijbanen krijgt de ene verkeersstroom dan voorrang ten koste van de andere stroom.

Met de maatregel dosering hoofdrijbaan wordt de samenvoeging van twee hoofdrijbanen gedoseerd. Dit gebeurt door met signalering één of meer rijstroken van één van de twee richtingen af te kruisen. Om de doorstroming op de richting waar een luchtknelpunt is (richting A) te bevorderen, wordt het verkeer op de andere richting (richting B) gebufferd door middel van het afkruisen van een rijstrook. Doordat er minder verkeer vanaf richting B bij het samenvoegpunt aankomt verloopt de afwikkeling van het samenvoegende verkeer beter, waardoor er een betere doorstroming is op richting A.

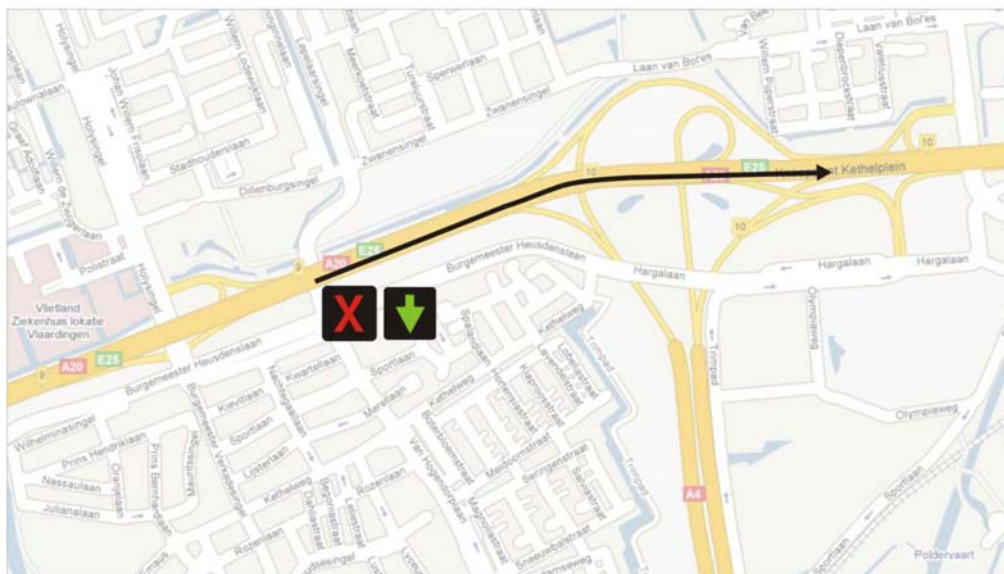
Het doel van de maatregel is het kunnen prioriteren van de belangrijkste verkeersstromen (doorstroming technisch gezien, of vanuit luchtkwaliteit standpunt) boven de andere verkeersstromen. Hiermee kan invloed uitgeoefend worden op de plaats van de files, waardoor bijvoorbeeld geen file ontstaat ter hoogte van het luchtknelpunt.

9.1.2. Case locatie

Voor de case dosering hoofdrijbaan is gekozen voor de locatie bij het knooppunt Kethelplein, de samenvoeging van de A4 vanuit het zuiden en de A20 vanuit het westen. Op de A20 vanuit Hoek van Holland wordt het verkeer gedoseerd doorgelaten zodat de doorstroming van het verkeer vanuit de A4 Beneluxtunnel richting A20 Kleinpolderplein verbetert. Gekozen is voor het Kethelplein, omdat in 2007 op deze locatie een proef heeft plaatsgevonden waarbij één rijstrook van de A20 is afgekruid ter bevordering van de doorstroming van het verkeer vanaf de A4.

In de avondspits bevindt zich op de A4 vanuit het zuiden congestie van 16.15 tot 18.45 uur. De maatregel wordt ingezet van 15.45 uur tot 19.15 uur. De etmaal intensiteit op de A20 ter hoogte van het invoegpunt bedraagt 59.800 voertuigen. 36 % (21.700 vtg) hiervan is afkomstig van de A20 en 64 % (38.100 vtg) vanaf de A4. De maximale intensiteit bedraagt op beide richtingen 2.550 vtg/u.

Afbeelding 9.1 Case locatie maatregel dosering hoofdrijbaan



9.1.3. Uitvoeringsscenario's

Voor de maatregel dosering hoofdrijbaan is één scenario doorgerekend. De referentiesituatie waarbij geen hoofdrijbaandosering wordt toegepast is vergeleken met de situatie waarbij wel hoofdrijbaandosering van toepassing is. Het afkruisen van de rijstrook wordt ingeschakeld in de perioden dat er congestie is op de richting waarlangs een luchtknelpunt ligt.

9.2 Verkeerskundige analyse

9.2.1. Uitgangspunten

De maatregel afkruisen rijstrook is een van de maatregelen in het maatregelenpakket van het verkeersmodel Regionale BenuttingsVerkenner (RBV). De maatregel wordt ingezet vlak voor het ontstaan van congestie en wordt uitgeschakeld op het moment dat de intensiteiten dusdanig zijn dat er geen problemen meer ontstaan ter hoogte van het samenvoegpunt. Voor de berekening van de verkeerskundige effecten van de maatregel, die als input fungeren voor de luchtkwaliteitsberekeningen, zijn met de RBV twee situaties doorgerekend:

1. referentiesituatie: geen rijbaandosering toegepast;
2. rijbaandosering ingeschakeld van 15.45 tot 19.15 uur.

Door het inschakelen van de maatregel afkruisen rijstrook in de RBV wordt het aantal rijstroken van de geselecteerde links met 1 verlaagd. Als gevolg hiervan wordt de capaciteit verlaagd met 2.000 vtg/u. Het afkruisen van de rijstroken heeft geen direct effect op de toegestane snelheden.

9.2.2. Resultaten

Als gevolg van de invoering van de maatregel is de totale filezwaarte gedaald met 1,6 % (90 km.min). Op de A20, de richting waar de rijstrook is afgekruist, is de filezwaarte met 200 % toegenomen (van 75 naar 226 km.min). Op de A4, de richting waarlangs het luchtknelpunt ligt, is de filezwaarte gedaald met 72 % (van 356 naar 98 km.min).

Op het gekozen traject zijn vier locaties waar te nemen waar veranderingen in de doorstroming ontstaan, zie afbeelding 9.2:

1. op het wegvak waar de twee verkeersstromen samenkomen is het aantal voertuigen in congestie afgenomen. Dit wordt veroorzaakt doordat het totaal aantal voertuigen in de perioden van het afkruisen van een rijstrook is afgenomen;
2. op de zuidelijke wegvakken van de A4 is de doorstroming verbeterd. De filezwaarte is afgenomen waardoor ook het aantal voertuigen in congestie is gedaald;
3. op de overgangsboog van de A4 naar de A20 is het aantal voertuigen in congestie gestegen. Dit komt doordat de snelheid tijdens congestie iets is toegenomen, waardoor er meer voertuigen kunnen passeren. Ondanks dat het aantal voertuigen in congestie is gestegen, is er een verbetering van de doorstroming waar te nemen als gevolg van de hogere rijksnelheden tijdens congestie;
4. op de A20 ten westen van het knooppunt Kethelplein is als gevolg van het afkruisen van de rijstrook extra file gecreëerd. Het totaal aantal voertuigen is iets afgenomen, maar het aantal voertuigen in congestie is sterk gestegen.

Doordat er (extra) file ontstaat op de A20 ten westen van het knooppunt Kethelplein neemt een deel van het verkeer een sluiproute via de Burgemeester Heusdenlaan. Het gaat hierbij om circa 200 vtg/etmaal.

