



**Mobiliteit en Logistiek**  
Van Mourik Broekmanweg 6  
Postbus 49  
2600 AA Delft

[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

T +31 15 276 30 00  
F +31 15 276 30 10  
[info-BenO@tno.nl](mailto:info-BenO@tno.nl)

## TNO-rapport

**TNO-034-DTM-2010-01887**

### Evaluatie dynamisering maximumsnelheden

Datum	22 juli 2010
Auteur(s)	Jan Burgmeijer, Arno Eisses, Jeroen Hogema, Eline Jonkers, Sjoerd van Ratingen, Isabel Wilmink, Taoufik Bakri, Tanja Vonk
Exemplaarnummer	1
Oplage	0
Aantal pagina's	57
Aantal bijlagen	1
Opdrachtgever	Dienst Verkeer en Scheepvaart, Marco Schreuder
Projectnaam	Evaluatie Dynamisering maximumsnelheden (Evaluatie Dynamax)
Projectnummer	034.20312

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belang-hebbenden is toegestaan.

© 2010 TNO

## Voorwoord

Voor u ligt het eindrapport van de evaluatie van vier praktijkproeven op het gebied van de dynamisering maximum snelheden, kortweg Dynamax genoemd.

Het projectteam van TNO wil graag de volgende personen en instanties bedanken voor hun bijdrage aan de evaluatie:

- De opdrachtgever DVS (Henk Stoelhorst, Marco Schreuder, Suerd Polderdijk) voor hun grote betrokkenheid en voor de stimulerende discussies.
- De overige leden van de begeleidingsgroep Dynamax (Marko Ludeking, Joris Kessels, Pim van Gemeren, Rolf van Zwieten, Ab van Marlen en Olga Teule) voor hun kritische en stimulerende commentaar.
- TU Delft (Andreas Hegyi) voor goede inhoudelijke discussies omtrent het door hen ontwikkelde filegolfalgoritme.
- Externe reviewers (Bert van Wee en Ben Jansen) voor hun vermogen om met scherpe vragen de rapportage verder te verbeteren.
- Het TNO team in Utrecht (Marita Voogt en Sander Jonkers) en M+P Raadgevende ingenieurs (Gils en Van der Heijden) voor de aanvullende luchtkwaliteitsmetingen. TNS NIPO (Duijm en Zandvliet) voor het aanvullende draagvlakonderzoek.

Delft, juli 2010

Het TNO projectteam Evaluatie Dynamax:

Jan Burgmeijer (projectleider)

Taoufik Bakri

Arno Eisses

Jasper van Huis

Jeroen Hogema

Eline Jonkers

Sjoerd van Ratingen

Tanja Vonk

Isabel Wilmink

## Samenvatting

Dit rapport beschrijft de resultaten van de evaluatie van de Dynamax praktijkproeven. Het rapport geeft antwoord op de kernvraag:

*Welk effect heeft de toepassing van dynamische maximumsnelheden op het verkeer op de weg (doorstroming, veiligheid en milieu), hoe komt dat (gedrag) en wat is de toegevoegde waarde van het dynamische karakter van de maatregel?*

De rapportage betreft de definitieve evaluatie van praktijkproeven op vier locaties; A1 bij Naarden, A58 bij Tilburg, A12 bij Bodegraven – Woerden en de A12 bij Voorburg.

In Tabel 1 wordt het antwoord op de kernvraag beknopt per praktijkproef weergegeven.

Tabel 1: Overzicht doelen en resultaten van de Dynamaxproeven

Proeflocatie	Doel dynamische snelheidslimiet	Omschrijving dynamisering	Resultaat
A1 bij Naarden	Doorstroming → verkorten reistijden	De snelheidslimiet wordt in rustige uren verhoogd van 100 naar 120 km/u	Tijdens verhoging van de snelheidslimiet naar 120 km/u neemt de reistijd met 7% af.
A58 bij Tilburg	Milieu → verbeteren luchtkwaliteit	De snelheidslimiet wordt verlaagd van 120 naar 80 km/u als de concentraties fijnstof een kritische waarde dreigen te bereiken.	Het aantal norm overschrijdingsdagen PM <sub>10</sub> neemt jaarlijks met 2 af. Gemiddelde snelheid blijft 10 tot 25 km/u boven de snelheidslimiet van 80 km/u
A12 Bodegraven - Woerden	Doorstroming → oplossen files van het type “filegolf”	De snelheidslimiet wordt verlaagd van 120 naar 60 km/u om een filegolf op te lossen	Gemiddeld is er 1,6 file-ingreep per dag met een vermindering van 29 VVU per dag.
A12 Bodegraven - Woerden	Vergroten van de verkeersveiligheid	De snelheidslimiet wordt bij hevige regenval verlaagd van 120 naar 100 of 80 km/u	Gemiddelde snelheid gaat 9 tot 13 km/u extra omlaag. Hierdoor neemt de veiligheid significant toe
A12 bij Voorburg	Doorstroming → verminderen congestie en verkorten reistijden, bij gelijk blijven van de luchtkwaliteit	De snelheidslimiet wordt in de randen van de spits en s’ nachts tijdelijk verhoogd van 80 naar 100 km/u.	De reistijd in de avondspits wordt significant (1,0-1,8 minuut) korter. Vermindering van 200-400 VVU per dag. Verandering luchtkwaliteit is zeer gering (kleiner dan de onzekerheidsmarges van het gebruikte model)

De evaluatie is gebaseerd op het meten van een groot aantal indicatoren tijdens een voormeting en twee (of drie) nametingen. De indicatoren zijn te vertalen naar de verschillende evaluatieaspecten op het gebied van doorstroming, gedrag en veiligheid. De vertaling naar luchtkwaliteit en geluidsbelasting verloopt via daarvoor bestemde en breed geaccepteerde rekenmodellen. De metingen zijn uitgevoerd op een aantal (drie tot zes) meetlocaties per proeflocatie. Op de meetlocaties zijn gedurende een aantal dagen

(standaard veertien dagen) snelheden, soort voertuig en intensiteiten bepaald uit meetlusdata en zijn gedragsindicatoren bepaald uit videobeelden. Verder is gebruik gemaakt van een aantal aanvullende metingen (zoals draagvlakquêtes, ongevallen en luchtmetingen)

*De gewenste doelen blijken bij alle praktijkproeven en maatregelen in meer of mindere mate gehaald. Bestuurders passen in meer of mindere mate hun snelheid in de gewenste richting aan, waardoor de indicatoren op het gebied van doorstroming, veiligheid en milieu in meer of mindere mate de gewenste verandering ondergaan.*

De ongewenste effecten blijven bij alle praktijkproeven beperkt (in positieve of negatieve zin) of zijn afwezig. Bij de verhoging van de snelheid (A1) verslechtert de lokale luchtkwaliteit licht en neemt de geluidsbelasting iets toe. Bij de tijdelijke verhoging van de snelheid in de randen van de spits (A12 Voorburg) is de verandering van de geluidsbelasting kleiner dan de onzekerheidsmarges van de toegepaste modellen. Bij de verlaging van de snelheid (A58) is er een kleine verlaging van de geluidsbelasting. Bij tijdelijke verlaging van de snelheid (A12 Bodegraven Woerden) zijn de verbetering van de luchtkwaliteit en geluidsbelasting niet significant. De verkeersveiligheid (A1, A58 en A12 Voorburg) neemt niet significant toe of af.

Voor verdere opschaling van de Dynamax-maatregel zijn er enkele technische en operationele aanbevelingen. De belangrijkste zijn het goed informeren van de verkeersleiders over doel en werking van de Dynamax-maatregelen en het analyseren van storingen in het MTM-systeem.

De verschillende Dynamax-maatregelen zullen elkaar niet nadelig beïnvloeden indien een juiste prioriteitsvolgorde wordt gekozen en indien de juiste maatregelen bij de specifieke trajecten worden geselecteerd. De verwachting is dat de effectiviteit van de Dynamax-maatregelen nog verhoogd kan worden door: betere communicatie naar bestuurders, betere handhaving door trajectcontrole, verbeterde algoritmes voor filegolven en het op termijn ook in-car aanbieden van de dynamische snelheidslimiet.

# Inhoudsopgave

<b>Voorwoord</b> .....	<b>2</b>
<b>Samenvatting</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Inleiding</b> .....	<b>7</b>
1.1 Doelstelling en algemene opzet project Dynamax.....	7
1.2 Doelstelling en algemene opzet evaluatie.....	8
1.3 Leeswijzer.....	11
<b>2 Evaluatie praktijkproef doorstroming A1</b> .....	<b>12</b>
2.1 Inleiding.....	12
2.1.1 Doelstelling.....	12
2.1.2 Opzet proef.....	12
2.1.3 Algoritme.....	14
2.2 Effecten doorstroming en gedrag.....	14
2.2.1 Doorstroming.....	14
2.2.2 Gedrag.....	17
2.3 Neveneffecten.....	17
2.3.1 Veiligheid.....	17
2.3.2 Luchtkwaliteit.....	18
2.3.3 Geluidsbelasting.....	19
<b>3 Evaluatie praktijkproef luchtkwaliteit A58</b> .....	<b>20</b>
3.1 Inleiding.....	20
3.1.1 Doelstelling.....	20
3.1.2 Opzet proef.....	20
3.1.3 Algoritme.....	22
3.2 Effecten luchtkwaliteit.....	23
3.2.1 Wettelijke methode.....	23
3.2.2 Luchtmetingen.....	24
3.2.3 Toepassing maatregel op andere locaties.....	25
3.3 Neveneffecten.....	25
3.3.1 Doorstroming.....	25
3.3.2 Gedrag en veiligheid.....	28
3.3.3 Geluidsbelasting.....	28
<b>4 Evaluatie praktijkproef doorstroming en veiligheid A12</b> .....	<b>30</b>
4.1 Inleiding.....	30
4.1.1 Doelstelling.....	30
4.1.2 Opzet proef.....	30
4.1.3 Algoritmes.....	31
4.2 Effecten filegolmmaatregel op doorstroming, gedrag en veiligheid.....	32
4.2.1 Doorstroming – filegolven.....	32
4.2.2 Doorstroming – overig.....	33
4.2.3 Gedrag en veiligheid.....	34
4.3 Effecten regenalgoritme op doorstroming, gedrag en veiligheid.....	35
4.3.1 Doorstroming.....	35
4.3.2 Gedrag en veiligheid.....	36
4.4 Neveneffecten.....	37

4.4.1	Luchtkwaliteit .....	37
4.4.2	Geluidsbelasting .....	38
<b>5</b>	<b>Evaluatie praktijkproef doorstroming (A12 Voorburg) .....</b>	<b>39</b>
5.1	Inleiding .....	39
5.1.1	Doelstelling .....	39
5.1.2	Opzet proef .....	39
5.1.3	Algoritme .....	40
5.2	Effecten maatregel op doorstroming .....	41
5.3	Effecten op de luchtkwaliteit .....	43
5.4	Neveneffecten .....	45
5.4.1	Geluidsbelasting .....	45
5.4.2	Veiligheid en gedrag .....	45
<b>6</b>	<b>Draagvlak .....</b>	<b>46</b>
<b>7</b>	<b>Conclusies en aanbevelingen .....</b>	<b>47</b>
7.1	Conclusies evaluatie Dynamax overall .....	47
7.2	Aanbeveling voor opschaling .....	48
7.3	Aanbevelingen voor het vergroten van de effectiviteit .....	49
<b>8</b>	<b>Referenties .....</b>	<b>51</b>
<b>Bijlage A: Onderzoeksmethode .....</b>	<b>53</b>	
8.1	Beschrijving metingen .....	53
8.2	Beschrijving data analyse met behulp van hypothesen .....	53
8.3	Data-analyse van ongevalsgegevens .....	54
8.4	Modelberekeningen luchtkwaliteit .....	54
8.5	Modelberekeningen geluid .....	55
8.6	Opmerkingen over betrouwbaarheid en spreiding van de resultaten .....	56

# 1 Inleiding

Het Nederlandse autosnelwegennet kent een stelsel van in principe vaste snelheidslimieten. Op een groot deel van het snelwegennet geldt een limiet van 120 km/u. Op een aantal wegen geldt om doorstromings-, veiligheids- of milieuredenen een limiet van 100 km/u. Een snelheidslimiet van 80 km/u geldt, als uitzondering, op daarvoor in aanmerking komende knelpuntlocaties (met name op het gebied van luchtkwaliteit). Deze statische limieten houden geen rekening met actuele omstandigheden. De weggebruiker dient naar eigen inzicht zelf zijn snelheid aan te passen aan de actuele verkeerssituatie, met inachtneming van de snelheidslimiet.

Dynamisering van maximumsnelheden maakt het mogelijk de snelheidslimiet af te stemmen op actuele verkeers-, weg- en omgevingsgerelateerde omstandigheden. Dynamische snelheidslimieten worden nu in beperkte mate toegepast; op sommige snelwegen bij filevorming en incidenten, bij zeer slechte weersomstandigheden en bij werk in uitvoering worden aangepaste limieten getoond.