Afbeelding 9.2 Doorstromingseffecten (filezwaarte) maatregel rijbaandosering



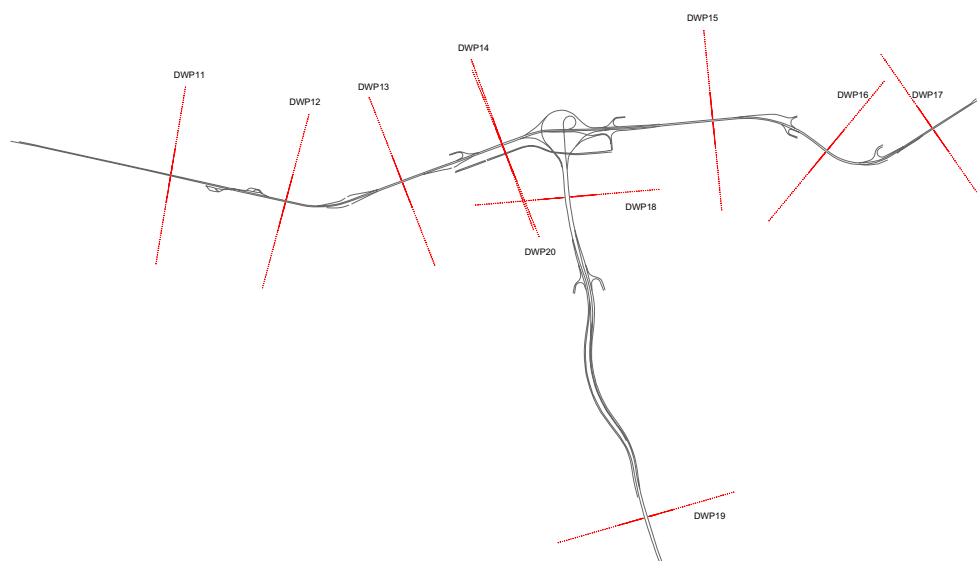
9.3 Impact op emissies en luchtkwaliteit

9.3.1. Uitgangspunten

Voor de berekening van de luchtkwaliteiteffecten van de maatregel dosering hoofdrijbaan is gebruik gemaakt van het model Pluim Snelweg. Voor berekeningen met dit model zijn gegevens benodigd over de hoeveelheid verkeer per etmaal, de verdeling van het verkeer (licht, middelzwaar en zwaar) en de doorstroming (wel/geen congestie). De gegevens met betrekking tot de hoeveelheid verkeer en de doorstroming zijn afkomstig uit de Regionale BenuttingsVerkenner (RBV). De

verdeling van het verkeer is afkomstig uit MTR+ data van Rijkswaterstaat. Ten behoeve van de parameter 'doorstroming' is de aanname gedaan dat indien de kwartiergemiddelde snelheden op de Rijkswegen onder de 50 km/u liggen er sprake is van congestie.

Afbeelding 9.3 Toetsingslocaties maatregel dosering hoofdrijbaan



De luchtkwaliteit is berekend als concentratiedwarsprofiel op een 10 tal locaties. Deze locaties zijn gekozen op basis van veranderende intensiteiten. De locaties van de dwarsprofielen zijn weergegeven in afbeelding 9.3. De concentratie PM_{10} is berekend op een toetsingsafstand van 10 meter van de wegrand.

9.3.2. Resultaten

De luchtkwaliteiteffecten van de maatregel dosering hoofdrijbaan zijn beperkt. Slechts op 2 locaties daalt de PM_{10} waarde met $0,1 \mu g/m^3$. Dit is de locatie ter hoogte van de afsluiting van de rijstrook op de A20 tussen de aansluiting Vlaardingen en het knooppunt Kethelplein. De andere locatie is het zuidelijke dwarsprofiel van de A4. Op deze locatie is het aantal voertuigen in congestie sterk gedaald, doordat de filelengte is afgenomen.

Op 1 locatie verslechtert de luchtkwaliteit als gevolg van de maatregel rijbaandosering met $0,1 \mu g/m^3$. Dit is de locatie op de A20 tussen de aansluitingen Vlaardingen-West en Maassluis. Deze toename van de PM_{10} waarde is het gevolg van de toename van de filelengte op de A20. De effecten van de maatregel zijn schematisch en in cijfers weergegeven in tabel 9.1 en afbeelding 9.4. In bijlage VI zijn de doorsnede plots van zowel de concentraties PM_{10} als NO_2 opgenomen.

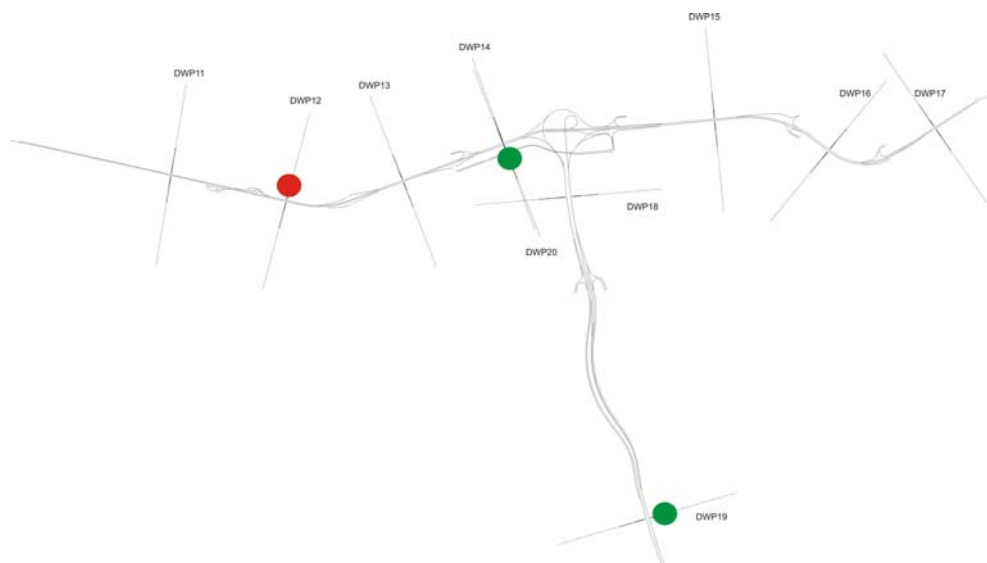
Tabel 9.1 Resultaten PM₁₀ concentratie (µg/m³)

locatie	referentiesituatie		dosering hoofdrijbaan aan			
	jaargem.	# overschrijdingen	jaargem.	verschil (%)	# overschrijdingen	verschil (%)
richting 1						
11	30,0	30	30,0	0	30	0
12	30,5	32	30,5	0	32	0
13	30,5	32	30,5	0	32	0
14	31,6	37	31,5	-0,1 (0,3%)	36	-1 (1,1%)
15	32,2	40	32,2	0	40	0
16	33,5	46	33,5	0	46	0
17	34,0	48	34,0	0	48	0
18	32,0	39	32,0	0	39	0
19	31,9	38	31,8	-0,1 (0,3%)	38	0
20	29,6	29	29,6	0	29	0
richting 2						
11	29,8	30	29,8	0	30	0
12	30,0	30	30,1	+0,1 (0,3%)	30	0
13	30,7	33	30,7	0	33	0
14	31,8	38	31,8	0	38	0
15	32,4	40	32,4	0	40	0
16	33,0	43	33,0	0	43	0
17	34,6	51	34,6	0	51	0
18	31,3	35	31,3	0	35	0
19	31,1	35	31,1	0	35	0
20	30,0	30	30,0	0	30	0

Richting 1: noordoostkant van de weg.

Richting 2: zuidwestkant van de weg.

Afbeelding 9.4 Effecten maatregel dosering hoofdrijbaan



9.4 Conclusies

Het effect van de maatregel hoofdrijbaan dosering is minimaal. De daling van de concentratie PM_{10} is slechts $0,1 \mu g/m^3$. Deze daling is zowel waar te nemen op de locatie waar 1 rijstrook is afgesloten, als op de locatie waar de filezwaarte als gevolg van de maatregel is gedaald. Op de locatie waar file is ontstaan als gevolg van het afkruisen van de rijstrook is een toename van de luchtkwaliteit waargenomen met slechts $0,1 \mu g/m^3$.

10. (Schoon) vrachtverkeer op busbaan

10.1 Case beschrijving

10.1.1. Doel van de maatregel

De maatregel (schoon) vrachtverkeer op de busbaan behelst het toelaten van andere doelgroepen op de busbaan, in dit geval (schoon) vrachtverkeer. Het doel van de maatregel is een goede doorstroming van (schoon) vrachtverkeer te waarborgen. De vluchtstrook van de snelweg wordt, tijdens filevorming gebruikt door de lijnbussen. Bij deze maatregel wordt naast de lijnbussen ook (schoon) vrachtverkeer toegelaten op de vluchtstrook.

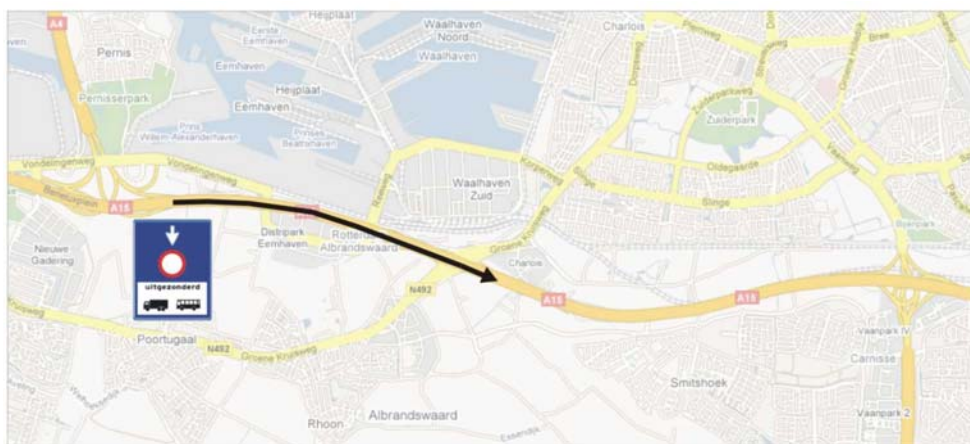


Vrachtwagens hebben een grotere impact op de uitstoot van schadelijke stoffen dan personenauto's. Met name het optrekken van vrachtverkeer zorgt voor hoge emissies. Het voorkomen van deze bewegingen, en dus het weren van vrachtverkeer uit files, kan leiden tot een verbetering van de luchtkwaliteit. Het toestaan van vrachtverkeer op de busbaan levert een tijdwinst op voor het betreffende vrachtverkeer. Door alleen schoon vrachtverkeer (Euroklasse 4 en 5) toe te staan op de busbaan wordt daarnaast een stimulans gecreëerd om schone voertuigen aan te schaffen.

10.1.2. Case locatie

De effecten van de maatregel (schoon) vrachtverkeer op de busbaan zijn getoetst op de zuidelijke baan van de A15 tussen het knooppunt Beneluxplein en de aansluiting Charlois. Op dit traject zal het (schone) vrachtverkeer niet meer in de file rijden, maar maakt bij filevorming op de hoofdrijbaan gebruik van de vluchtstrook / doelgroepstrook.

Afbeelding 10.1 Case locatie maatregel (schoon) vrachtverkeer op de busbaan



De gemiddelde intensiteit op het traject bedraagt overdag (06.00 - 20.00 uur) 5.000 vtg/u, met een maximum van 6.850 vtg/u. In de avondspits ontstaat er gedurende

3,5 uur (van 15.45 tot 19.15 uur) congestie op het traject tussen het Beneluxplein en de afrit Charlois. Op de A15 rijdt veel vrachtverkeer, gemiddeld 14 % van het verkeer valt onder de categorie middelzwaar- of zwaar (respectievelijk 6 % en 8 %), met een maximum van 28 % (respectievelijk 10 % en 18 %) wat behaald wordt rond 04.00 uur 's nachts.

10.1.3. Uitvoeringsscenario's

Voor de maatregel (schoon) vrachtverkeer op de busbaan zijn twee uitvoeringsscenario's doorgerekend:

1. al het vrachtverkeer wordt toegestaan op de busbaan, met als doel het verminderen van een lokale emissiepiek;
2. alleen vrachtverkeer dat voldoet aan Euroklasse 4 of 5 wordt toegestaan op de busbaan, met als lange termijn doel de stimulering van schone voertuigen.

Voor het vrachtverkeer in Nederland bestaat een indeling in Euroklassen. In het convenant milieuzoneringen is vastgesteld dat schone voertuigen minimaal aan de Euroklasse EURO-4 moeten voldoen. De schalingsfactoren uit CARII versie 1 zijn gehanteerd om de verdeling tussen schoon en vies vrachtverkeer te maken, zie tabel 10.1. Volgens deze indeling is 59 % van het middelzware vrachtverkeer schoon en valt binnen de Euroklasse 4 en 5. Van het zware vrachtverkeer valt 65 % onder de Euroklasse 4 en 5.

Tabel 10.1 Samenstelling Euroklasse middelzwaar en zwaar vrachtverkeer

	middelzwaar verkeer	zwaar verkeer
Euro 0 + pre euro	3,5 %	2 %
Euro-1	8 %	5,5 %
Euro-2, zonder roetfilter	3,5 %	3,25 %
Euro-2, met roetfilter	3,5 %	3,25 %
Euro-3, zonder roetfilter	11,25 %	10,5 %
Euro-3, met roetfilter	11,25 %	10,5 %
Euro-4	36 %	34,5 %
Euro-5	23 %	30,5 %

Bron: SOLVE CROW, 2007, bewerking door Witteveen+Bos.

10.2 Verkeerskundige analyse

10.2.1. Uitgangspunten

Uit het onderzoek naar de doelgroepstrook voor vrachtverkeer op de A16 bij Rotterdam¹⁹ blijkt dat als er file is, er een aanzienlijke reistijdwinst wordt gerealiseerd voor het doelgroepverkeer. De doelgroepstrook slibt niet of nauwelijks dicht terwijl er op de hoofdrijbaan wel sprake is van congestie. Uit het onderzoek blijkt daarnaast dat door de openstelling van de doelgroepstrook de filelengte op de hoofdrijbaan niet wezenlijk is gewijzigd.

Bij de analyse van de effecten van de maatregel op de luchtkwaliteit is er vanuit gegaan dat het aantal personenauto's dat zich op het traject in congestie bevindt gelijk is gebleven en dat het aantal vrachtwagens in congestie is afgenomen. Bij variant 1 waarbij al het vrachtverkeer is toegestaan op de busbaan wordt het

¹⁹ Transpute, Evaluatie onderzoek: SDG-strook voor het vrachtverkeer op de A16 bij Rotterdam, januari 1994, in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland.

aandeel vrachtverkeer in congestie teruggebracht naar 0 vtg/u. Bij variant 2 wordt alleen het schone vrachtverkeer (Euroklasse 4 en 5) toegestaan op de busbaan. Het aandeel middelzwaar vrachtverkeer in congestie wordt teruggebracht met 59 % en het aandeel zwaar vrachtverkeer in congestie daalt met 65 %.

Voor de berekeningen van de intensiteiten en congestiemomenten tijdens de referentiesituatie is gebruik gemaakt van de Regionale BenuttingsVerkenner (RBV). Daarnaast is op basis van MoniCa gegevens van Rijkswaterstaat bepaald welk percentage middelzwaar- en zwaar verkeer er gedurende de verschillende momenten van de dag aanwezig is.

10.2.2. Resultaten

In vergelijking met de referentie situatie, waarbij gedurende 3,5 uur per dag sprake is van congestie op het traject, is het aantal vrachtwagens in congestie sterk gedaald. Indien al het vrachtverkeer wordt toegestaan op de busbaan (variant 1) daalt het aantal voertuigen in congestie over het etmaal gezien met 9 %. Indien alleen het schone vrachtverkeer wordt toegestaan op de busbaan, wordt een daling van 5 % waargenomen.