Een meer dynamische benadering van de snelheidslimieten sluit aan bij het beleidskader Benutten van het ministerie van Verkeer en Waterstaat (V&W) om de beschikbare capaciteit van wegen optimaal te benutten en daarvoor op korte termijn maatregelen in te zetten.

## 1.1 Doelstelling en algemene opzet project Dynamax

Het doel van het project Dynamax van Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart (DVS) is:

*Meer inzicht te krijgen in de effecten (veiligheid, doorstroming en milieu) en de gedragsaspecten van dynamische snelheidslimieten en het in beeld brengen van de consequenties voor wegbeheerder en netwerkmanagement.*

Op basis van de ervaringen kan vervolgens worden bepaald in welke gevallen, op welke wijze en onder welke voorwaarden een dynamische snelheidslimiet een geschikt instrument is voor toekomstig netwerkmanagement.

Onderdeel van het project Dynamax is een aantal praktijkproeven waarbij telkens één of twee Dynamax-maatregelen worden ingezet op een bij die maatregel passende locatie. Voor iedere Dynamax-maatregel wordt een algoritme gebruikt dat definieert hoe de dynamische snelheidslimiet afhangt van verkeers-, weers- of overige omstandigheden.

De praktijkproeven zijn gericht op het toepassen van dynamische snelheidslimieten voor vijf verschillende doeleinden; zie Tabel 2.

Tabel 2: Overzicht Dynamaxproeven

Proeflocatie	Doel dynamische snelheidslimiet	Omschrijving dynamisering
A1 bij Naarden	Doorstroming → verkorten reistijden	De snelheidslimiet wordt in rustige uren verhoogd van 100 naar 120 km/u
A58 bij Tilburg	Milieu → verbeteren luchtkwaliteit	De snelheidslimiet wordt verlaagd van 120 naar 80 km/u als de concentraties fijnstof een kritische waarde dreigen te bereiken.
A12 Bodegraven - Woerden	Doorstroming → oplossen files van het type “filegolf”	De snelheidslimiet wordt als er een oplosbare filegolf gedetecteerd wordt verlaagd van 120 naar 60 km/u om de filegolf op te lossen
A12 Bodegraven - Woerden	Vergroten van de verkeersveiligheid	De snelheidslimiet wordt bij hevige regenval verlaagd van 120 naar 100 of 80 km/u
A12 bij Voorburg	Doorstroming → verminderen congestie en verkorten reistijden bij gelijk blijven van de luchtkwaliteit.	De snelheidslimiet wordt in de randen van de spits verhoogd van 80 naar 100 km/u om de dynamiek te bevorderen en zo de congestie te verminderen. Daarnaast wordt de snelheidslimiet in de nacht verhoogd om de reistijd te verkorten.

In 2011 wordt er een praktijkproef gestart op de A20 bij Rotterdam, gericht op de verbetering van de doorstroming (bij gelijkblijvende luchtkwaliteit). Deze proef is in de rapportage niet meegenomen.

## 1.2 Doelstelling en algemene opzet evaluatie

Dit rapport beschrijft de resultaten van de *evaluatie* van de Dynamax praktijkproeven. De evaluatie van de Dynamax praktijkproeven geeft inzicht in de kernvraag: *Welk effect heeft de toepassing van dynamische maximumsnelheden op het verkeer op de weg (doorstroming, veiligheid en milieu), hoe komt dat (gedrag) en wat is de toegevoegde waarde van het dynamische karakter van de maatregel?*

Voor elke praktijkproef zijn, op basis van de vooraf geformuleerde onderzoeksvragen, hypothesen opgesteld met betrekking tot de vijf verschillende aspecten die van belang zijn voor de beantwoording van de kernvraag (doorstroming, gedrag, veiligheid, luchtkwaliteit en geluid). Voorbeelden van hypothesen zijn ‘het aandeel zeer korte volgtijden blijft gelijk’ en ‘de gemiddelde reistijd is korter bij een snelheidslimiet van 120 km/u dan bij 100 km/u’.

Om de hypothesen te kunnen toetsen zijn metingen (data) nodig, waaruit indicatoren worden berekend. Deze indicatoren geven inzicht in één of meerdere aspecten van de evaluatie. Er is voor gekozen om zoveel mogelijk dezelfde indicatoren voor alle praktijkproeven te gebruiken, zodat de praktijkproeven onderling goed vergelijkbaar zijn.



Voor de evaluatie is een onderzoeksopzet gemaakt die is gehanteerd voor alle praktijkproeven. Steeds waren er *drie meetperiodes* die elk *twee weken* duurden:

1. Een voormeting, waarin de uitgangssituatie vóór de instelling van de Dynamaxmaatregel is vastgelegd;
2. Een eerste nameting, waarin de situatie direct na het instellen van de Dynamaxmaatregel is vastgelegd;
3. Een tweede nameting, waarin de situatie enige tijd na het instellen van de Dynamaxmaatregel is vastgelegd (twee tot drie maanden later, waarbij is aangenomen dat de weggebruikers dan gewend zijn aan de maatregel).

Data uit meerdere bronnen (o.a. lusgegevens, video-opnamen en loggegevens van Dynamax) zijn hierbij gecombineerd om zo een gedetailleerd beeld van de veranderingen in verkeerssituatie te kunnen krijgen.

In één praktijkproef (op de A1) is een derde nameting toegepast, omdat na de tweede nameting het algoritme is aangepast.

Naast de gegevens uit tweeweekse meetperioden is voor een aantal indicatoren de gehele proefperiode bekeken. Waar dit het geval was, is dit in de rapportage aangegeven. Dit betrof onder andere:

- de toepassingen van de verschillende limieten in tijd en ruimte (hoeveel tijd en op welk deel van de trajecten waren de verschillende mogelijke limieten van kracht; welk deel van het verkeer kreeg hiermee te maken?);
- het aantal ingrepen en het oplossende vermogen van het filegolfsalgoritme;

Verder heeft direct na instellen van de maatregel een kortcyclische evaluatie plaatsgevonden waarbij in de verkeerscentrale bekeken is of het algoritme goed werkte en is een eerste inschatting gemaakt van de effecten van het algoritme. Dit is op iedere locatie gedaan, behalve voor de A12 Bodegraven-Woerden, waar het van tevoren moeilijk in te schatten was wanneer de snelheidslimieten aangepast zouden worden.