Tabel 10.2 Resultaten verkeerskundige analyse

	variant 1: alle vrachtverkeer	variant 2: schoon vrachtverkeer
afname aantal voertuigen in congestie	9 %	5 %

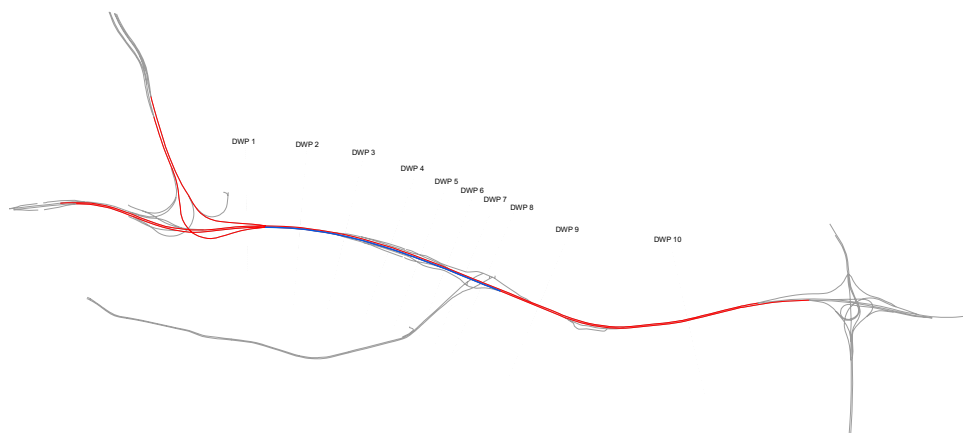
10.3 Impact op emissies en luchtkwaliteit

10.3.1. Uitgangspunten

Voor de berekening van de effecten van de maatregel (schoon) vrachtverkeer op de busbaan is gebruik gemaakt van het model Pluim Snelweg. Hiervoor zijn gegevens benodigd met betrekking tot de hoeveelheid verkeer per etmaal, de verdeling van het verkeer (licht, middelzwaar en zwaar) en de doorstroming (wel/geen congestie). De hoeveelheid verkeer is afkomstig uit de berekeningen met de RBV. De verdeling van het verkeer is afkomstig uit MoniCa gegevens van Rijkswaterstaat en voor de bepaling van de doorstroming is gebruik gemaakt van de snelheidsgegevens uit de RBV. Indien de kwartier gemiddelde snelheden onder de 50 km/u liggen is gedurende deze periode sprake van congestie.

De luchtkwaliteit is berekend als concentratiedwarsprofiel op een 10-tal locaties. Deze locaties zijn gekozen op basis van veranderende intensiteiten. De locaties van de dwarsprofielen zijn weergegeven in afbeelding 10.2. De concentratie PM₁₀ is berekend op een toetsingsafstand van 10 m van de wegrand.

Abbeelding 10.2 Toetsingslocaties (schoon) vrachtverkeer op busbaan



Voor de berekening van variant 2, waarbij alleen het schone vrachtverkeer op de busbaan rijdt, zijn de emissiefactoren aangepast. Doordat op de hoofdrijbaan alleen nog vrachtverkeer met Euroklasse 0 tot 3 rijdt zal de gemiddelde emissie per vrachtwagen daar toenemen. Om deze aangepaste emissiefactoren te berekenen is gebruik gemaakt van:

- de verdeling van het verkeer met de verschillende Euroklasse binnen de categorieën middelzwaar en zwaar vrachtverkeer. Deze verdeling is afkomstig uit de rapportage 'Grondslagen effectberekeningen Solve'²⁰. Deze verdeling is eveneens weergegeven in tabel 10.1.
- de verhouding tussen de emissiekengetallen voor de verschillende Euroklasse voor zowel middelzwaar als zwaar vrachtverkeer. Deze kengetallen zijn afkomstig uit de rapportage 'Basisgegevens Solve'²¹.
- de emissiekengetallen uit Pluim Snelweg.

10.3.2. Resultaten

De luchtkwaliteitseffecten van de maatregel (schoon) vrachtverkeer op de busbaan zijn beperkt. Indien al het vrachtverkeer wordt toegestaan op de busbaan (variant 1) vindt er op alle doorsnedes ter hoogte van de busbaan een reductie van PM_{10} plaats. Maximaal wordt een reductie van $0,2 \mu g/m^3$ bereikt. Voor variant 2, waarbij alleen het schone vrachtverkeer wordt toegestaan op de busbaan, wordt slechts op 2 locaties een reductie waargenomen. Deze afname bedraagt slechts $0,1 \mu g/m^3$. Slechts op deze twee locaties wordt een afname waargenomen omdat de verkeersintensiteit op deze locaties hoger ligt dan op de andere locaties. Hieruit blijkt echter wel dat de afname minimaal is, waardoor hij bij een lagere verkeersintensiteit niet meer waarneembaar is.

De mogelijke effecten als gevolg van de veranderde voertuigsamenstelling door de stimulans voor het aanschaffen van schonere voertuigen is niet meegenomen. De effecten hiervan zullen hoogstwaarschijnlijk verwaarloosbaar zijn.

De effecten van de twee varianten van de maatregel zijn schematisch weergegeven in afbeelding 1.12. In bijlage VII zijn de doorsnede plots opgenomen.

²⁰ SOLVE CROW, Grondslagen effectberekeningen SOLVE, juli 2007.

²¹ CE, Basisgegevens SOLVE, uitgangspunten notitie voor deelprojecten SOLVE, juni 2006.

Tabel 10.3 Resultaten PM₁₀ concentratie (µg/m³) variant 1

locatie	referentiesituatie		variant 1: al het vrachtverkeer op busbaan			
	jaargem.	# overschrijdingen	jaargem.	verschil (%)	# overschrijdingen	verschil (%)
richting 1						
1	31,0	34	31,0	0	34	0
2	31,2	35	31,1	-0,1 (0,3%)	35	0
3	30,6	33	30,5	-0,1 (0,3%)	32	-0,4 (1,2%)
4	30,2	31	30,1	-0,1 (0,3%)	31	0
5	30,3	32	30,2	-0,1 (0,3%)	31	-0,4 (1,3%)
6	30,6	33	30,5	-0,1 (0,3%)	32	-0,4 (1,2%)
7	31,0	34	30,9	-0,1 (0,3%)	34	0
8	31,2	35	31,0	-0,2 (0,6%)	34	-0,8 (2,3%)
9	32,1	39	32,1	0	39	0
10	31,6	37	31,6	0	37	0
richting 2						
1	30,9	34	30,9	0	34	0
2	31,0	34	30,9	-0,1 (0,3%)	34	0
3	30,5	32	30,4	-0,1 (0,3%)	32	0
4	30,1	31	29,9	-0,2 (0,7%)	31	-0,7 (2,3%)
5	30,2	31	30,0	-0,2 (0,7%)	30	-0,7 (2,3%)
6	30,5	32	30,4	-0,1 (0,3%)	32	0
7	30,8	33	30,6	-0,2 (0,6%)	33	0
8	30,9	34	30,8	-0,1 (0,3%)	33	-0,4 (1,2%)
9	31,6	37	31,6	0	37	0
10	31,7	37	31,7	0	37	0

Richting 1: noordzijde van de weg.

Richting 2: zuidzijde van de weg.