Tijdens de tweeweekse meetperiodes zijn drie soorten metingen gedaan om data te verzamelen. Uit deze data zijn de indicatoren afgeleid. De drie soorten verzamelde data zijn de volgende:

- Monica data: geaggregeerde data (snelheden en intensiteiten) uit meetlussen in de weg. Deze data zijn verzameld op het hele traject.
- Resi data: meetlusdata op individueel voertuigniveau. Hier kunnen bijvoorbeeld snelheden, intensiteiten en volgtijden op strookniveau en voor drie voertuigcategorieën mee worden bepaald. Deze data zijn verzameld op een aantal specifieke locaties.
- Videodata: op specifieke locaties op het traject zijn cameraopnames gemaakt om vreemde manoeuvres, rijstrookwisselingen en eventuele ongevallen te bestuderen.

De lucht- en geluidkwaliteit zijn via wettelijke modellen berekend met de beschikbare verkeersindicatoren.

BRON-data (*Basis Registratie Ongevalsegegevens Nederland*) zijn gebruikt om de analyses op het gebied van verkeersveiligheid aan te vullen.

Verder heeft DVS aan TNO beschikbaar gesteld:

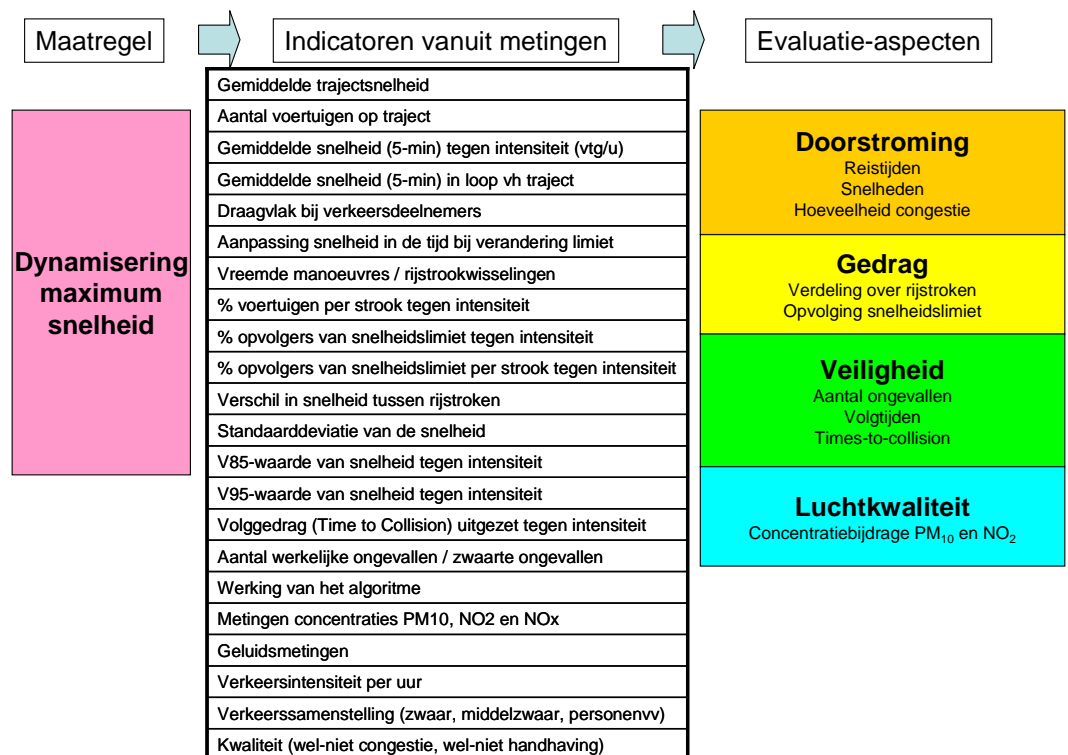
- Loggings van de algoritmes (op welke momenten heeft het algoritme een advies voor aanpassing van de snelheidslimiet gegeven).

Enkele andere partijen hebben in opdracht van DVS aanvullende analyses uitgevoerd. Dit waren:

- Draagvlak enquêtes (uitgevoerd door TNS-NIPO);
- aanvullende metingen op gebied van luchtkwaliteit (uitgevoerd door TNO, M+P Raadgevende ingenieurs);
- aanvullende geluidsmetingen (uitgevoerd door RIVM).
- aanvullende, gedetailleerde analyses m.b.t. de effecten van het filegolfalgoritme (uitgevoerd door de TU Delft).

De onderzoeksresultaten hiervan zijn aan TNO beschikbaar gesteld en meegenomen in de evaluatie van de praktijkproeven.

Onderstaand schema is een weergave van de relatie tussen meetmethode, indicatoren en evaluatieaspecten.



Bij het aspect luchtkwaliteit is de emissiebijdrage in CO<sub>2</sub> voor de verschillende Dynamaxmaatregelen niet meegenomen, omdat de normen voor de emissies van CO<sub>2</sub> niet lokaal maar globaal (klimaat) gelden. In de studie naar verschillende landelijke uitrolscenario's [Arane en Twijnstra Gudde (2010) *Verkenning landelijke uitrol Dynamax*] is de CO<sub>2</sub> emissie voor elk landelijk uitrolscenario berekend en meegenomen in de kosten-baten vergelijking.

Tijdens en na de praktijkproeven hebben telefonische interviews en een workshop plaatsgevonden met verkeersleiders en IT ondersteuners, over hun ervaringen met Dynamax (op het gebied van processen en systemen) [Jonkers (2010) *Verslag workshop operationalisering Dynamax*]. Deze informatie is gebruikt om te bepalen welke operationele en technische aspecten een rol spelen bij de verdere opschaling van de Dynamaxmaatregelen.

### **1.3 Leeswijzer**

In de hoofdstukken 2 tot en met 5 worden de resultaten van de vier Dynamaxproeven besproken. Van elke praktijkproef is een uitgebreid deelrapport beschikbaar. Van deze deelrapporten worden in hoofdstuk 8 de referenties gegeven. De resultaten van het draagvlakonderzoek (uitgevoerd door TNS NIPO) wordt in hoofdstuk 6 samengevat. In hoofdstuk 7 staan de conclusies en aanbevelingen en in Bijlage A is een uitgebreidere beschrijving van de onderzoeksmethode te vinden.