Tabel 10.4 Resultaten PM₁₀ concentratie (µg/m³) variant 2

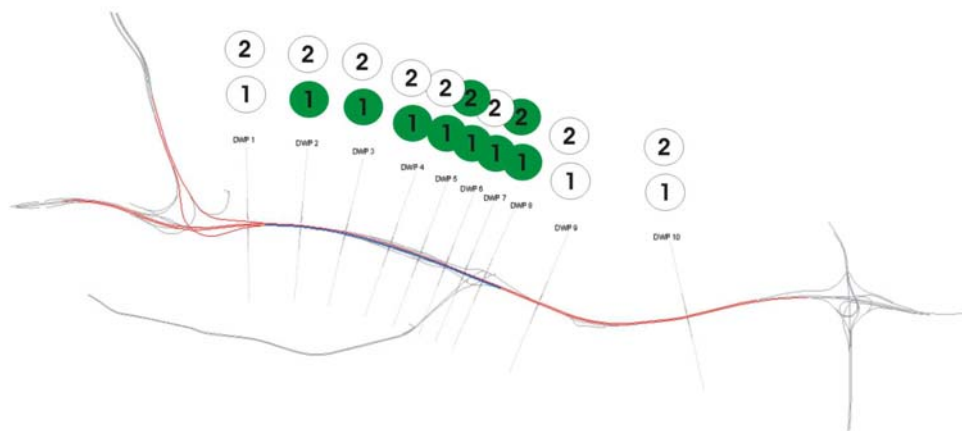
locatie	referentiesituatie		variant 2: schoon vrachtverkeer op busbaan			
	jaargem.	# overschrijdingen	jaargem.	verschil (%)	# overschrijdingen	verschil (%)
richting 1						
1	31,0	34	31,0	0	34	0
2	31,2	35	31,2	0	35	0
3	30,6	33	30,6	0	33	0
4	30,2	31	30,2	0	31	0
5	30,3	32	30,3	0	32	0
6	30,6	33	30,5	-0,1 (0,3%)	32	-0,4 (1,2%)
7	31,0	34	31,0	0	34	0
8	31,2	35	31,1	-0,1 (0,3%)	35	0
9	32,1	39	32,1	0	39	0
10	31,6	37	31,6	0	37	0
richting 2						
1	30,9	34	30,9	0	34	0
2	31,0	34	31,0	0	34	0
3	30,5	32	30,5	0	32	0
4	30,1	31	30,1	0	31	0
5	30,2	31	30,2	0	31	0
6	30,5	32	30,4	-0,1 (0,3%)	32	0
7	30,8	33	30,7	-0,1 (0,3%)	33	0
8	30,9	34	30,9	0	34	0
9	31,6	37	31,6	0	37	0

locatie	referentiesituatie		variant 2: schoon vrachtverkeer op busbaan			
	jaargem.	# overschrijdingen	jaargem.	verschil (%)	# overschrijdingen	verschil (%)
10	31,7	37	31,7	0	37	0

Richting 1: noordzijde van de weg.

Richting 2: zuidzijde van de weg.

Afbeelding 10.3 Effecten (schoon) vrachtverkeer op busbaan per variant (1,2)



10.4 Conclusies

Uit de analyse van de maatregel (schoon) vrachtverkeer op de busbaan blijkt dat de effecten op de luchtkwaliteit minimaal zijn. Op de case locatie wordt slechts een reductie van maximaal $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bereikt indien al het vrachtverkeer wordt toegestaan op de busbaan. Indien alleen het schone vrachtverkeer (Euroklasse 4 en 5) wordt toegestaan op de busbaan is het effect nog minder. Echter het uiteindelijke doel van het toestaan van schoon vrachtverkeer op de busbaan is het stimuleren van het gebruik van schone voertuigen. Mogelijk wordt dit effect op lange termijn bereikt met deze maatregel, omdat het comfort voor het vrachtverkeer sterk verbetert en er met de maatregel een signaal uitgaat over de belangen van een betere luchtkwaliteit.

11. Conclusies en aanbevelingen

11.1 Effecten casestudies

Het doel van het project is het geven van inzicht in het effect van DVM-maatregelen op de luchtkwaliteit. Enerzijds door het geven van inzicht in de mate waarin de zes DVM-maatregelen een bijdrage kunnen leveren aan het afvlakken van de pieken in de daggemiddelde concentratie PM_{10} , anderzijds door het geven van inzicht in de invloed die deze maatregelen hebben op het aantal overschrijdingsdagen. Om meer inzicht te krijgen in de effecten van de zes DVM-maatregelen op de luchtkwaliteit zijn twaalf cases onderzocht. De twaalf cases zijn weergegeven in tabel 11.1.

Tabel 11.1. Samenvatting cases

case nr.	maatregel	variant
1	regionaal routeadvies	V1: geen congestie, opvolgingsniveau 1,5 %
2		V2: geen congestie, opvolgingsniveau 3 %
3		V3: geen congestie, opvolgingsniveau 6 %
4		V4: wel congestie, file informatie
5	lokaal routeadvies	V1: geen congestie
6		V2: congestie op knelpunt route
7		V3: congestie op beide routes
8	lokale omleiding	<i>Geen luchtberekeningen</i>
9	toeritdosering	V1: toeritdosering aan
10	dosering hoofdrijbaan	V1: dosering hoofdrijbaan aan
11	(schoon) vrachtverkeer	V1: alle vrachtverkeer op busbaan
12	op busbaan	V2: alleen schoon vrachtverkeer op busbaan

Het bereikte effect bij de zes cases is sterk afhankelijk 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 maatregelen die op de rijkswegen worden ingezet hebben een beperkte invloed op de afname van de concentratie PM_{10} langs de Rijkswegen. 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} . Aan de maatregel lokaal routeadvies is te zien dat het effect groter is op stedelijke wegen. Door veranderde stagnatie die optreedt door de verandering van de verkeersstromen kan de concentratie PM_{10} met 0,8 $\mu g/m^3$ dalen.

Tabel 11.2. geeft de afwegingsmatrix weer. Hierin zijn voor de twaalf cases van de zes maatregelen aangegeven welk effect bereikt kan worden bij de voor die case geldende verkeerssituatie.

Tabel 11.2. Afwegingsmatrix effecten cases DVM-maatregelen

haalbare reductie	regionaal routeadvies				lokaal routeadvies			lokale omleiding	toerit-dosering	dosering hoofdrij-baan	(schoon) vrachtverkeer op busbaan	
case nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	V1: 1,5%	V2: 3%	V3: 6%	V4	V1	V2	V3	V1	V1	V1	V1	V2
µg/m³												
0,0								nvt	geen			
0,1									effect			
0,2												
0,3												
0,4												
0,5												
0,6												
0,7												
0,8												
# dagen												
1					geen			nvt	geen			
2					effect				effect			
3												
4												

11.2 Impact modelleringmethoden

Het effect van de DVM-maatregelen op de verbetering van de luchtkwaliteit is lager dan vooraf verwacht. Dit wordt verklaard door drie aspecten:

- in het luchtmodel Pluim Snelweg wordt slechts onderscheidt gemaakt in twee stadia van doorstroming;
- doordat gebruik is gemaakt van een macroscopisch model is de individuele voertuigdynamiek niet meegenomen;
- er wordt relatief weinig file waargenomen op de case locaties.

Bij de luchtberekeningen met het model Pluim Snelweg is alleen onderscheidt gemaakt tussen verkeer in congestie (< 50 km/u) en verkeer met een vrije doorstroming (> 50 km/u). Daarnaast verschillen de emissiefactoren tussen congestie en vrije doorstroming voor personenauto's weinig van elkaar waardoor het effect van filevermindering minimaal is. Het verschil in emissiefactoren voor vrachtwagens is wat groter.

Tabel 11.3 Emissiefactoren in gr/km voor Nederlandse snelwegen voor 2010

snelheidslimiet (km/h)	personenauto's		middelzware vrachtwagens		zware vrachtwagens	
	geen file	file	geen file	file	geen file	file
80+strikte handhaving	0.030	0.041	0.195	0.472	0.187	0.435
80	0.033	0.041				
100	0.035	0.041	0.198	0.472	0.189	0.435
120	0.041	0.041				

In tabel 11.3 zijn de gehanteerde emissiefactoren 2010 zonder en met congestie weergegeven. Hierbij moet worden bedacht dat er op een dag maximaal sprake is

van 50 % congestie (d.w.z. de helft van de etmaalintensiteit staat in de file). Het relatieve effect is daarmee maximaal de helft van het verschil tussen de emissiefactoren.

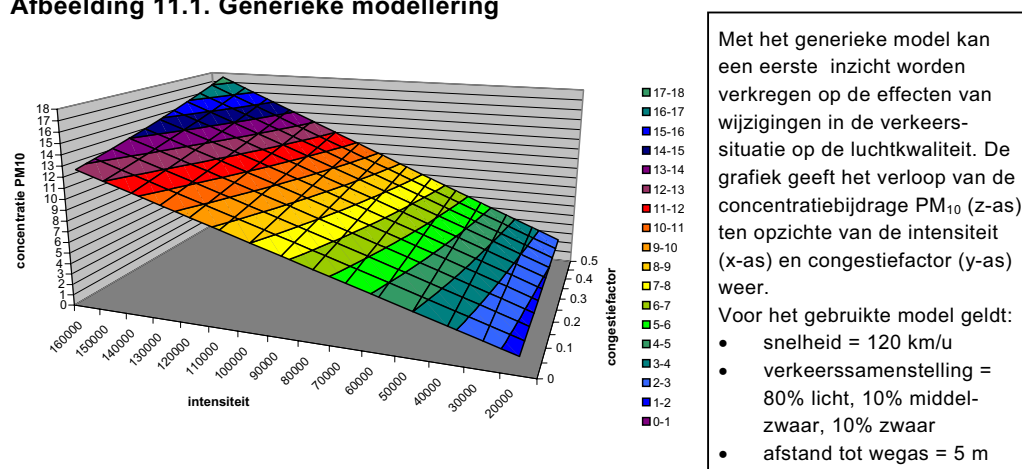
Het effect van de dynamiek in het verkeer is een belangrijke factor bij het ontstaan van luchtvervuiling. Bij de analyse van de effecten is gebruik gemaakt van macroscopische modellen. Macroscopische berekeningen leveren geen informatie op over de individuele voertuigdynamiek, aangezien de verkeersstroom beschreven in macroscopische parameters nauwelijks wijzigt. Het is echter goed mogelijk dat twee verschillende verkeersstromen zich in macroscopische termen hetzelfde laten beschrijven, terwijl de dynamiek van de voertuigen wezenlijk verschilt. Bijvoorbeeld wanneer in de ene stroom de voertuigen in congestie een redelijk constante snelheid hebben, terwijl in de andere verkeersstroom de voertuigen in congestie veel optrekken en afremmen. In werkelijkheid zal het resultaat zijn dat vanwege de betere doorstroming in de eerste stroom de verkeersemissies minder zijn dan in het tweede geval.

DVM-maatregelen zorgen naast een afname van de congestievorming ook voor een homogenere verkeersstroom, oftewel minder optrek- en afrembewegingen maar een constantere rijsnelheid. Dit effect van DVM-maatregelen is niet meegenomen in het onderzoek, maar heeft wel degelijk een positief effect op de luchtkwaliteit. Uitgaande van het effect van strikte handhaving bij 80 km/h mag worden verwacht dat dit op de emissie van personenauto's maximaal 9% effect zal hebben. Voor vrachtwagen wordt hiervan overigens niet zo veel verwacht. Dit effect neemt overigens af tot maximaal 4% in 2020 vanwege het schoner worden van de motoren in de toekomst.

11.3 Generieke modellering

Uit het generieke model blijkt dat een reductie van de concentratie PM_{10} sterk afhankelijk is van het verkeersvolume. Om een reductie van de concentratie PM_{10} van $1 \mu g/m^3$ te behalen moet de congestiefactor worden teruggebracht met 10 % tot 60 % afhankelijk van het verkeersvolume. Een zelfde effect op de afname van de concentratie PM_{10} is te bereiken door het verkeersvolume, afhankelijk van de congestie situatie, met 9.000 tot 12.500 vtg/etmaal terug te brengen.

Afbeelding 11.1. Generieke modellering



Een reductie van de congestie met 3% is verkeerstechnisch gezien een hele prestatie. Luchtkwaliteitstechnisch gezien levert een reductie van de congestie bij

gelijkblijvende intensiteiten echter weinig op, namelijk maar tussen de 0,03 en 0,31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ afhankelijk van de intensiteit.

Ter illustratie de maatregel Regionaal Routeadvies. Ter hoogte van het knooppunt Ridderkerk rijden circa 140.000 vtg/etmaal. 30 % hiervan heeft een bestemming via knooppunt Kleinpolderplein. Dat zijn circa 42.000 vtg/etmaal. Om een afname van de concentratie PM_{10} van 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ te behalen moet het verkeersvolume afnemen met circa 10.000 vtg/etmaal. Om dit te behalen moet bijna 25% van het verkeer richting Kleinpolderplein het routeadvies opvolgen. Dit is veel meer dan de in het onderzoek gehanteerde 1,5 %, 3 % en 6%.

Een ander voorbeeld toeritdosering. Met behulp van deze maatregel wordt de doorstroming op het hoofdwegennet verbeterd. De maatregel op het onderzochte netwerk geleidt tot een daling van de totale filezwaarte met 5,5 %. Dit is verkeerskundig gezien een heel groot effect. Deze verbetering van de doorstroming heeft echter niet geleidt tot een daling van de concentratie PM_{10} . Om een daling van de concentratie PM_{10} van 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ te bereiken moet de congestiefactor op deze locatie met 0,18 worden teruggebracht. In de huidige situatie is de congestiefactor 23% (5,5 uur), oftewel er is een daling van 78%. Dit is niet realistisch met de maatregel toeritdosering. Kleinere reducties van de concentratie PM_{10} zijn wel goed haalbaar.

11.4 Aanbevelingen

Aanbeveling hoe om te gaan bij het aanpakken van een luchtknelpunt

Indien voor een bepaalde locatie bekend is hoe vaak de concentratie PM_{10} wordt overschreden en met welke hoeveelheid, kan een streefwaarde worden opgesteld voor de benodigde reductie. Met behulp van het generieke model kan bepaald worden welke daling in intensiteiten en verbetering van de doorstroming globaal gezien benodigd is om deze reductie te kunnen bereiken. Aan de hand van de benodigde daling van de intensiteit en/of congestie afname kan bepaald worden met welke DVM-maatregel dit haalbaar is.

Aanbeveling hoe effect bepaling “robuuster gemaakt kan worden

De koppeling tussen de verkeerskundige effecten van een maatregel en de bijbehorende luchtkwaliteiteffecten zijn in deze studie alleen uitgevoerd voor de zes case locaties. De effecten van een DVM-maatregel zijn echter sterk afhankelijk van de aanwezige filevorming en etmaal- en spitsintensiteiten. Om een beter beeld te kunnen krijgen van de te bereiken afname van de intensiteit en verbetering van de doorstroming zal het effect van de zes DVM-maatregelen voor verschillende verkeerssituaties moeten worden doorgerekend/bepaald.

Aanbeveling tot uitbreiding onderzoek met dynamiekfactor

Veel DVM-maatregelen hebben als doel het verbeteren van de homogeniteit van de verkeersstroom. De verandering van deze dynamiek in het verkeer heeft een grote invloed op de luchtkwaliteit. In het onderzoek is deze dynamiek niet meegenomen. Om een beter inzicht te krijgen in het lokale effect van de DVM-maatregelen zal het effect van de homogenisering van de verkeersstromen moeten worden meegenomen.

Literatuurlijst

Besluit luchtkwaliteit van 11 juni 2001.

Besluit luchtkwaliteit van 20 juni 2005.

Bureau Onderweg, Vulling RBV Regio Rotterdam, AVV607/MS/061222, in opdracht van Rijkswaterstaat Adviesdienst Verkeer en Vervoer, december 2006.