## 2 Evaluatie praktijkproef doorstroming A1

### 2.1 Inleiding

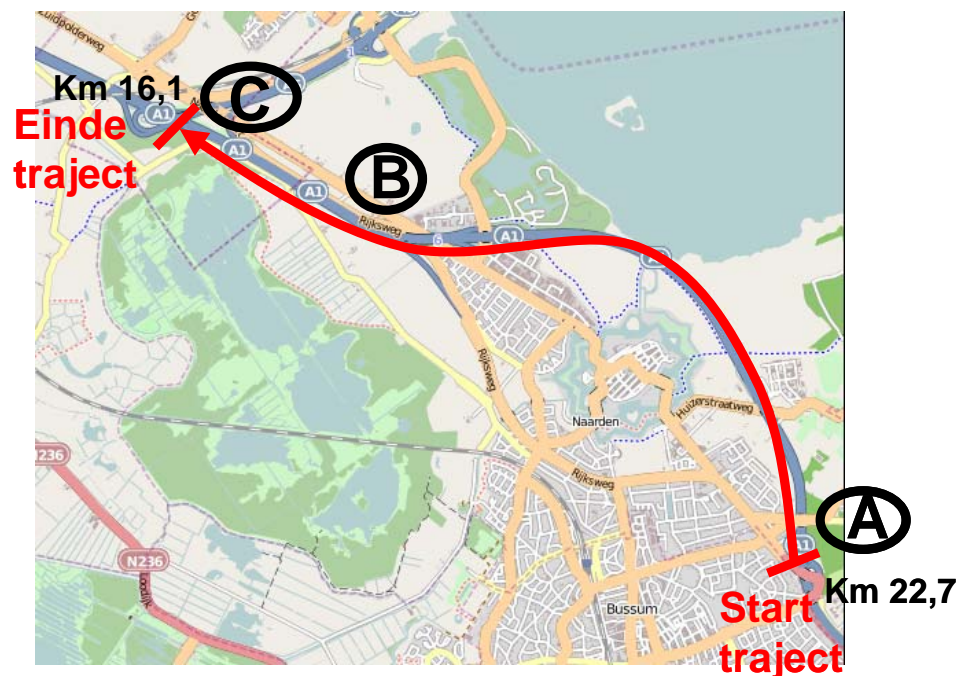
In dit hoofdstuk wordt de praktijkproef doorstroming A1 in hoofdlijnen beschreven. Een meer gedetailleerde deelrapportage van de praktijkproef Doorstroming A1 is beschikbaar (Burgmeijer et al., *Evaluatie Dynamisering maximumsnelheden – Resultaten proef A1*)

#### 2.1.1 Doelstelling

In de Dynamax praktijkproef op de A1 bij Naarden werd de snelheidslimiet verhoogd van 100 km/u naar 120 km/u op rustige momenten. Het doel van deze proef is het verkorten van de reistijd voor weggebruikers en het vergroten van draagvlak voor de Dynamax maatregel.

#### 2.1.2 Opzet proef

Het proeftraject is op de Noordbaan van de A1, van kilometerpositie 22,7 (ter hoogte van Bussum) tot 16,1 (ter hoogte van Muiderberg, bij de splitsing naar de A6). Zie Figuur 1 voor een weergave van het traject, met daarin aangeven de drie meetlocaties (A, B en C) waar extra metingen zijn verricht (individuele voertuigdata en camerabeelden). Aan de start van het traject (bij meetlocatie A) zijn twee rijstroken, daarna steeds drie rijstroken.



Figuur 1: proeftraject A1 bij Naarden (bron: OpenStreetMap.org onder CC BY-SA2.0 licentie)

Tijdens de proef zijn de volgende elementen gebruikt om de bestuurders te informeren:

- Een berm-DRIP bij het begin van het traject (rechts naast de rijbaan) met twee mogelijke boodschappen: "Maximum snelheid Nu: 100 km/uur" of "Maximum snelheid Nu: 120 km/uur", met daarbij een weergave van een verkeersbord met 100 km/u limiet (inclusief rode rand) respectievelijk einde 100 km/u limiet.



Figuur 2: voorbeeld berm-DRIP A1

- Elektronische (rotatie)borden die de geldende limiet aangaven (links en rechts van de rijbaan).
- Mottoborden bij het begin en het einde van het traject (rechts naast de rijbaan), met de aankondiging en 'afkondiging' van de dynamische snelheidslimiet, "Hier geldt een dynamische snelheidslimiet"



Figuur 3: mottobord aan begin van het proeftraject op de A1

- De 100 km/u limietaanduiding bovenaan de hectometerpaaltjes is zwart gemaakt, waardoor in de voorsituatie informatie over de geldende (statische) limiet (elke 100m) en in de nasituatie informatie over de actuele limiet (elke 500 m) is gegeven.

De proef op de A1 is op 19 januari 2009 officieel van start gegaan. Voor de start van de proef is door TNO een voormeting op het traject uitgevoerd. Tijdens de proef zijn er door TNO drie nametingen uitgevoerd; twee met de oorspronkelijke versie van het algoritme, en één met een aangepaste versie van het algoritme. Tijdens de vier meetperiodes is telkens gedurende een periode van twee weken data verzameld. De laatste meetperiode eindigde op 8 juli 2009.

### 2.1.3 Algoritme

Het door de opdrachtgever (DVS) toegepaste algoritme schakelt de maximumsnelheid van 100 km/u naar 120 km/u en weer terug. Het algoritme schakelt naar 120 km/u op rustige momenten. Het algoritme gebruikt om te bepalen wanneer het rustig genoeg is gegevens over de intensiteit, snelheid en de beeldstanden die getoond worden. Als tien minuten lang aan de criteria met betrekking tot snelheid, intensiteit en beeldstanden voldaan wordt, schakelt het algoritme naar een limiet van 120 km/u.

Omdat met de initiële set voorwaarden vrijwel alleen 's avonds en 's nachts naar 120 km/u geschakeld werd, en bijna nooit overdag, is het algoritme tijdens de proef aangepast. Het resulterende schakelpatroon was als volgt:

- Tot *eind juni 2009* (tijdens de eerste en tweede nameting) was de eerste versie van het algoritme in werking. Met dit algoritme schakelde de snelheidslimiet in praktijk elke avond naar 120 km/u. In de morgen schakelde het algoritme weer terug naar 100 km/u. Overdag schakelde het algoritme slechts in 2% van de tijd naar 120 km/u. In totaal had ongeveer 15% van de voertuigen te maken met een snelheidslimiet van 120 km/u.
- *Vanaf eind juni* (tijdens de derde nameting) heeft de tweede versie van het algoritme gedraaid, met andere (ruimere) criteria voor intensiteiten en snelheden. Dit resulteerde erin dat ook overdag op rustige momenten de snelheidslimiet naar 120 km/u schakelde (35% van de tijd), en dat in totaal 39% van alle voertuigen te maken kregen met de snelheidslimiet van 120 km/u.

Het tweede algoritme benaderde het best de doelstelling van de Dynamax doorstromingsmaatregel. Dit is daarom het definitieve algoritme.

## 2.2 Effecten doorstroming en gedrag

### 2.2.1 Doorstroming

Het Dynamaxalgoritme en de verkeerssituaties waarin het algoritme wordt toegepast op de A1 zijn relatief eenvoudig en de effecten zijn ook duidelijk: bestuurders pasten hun snelheid aan en hun reistijd werd korter. Daarmee is aangetoond dat het hoofddoel van de proef op de A1 is gerealiseerd.

De toename van de gemiddelde trajectsnelheid bij de verhoging van de maximumsnelheid van 100 km/u naar 120 km/u is uitgebreid geanalyseerd vanuit meerdere invalshoeken en bedraagt gemiddeld 7% (in absolute zin variërend tussen 5 en 10 km/u). 's Nachts neemt de gemiddelde snelheid toe van circa 100 km/u (bij snelheidslimiet 100 km/u) naar 106 km/u (bij snelheidslimiet 120 km/u). Overdag in de dalperiode neemt de gemiddelde snelheid toe van circa 95 km/u (bij snelheidslimiet 100

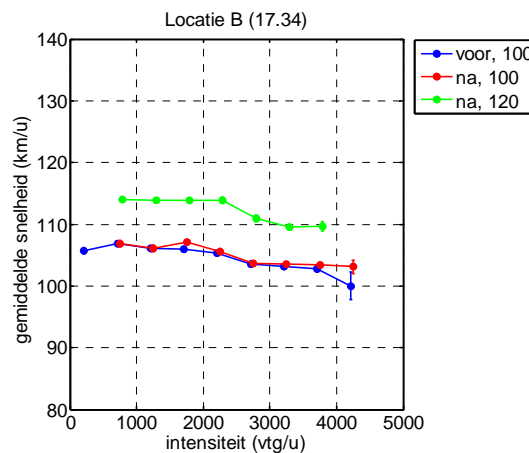
km/u) naar 104 km/u (bij snelheidslimiet 120 km/u). De reistijd neemt in overeenstemming met de verhoogde gemiddelde snelheid af.

De gemiddelde snelheid bij de verhoging van de maximumsnelheid van 100 km/u naar 120 km/u neemt dus niet toe met 20 km/u of 20%. Dit komt doordat een deel van het verkeer vrachtverkeer betreft, dat nog steeds een snelheidslimiet van 80 km/u heeft. Daarnaast wil niet iedere automobilist 120 km/u rijden. Ook op andere snelwegen met een snelheidslimiet van 120 km/u ligt de gemiddelde snelheid over het algemeen onder de 120 km/u en bij een snelheidslimiet van 100 km/u ligt de gemiddelde snelheid in de praktijk vrijwel op of iets boven de 100 km/u.

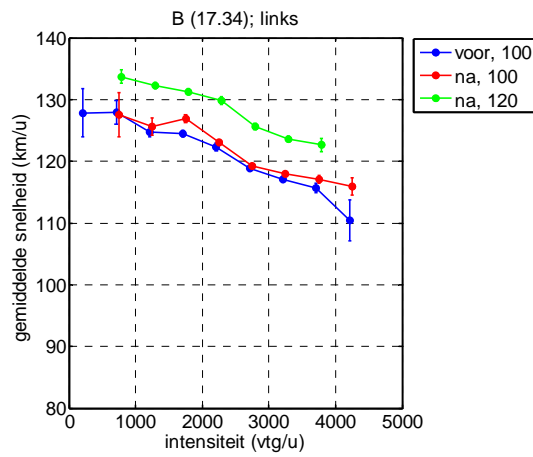
Er ontstaan geen files door het schakelen van 100 naar 120 km/u omdat deze schakelmomenten altijd plaatsvinden bij lage intensiteiten waarbij de kans op filevorming zeer gering is.

Ter illustratie van de gevonden snelheidsveranderingen is in Figuur 4 een grafiek te vinden van de gemiddelde rijbaansnelheid op meetlocatie B (zie Figuur 1), uitgezet tegen de intensiteit. De blauwe lijn geeft de gemiddelde snelheid tijdens de voormeting (bij snelheidslimiet 100 km/u), de rode lijn de gemiddelde snelheid tijdens de nametingen als snelheidslimiet 100 km/u geldt en de groene lijn de gemiddelde snelheid tijdens de nametingen als snelheidslimiet 120 km/u geldt.

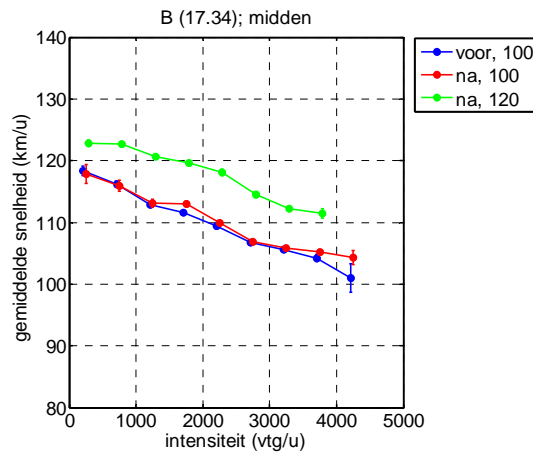
In Figuur 5 tot en met Figuur 7 zijn voor dezelfde meetlocatie gemiddelde snelheden en betrouwbaarheidsintervallen op strookniveau te zien. Deze grafieken laten hetzelfde effect zien als op rijbaanniveau.



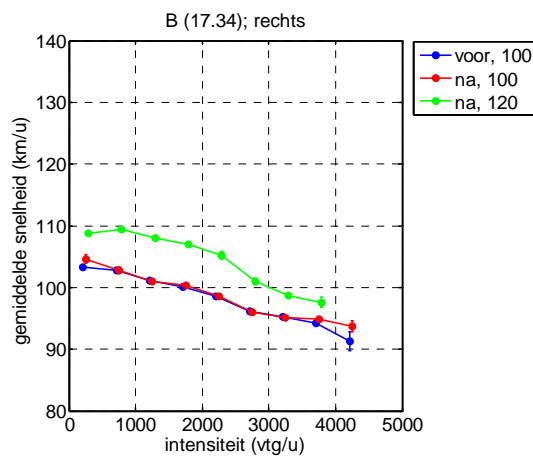
Figuur 4: gemiddelde rijbaansnelheid op meetlocatie B. Voormeting en gemiddelde van 3 nametingen (bron: resi data; gemiddelden en 95%-betrouwbaarheidsintervallen).



Figuur 5: gemiddelde snelheid op meetlocatie B: linkerstrook (bron: resi data; gemiddelden en 95%-betrouwbaarheidsintervallen).



Figuur 6: gemiddelde snelheid op meetlocatie B: middenstrook (bron: resi data; gemiddelden en 95%-betrouwbaarheidsintervallen).