CE, Basisgegevens SOLVE, uitgangspunten notitie voor deelprojecten SOLVE, juni 2006.

Drewes, W., Luchtkwaliteit op (de) weg met ITS, Witteveen+Bos en Universiteit Twente, augustus 2006.

Grontmij Afdeling Infrastructuur, Toeritdosering A-13 Delft-Zuid, in opdracht van Rijkswaterstaat dienst Verkeerskunde, november 1990.

Grontmij Afdeling Infrastructuur, Tweede evaluatie proef toeritdosering toerit Delft-Zuid A13, in opdracht van Rijkswaterstaat dienst Verkeerskunde, november 1991.

Milieu- en Natuurplanbureau (MNP), Matthijsen, J. en H. Visser, PM₁₀ in Nederland, rekenmethodiek, concentratie en onzekerheden, MNP rapport 5000093005/2006, 2006.

Milieu- en Natuurplanbureau (MNP), Milieubalans 2005, 2005.

SOLVE CROW, Grondslagen effectberekeningen SOLVE, juli 2007.

Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, Wet van 11 oktober 2007 tot wijziging van de wet milieubeheer (luchtkwaliteitseisen), 2007.

TNO Industrie en techniek, Algemene PM₁₀, NO_x en NO₂ Emissiefactoren voor Nederlandse Snelwegen, TNO-rapport 06.OR.PT.029.1/RS, 5 december 2006.

TNO Bouw en Ondergrond, Handleiding CARII, versie 6.1, TNO-rapport 2007-A-R0788/B, juli 2007.

Transpute, Evaluatieonderzoek: SDG-strook voor het vrachtverkeer op de A16 bij Rotterdam, in opdracht van Rijkswaterstaat, januari 1994.

Transpute, Evaluatieonderzoek: Dynamische Route Informatie Panelen (DRIP's) aan de noordzijde van de Ring van Rotterdam, in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland, mei 1997.

Witteveen+Bos, Verkenningssstudie Verkeersmanagement voor luchtkwaliteit, DT225-2/zutd/007, in opdracht van Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouw Innovatieprogramma Luchtkwaliteit, 31 januari 2006.

Website DCMR Milieudienst Rijnmond, Luchtmeetnet actuele meetwaarden, <http://www.dcmr.nl/luchtkwaliteit/index.htm>, 2005.

Website RIVM, <http://www.rivm.nl/milieuportaal/dossier/fijnstof>, september 2007.

Bijlage I: Emissiefactoren voor Nederlandse wegen

Tabel: Emissiefactoren Nederlandse snelwegen

Berekende PM₁₀ en NO_x emissiefactoren in gram per km voor Nederlandse snelwegen voor vier combinaties van snelheidslimiet en handhavingssituatie en twee congestiesituaties ("File" en "Overig").

PM ₁₀ "File"		Lichte Voertuigen				Middelzware Voertuigen				Zware Voertuigen			
Basisjaar \ Snelheidslimiet		80 + SH	80	100	120	80 + SH	80	100	120	80 + SH	80	100	120
2005			0.062				0.698				0.690		
2010			0.041				0.472				0.435		
2015			0.031				0.310				0.278		
2020			0.028				0.248				0.243		

PM ₁₀ "Overig"		Lichte Voertuigen				Middelzware Voertuigen				Zware Voertuigen			
Basisjaar \ Snelheidslimiet		80 + SH	80	100	120	80 + SH	80	100	120	80 + SH	80	100	120
2005		0.047	0.051	0.054	0.060	0.264		0.270		0.279		0.283	
2010		0.030	0.033	0.035	0.041	0.195		0.198		0.187		0.189	
2015		0.025	0.027	0.029	0.032	0.152		0.153		0.145		0.145	
2020		0.024	0.025	0.027	0.029	0.136		0.136		0.136		0.136	

NO _x "File"		Lichte Voertuigen				Middelzware Voertuigen				Zware Voertuigen			
Basisjaar \ Snelheidslimiet		80 + SH	80	100	120	80 + SH	80	100	120	80 + SH	80	100	120
2005			0.64				14.70				18.93		
2010			0.50				10.63				11.86		
2015			0.48				7.26				7.30		
2020			0.51				5.83				6.27		

NO _x "Overig"		Lichte Voertuigen				Middelzware Voertuigen				Zware Voertuigen			
Basisjaar \ Snelheidslimiet		80 + SH	80	100	120	80 + SH	80	100	120	80 + SH	80	100	120
2005		0.36	0.39	0.41	0.46	6.04		6.43		7.59		7.77	
2010		0.14	0.16	0.17	0.21	4.17		4.35		4.70		4.66	
2015		0.11	0.13	0.14	0.17	2.81		2.90		2.93		2.89	
2020		0.11	0.13	0.13	0.16	2.25		2.29		2.52		2.48	

bron: TNO Industrie en techniek, Algemene PM₁₀, NO_x en NO₂ Emissiefactoren voor Nederlandse Snelwegen, 5 december 2006

Tabel: Emissiefactoren Nederlandse stedelijke wegen in 2010

2010				g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	mg/km
categorie	rijnsnelheid	snelheidstype	NOx	NO2	PM10	CO	SO2	benzeen	BaP	
personenauto's	100	a	0.215	0.067	0.041	0.543	0.0012	0.0005	0.00011	
personenauto's	44	b	0.224	0.065	0.035	0.592	0.0010	0.0012	0.00017	
personenauto's	26	e	0.481	0.115	0.062	1.940	0.0018	0.0095	0.00109	
personenauto's	19	c	0.481	0.115	0.062	1.940	0.0018	0.0095	0.00109	
personenauto's	13	d	0.747	0.184	0.065	3.014	0.0026	0.0103	0.00149	
middelzware vrachtwagens	90	a	4.352	0.290	0.198	0.816	0.0041	0.0048	0.00353	
middelzware vrachtwagens	44	b	5.252	0.352	0.228	1.091	0.0047	0.0063	0.00483	
middelzware vrachtwagens	26	e	5.901	0.396	0.247	2.058	0.0072	0.0180	0.01119	
middelzware vrachtwagens	19	c	8.323	0.559	0.344	2.058	0.0072	0.0180	0.01119	
middelzware vrachtwagens	13	d	13.645	0.916	0.546	2.058	0.0072	0.0180	0.01119	
vrachtwagens	90	a	4.616	0.312	0.179	0.460	0.0055	0.0024	0.00216	
vrachtwagens	44	b	6.171	0.418	0.211	0.678	0.0070	0.0036	0.00315	
vrachtwagens	26	e	6.452	0.437	0.216	1.125	0.0103	0.0065	0.00564	
vrachtwagens	19	c	8.938	0.605	0.282	1.125	0.0103	0.0065	0.00564	
vrachtwagens	13	d	14.152	0.958	0.416	1.125	0.0103	0.0065	0.00564	
autobussen	90	a	4.770	0.323	0.208	0.740	0.0047	0.0062	0.00553	
autobussen	44	b	6.154	0.417	0.253	1.106	0.0055	0.0079	0.00705	
autobussen	26	e	6.946	0.470	0.270	2.157	0.0081	0.0157	0.01394	
autobussen	19	c	9.657	0.654	0.393	2.157	0.0081	0.0157	0.01394	
autobussen	13	d	15.350	1.039	0.642	2.157	0.0081	0.0157	0.01394	

bron: TNO Bouw en Ondergrond, Handleiding CARII, versie 6.1, juli 2007.

Bijlage II: Rekenvoorbeeld generieke modellering

Huidige verkeerssituatie

Stel je bent wegbeheerder van een autosnelweg met een maximumsnelheid van 100 km/u en 20% vrachtverkeer. Ter hoogte van het luchtknelpunt bedraagt het verkeersvolume 130.000 vtg/etmaal. Op deze locatie is ongeveer 30% van de tijd sprake van congestie. Het aantal overschrijdingen van de daggemiddelde concentratie PM₁₀ ligt op deze locaties te hoog en moet worden teruggebracht. Het plan is om hiervoor DVM-maatregelen in te zetten. Met behulp van het generieke model kan worden achterhaald welke afname van de intensiteiten en verbetering van de doorstroming benodigd is voor een bepaalde afname van de concentratie PM₁₀.