Figuur 7: gemiddelde snelheid op meetlocatie B: rechterstrook (bron: resi data; gemiddelden en 95%-betrouwbaarheidsintervallen).



### 2.2.2 Gedrag

Het duidelijkste effect op het rijgedrag is de toename van de gekozen snelheid (zie paragraaf 2.2.1). De snelheidstoename is voor personenauto's groter dan voor vrachtauto's. Bij vrachtauto's is er, volgens verwachting, nauwelijks sprake van snelheidstoename.

Aan het begin van het traject is een leereffect gevonden. Naarmate Dynamax langer operationeel was (van de eerste naar de tweede en verder naar de derde nameting) werd een grotere snelheidstoename gerealiseerd. Dit gold alleen aan het begin van het traject; in het midden van het traject is er geen verschil tussen de drie nametingen.

De opvolging van de 100 km/u limiet blijft gemiddeld genomen gelijk. Dat wil zeggen dat het percentage voertuigen dat de snelheidslimiet overschrijdt in de nameting op de momenten dat snelheidslimiet 100 km/u geldt gelijk is aan het percentage voertuigen dat de snelheidslimiet overschrijdt in de voormeting (wanneer altijd snelheidslimiet 100 km/u geldt). De opvolging van de 120 km/u snelheidslimiet lijkt iets af te nemen na de eerste nameting (meer voertuigen reden harder dan 120 km/u). Dit kan komen door gewenning. De opvolging van de 120 km/u snelheidslimiet is hoger dan de opvolging van de 100 km/u snelheidslimiet. Gedurende de proef is er geen sprake geweest van extra handhaving door de KLPD.

De verkorting van de reistijd geeft een positieve bijdrage aan het draagvlak voor Dynamax: het idee van het tijdelijk verhogen van de maximumsnelheid wordt door 93% van de automobilisten positief ontvangen [Referentie: TNS NIPO onderzoek]

## 2.3 Neveneffecten

### 2.3.1 Veiligheid

Op basis van de analyse van de veranderingen in het aantal ongevallen en veranderingen in een aantal veiligheidsindicatoren kan niet geconcludeerd worden dat de verkeersveiligheid ten gevolge van de Dynamax maatregel is veranderd.

De veranderingen in de veiligheidsindicatoren bieden statistisch het meeste inzicht. Het primaire effect van het verhogen van de snelheidslimiet was een verhoging van de gemiddelde snelheid. Uit de literatuur is bekend dat in zijn algemeenheid het ongevalrisico en de ernst van het ongeval toenemen met toenemende snelheid [referentie: SWOV, Aarts, L., & Van Schagen]. Vanuit dit algemene gegeven geredeneerd zou de verkeersveiligheid op de A1 afnemen als de limiet van 120 km/u geldt. Hier gelden wel een aantal nuanceringspunten bij. Om te beginnen is het algemene verband tussen snelheid en veiligheid op autosnelwegen minder sterk dan op andere wegtypen. Verder is er niet sprake van een *algemene* limietverhoging, maar van een limietverhoging alleen bij rustig of matig druk verkeer. Tenslotte is er vanuit het wegontwerp geredeneerd geen bezwaar tegen de limietverhoging: de ontwerpsnelheid van het proefvak op de A1 was 120 km/u.

Bovendien wijst een aantal andere indicatoren juist op een afname van het ongevalrisico. Zo nam het aantal zeer korte volgtijden en kritische times-to-collision af. Wel was er een toename van de standaarddeviatie van de snelheid, maar alleen in de rechtstreekse rijstrook. Dit kan worden verklaard door de verschillende effecten van de maatregel voor vrachtauto's (nauwelijks snelheidseffect) versus personenauto's (wel een snelheidsstijging). Dit is meteen een verklaring voor de kleine verschuiving die is

gevonden van verkeer uit de rechter rijstrook naar naastliggende stroken. Daarmee wordt zelfs een lichte afname van het percentage korte volgers in de rechter strook gevonden.

Een belangrijke indicator voor verkeersveiligheid is het aantal ongevallen c.q. slachtoffers. De ongevalcijfers op het A1 proeftraject en een controletraject (voor en tijdens de maatregel) zijn te vinden in Tabel 3.

Tabel 3: Aantal ongevallen op proeftraject A1 en op het controletraject en aandeel (%) van totaal aantal ongevallen van beide trajecten samen.

Periode \ Traject	Aantal ongevallen op controle traject (en % van totaal)	Aantal ongevallen op Dynamax A1 traject (en % van totaal)	Totaal aantal ongevallen
Voor de maatregel	453 (66%)	237 (34%)	690
Tijdens de maatregel	14 (87%)	2 (13%)	16

Gezien de korte meetperiode (4 tot 10 maanden, zie Bijlage A) en daardoor het lage aantal ongevallen op dit korte Dynamax proeftraject bieden ongevalcijfers statistisch onvoldoende inzicht. In totaal waren er in de nameting 16 ongevallen. Als we kijken naar de verdeling van de ongevallen over de voor- en nametingen c.q. de controle- en proeftrajecten, dan zien we in de voor de maatregel 34% van de ongevallen op het Dynamax proeftraject plaatsvond en tijdens de maatregel 13%. Gezien de lage absolute aantallen kunnen hier geen conclusies aan worden verbonden.

### 2.3.2 Luchtkwaliteit

Voor de analyse van de luchtkwaliteit is gebruik gemaakt van Monica verkeersdata en het luchtmodel Pluim snelweg. Er wordt gebruik gemaakt van het scenario BGE 2009 en emissiefactoren voor 2009. Bij de tweede (definitieve) versie van het algoritme voor het schakelen van de maximumsnelheid, ontstaat het grootste verschil in luchtkwaliteit. Dit wordt veroorzaakt door dat het definitieve algoritme ook overdag naar 120 km/u schakelt, en dat daarmee veel meer voertuigen te maken krijgen met de hogere snelheidslimiet.

Voor dit definitieve algoritme geldt:

- Op basis van de bepaalde gemiddelde intensiteiten bij snelheidslimiet 120 km/u bedraagt de maximale toename van de emissie NO<sub>x</sub> en PM<sub>10</sub> van personenverkeer respectievelijk 17% en 4%.
- de toename van de concentraties NO<sub>2</sub> en PM<sub>10</sub> in de nametingen op de toetsafstand bedraagt maximaal 0,75 µg/m<sup>3</sup> en 0,1 µg/m<sup>3</sup>.

De concentratietoename van NO<sub>2</sub> is zeer beperkt ten opzichte van de grenswaarde die vanaf 1 januari 2015 geldt (40 µg/m<sup>3</sup>) en de huidige achtergrondconcentratie bij voor- en nameting (25 µg/m<sup>3</sup>).