Gegevens van de weg	
intensiteit	130000
congestie	0.3
snelheid	100
verhouding	80/10/10
afstand tot wegas	5
PM10 concentratie	12.15 µg/m ³
NO2 concentratie	38.24 µg/m ³

Gewenste afname

Een afname van de concentratie PM₁₀ kan behaald worden door een afname van de intensiteiten of een verbetering van de doorstroming of een combi van beide. Het aantal dagoverschrijdingen kan sterk worden teruggebracht als de gemiddelde concentratie PM₁₀ op deze momenten met 1 µg/m³ kan worden gereduceerd. Om een afname van de concentratie PM₁₀ van 1 µg/m³ te behalen moet het verkeersvolume met 10.900 vtg/etmaal afnemen. Of de congestiefactor moet van 0,30 worden terug gebracht naar 0,17.

Met behulp van deze informatie kan de wegbeheerder bepalen of dit haalbaar is met behulp van DVM-maatregelen en welke DVM-maatregelen hier dan mogelijk voor ingezet kunnen worden.

Intensiteiten

Gegevens van de weg	
intensiteit	119100
congestie	0.3
snelheid	100
verhouding	80/10/10
afstand tot wegas	5
PM10 concentratie	11.15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO2 concentratie	36.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Congestie

Gegevens van de weg	
intensiteit	130000
congestie	0.17
snelheid	100
verhouding	80/10/10
afstand tot wegas	5
PM10 concentratie	11.09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO2 concentratie	34.19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Voorbeelden van twee DVM-maatregelen

Ter illustratie de maatregel Regionaal Routeadvies. Ter hoogte van het knooppunt Ridderkerk rijden circa 140.000 vtg/etmaal. 30 % hiervan heeft een bestemming via knooppunt Kleinpolderplein. Dat zijn circa 42.000 vtg/etmaal. Om een afname van de concentratie PM_{10} van 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ te behalen moet het verkeersvolume afnemen met circa 10.000 vtg/etmaal. Om dit te behalen moet bijna 25% van het verkeer richting Kleinpolderplein het routeadvies opvolgen. Dit is veel meer dan de in het onderzoek gehanteerde 1,5 %, 3 % en 6%.

Een ander voorbeeld toeritdosering. Met behulp van deze maatregel wordt de doorstroming op het hoofdwegennet verbeterd. De maatregel op het onderzochte netwerk geleidt tot een daling van de totale filezwaarte met 5,5 %. Dit is verkeerskundig gezien een heel groot effect. Deze verbetering van de doorstroming heeft echter niet geleidt tot een daling van de concentratie PM_{10} . Om een daling van de concentratie PM_{10} van 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ te bereiken moet de congestiefactor op deze locatie met 0,18 worden teruggebracht. In de huidige situatie is de congestiefactor 23% (5,5 uur), oftewel er is een daling van 78%. Dit is niet realistisch met de maatregel toeritdosering. Kleinere reducties van de concentratie PM_{10} zijn wel goed haalbaar.



Bijlage III: Doorsnedeplots regionaal routeadvies

-Bijlage staat op de CD-Rom-

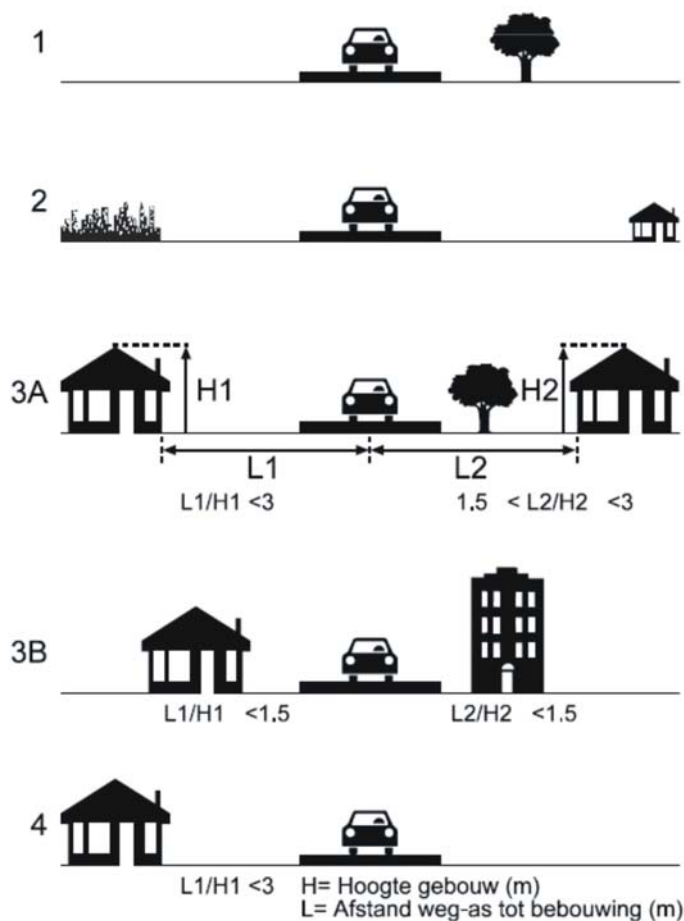
Bijlage IV: Snelheidstypen en wegtypen CARII

Wegtypen in CARII

Binnen CARII worden de volgende 5 wegtypen onderscheiden:

1. Weg door open terrein, incidenteel gebouwen of bomen binnen een straal van 100 meter
2. Basistype, alle wegen anders dan type 1, 3a, 3b of 4
- 3a. Beide zijden van de weg bebouwing, afstand weg-as-gevel is kleiner dan 3 maal de hoogte van de bebouwing, maar groter dan 1,5 maal de hoogte van de bebouwing
- 3b. Beide zijden van de weg bebouwing, afstand weg-as-gevel is kleiner dan 1,5 maal de hoogte van de bebouwing (street canyon)
4. Eenzijdige bebouwing, weg met aan één zijde min of meer aaneengesloten bebouwing op een afstand van minder dan 3 maal de hoogte van de bebouwing

Afbeelding: Schematische weergave van de wegtypen in CARII



Doorstromingstypen in CARII

De volgende rijsnelheidstypering worden onderscheiden in het CARII model.

- a. snelweg algemeen**
typisch snelwegverkeer, een gemiddelde snelheid van ongeveer 65 km/u, gemiddeld circa 0,2 stops per afgelegde kilometer.
- b. buitenweg algemeen**
typisch buitenweg verkeer, een gemiddelde snelheid van ongeveer 60 km/u, gemiddeld circa 0,2 stops per afgelegde kilometer
- c. normaal stadsverkeer**
typisch stadsverkeer met een redelijke mate van congestie een gemiddelde snelheid tussen de 15 en 30 km/u, gemiddeld circa 2 stops per afgelegde kilometer
- d. stagnerend stadsverkeer**
stadsverkeer met een grote mate van congestie, een gemiddelde snelheid kleiner dan 15 km/u, gemiddeld circa 10 stops per afgelegde kilometer
- e. stadsverkeer met minder congestie**
stadsverkeer met een relatief groot aandeel "free-flow" rijgedrag, een gemiddelde snelheid tussen de 30 en 45 km/u, gemiddeld circa 1,5 stops per afgelegde kilometer



Bijlage V: Doorsnedeplots toeritdosering

-Bijlage staat op de CD-Rom-



Bijlage VI: Doorsnedeplots dosering hoofdrijbaan

-Bijlage staat op de CD-Rom-



Bijlage VII: Doorsnedeplots (schoon) vrachtverkeer op busbaan

-Bijlage staat op de CD-Rom-