De concentratietoename van PM<sub>10</sub> is te verwaarlozen ten opzichte van huidige grenswaarde jaargemiddelde PM<sub>10</sub> concentratie, namelijk 40 µg/m<sup>3</sup>.

Dit betekent dat als deze maatregel (snelheidsverhoging) wordt toegepast op een locatie waar de luchtkwaliteit ruim binnen de normen blijft, er geen problemen te verwachten zijn, ondanks de beperkte verslechtering door toegenomen wegemissies.

### 2.3.3 *Geluidsbelasting*

Voor de analyse van de effecten op het geluid is gebruik gemaakt van de geldende snelheidslimieten en de standaard rekenmethode die wettelijk is voorgeschreven, met een goedgekeurd rekenmodel.

Met de invoering van de dynamische snelheidslimiet neemt de geluidbelasting per etmaal, berekend volgens het wettelijk voorschrift, toe met 0,3 dB. Voor de nachtperiode bedraagt de toename 0,4 dB. De toename is het gevolg van de verhoging van de snelheidslimiet gedurende een gedeelte van de tijd (vooral de nachtelijke uren).

De geringe toename betekent dat als de maatregel wordt toegepast op een locatie waar de geluidsbelasting ruim binnen de normen blijft, er geen problemen te verwachten zijn.

## 3 Evaluatie praktijkproef luchtkwaliteit A58

### 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de praktijkproef op de A58 gericht op het verbeteren van de luchtkwaliteit in hoofdlijnen beschreven. Een meer gedetailleerde deelrapportage van de praktijkproef Luchtkwaliteit A58 is beschikbaar (Burgmeijer et al., *Evaluatie Dynamisering maximumsnelheden – Resultaten proef A58*)

#### 3.1.1 Doelstelling

Het doel van de Dynamax proef op de A58 is het verminderen van het aantal dagen waarop een overschrijding van de dagnorm voor PM<sub>10</sub> concentratie optreedt. Dit wordt bereikt door de snelheidslimiet – wanneer het verkeer een relatief grote bijdrage levert aan PM<sub>10</sub> en NO<sub>2</sub>-concentraties ten opzichte van achtergrondconcentraties – te verlagen van 120 km/u naar 80 km/u. De aanpassing van de maximumsnelheid is aan de orde op dagen waarop een overschrijding van de dagnorm voor PM<sub>10</sub> verwacht wordt, en op één of twee dagen voorafgaand, waarin de overschrijding wordt opgebouwd. De etmaallimietwaarde voor PM<sub>10</sub> (50 µg/m<sup>3</sup>) mag maximaal 35 keer per jaar overschreden worden.

Er is gekozen voor een verlaagde limiet van 80 km/u omdat bij een gereden snelheid van 80 km/u de emissies per gereden kilometer zeer gunstig zijn.

#### 3.1.2 Opzet proef

Het proeftraject is op de noord- en zuidbaan van de A58, tussen kilometerpositie 36,1 (ten zuidoosten van Tilburg) en 42,0 (ten westen van Tilburg). De lengte van het proeftraject is circa 5,9 kilometer. Zie Figuur 8 voor een weergave van het traject, met daarin aangegeven de zes meetlocaties (Z1, Z2, Z3, Z4, N1, N2) waar extra metingen zijn verricht (individuele voertuigdata en camerabeelden).



Figuur 8: proeftraject A58 (bron: OpenStreetMap.org onder CC BY-SA2.0 licentie)

Op de zuidbaan (rijrichting in de figuur van links naar rechts) start het traject met twee rijstroken, en dit worden er al snel drie. Het grootste deel van het traject heeft drie rijstroken. Aan het eind van het traject zijn er twee maal twee rijstroken, de splitsing van de A58 en de A65. De noordbaan (rijrichting in de figuur van rechts naar links) heeft een gelijke lay-out, maar dan andersom. Aan de start van het traject zijn twee maal twee rijstroken, daarna het grootste deel van het traject drie rijstroken. Aan het eind van het traject gaat de rijbaan van drie naar twee rijstroken.

Om de bestuurders te informeren over de dynamische snelheidslimiet zijn de volgende elementen gebruikt:

- Mottoborden aan het begin en einde van de trajecten (rechts naast de rijbaan) met de aankondiging en 'afkondiging' van de dynamische snelheidslimiet, inclusief de hier geldende reden van de dynamische snelheidslimiet ('smog'), zie Figuur 9.



Figuur 9: het mottobord aan het begin van het traject.

- Elektronische rotatieborden die de geldende limiet en de reden ervoor aangeven (het algemene 'gevaar' bord met daaronder de tekst 'smog'). Deze rotatiepanelen waren zowel op de noordelijke als op de zuidelijke rijbaan geplaatst op zes locaties; op elk van deze locaties stonden de borden zowel links als rechts naast de rijbaan (zie Figuur 10). Wanneer de normale limiet van 120 km/u gold lieten de rotatiepanelen geen informatie zien (effen grijs).



Figuur 10: rotatiepanelen die de 80 km/u limiet aangeven

De proef op de A58 is op 21 april 2009 officieel van start gegaan en is op 15 januari 2010 beëindigd. Voor de start van de proef is door TNO een voormeting op het traject uitgevoerd. Tijdens de proef zijn er door TNO twee nametingen uitgevoerd. Tijdens de voormeting en eerste nameting is gedurende een periode van twee weken data verzameld. De tweede nameting is op 15 december 2009 gestart. Tijdens de tweede nameting was er vanaf 17 december zware sneeuwval. De tweede nameting bevat daarom slechts zeer weinig bruikbare data, omdat het verkeersbeeld niet representatief is en niet vergelijkbaar met de overige meetperiodes. De data van de eerste nameting was voldoende voor een goede en volledige data-analyse. De data van de tweede nameting is alleen gebruikt om het gewenningsgedrag te onderzoeken.

Tijdens de eerste nameting heeft er op twee locaties op twee dagen extra handhaving door de KLPD plaatsgevonden. Bovendien hebben er tekstkarren op het traject gestaan met de tekst: "Let op! Snelheidscontrole mogelijk" of "Let op actieve controle". In Figuur 11 is een voorbeeld van een tekstkar te zien.



Figuur 11: voorbeeld tekstkar

### 3.1.3 Algoritme

Voor het schakelen tussen de snelheidslimieten 120 km/u en 80 km/u wordt door de opdrachtgever (DVS) een algoritme toegepast. Dit algoritme adviseert de snelheidslimiet te verlagen naar 80 km/u wanneer de achtergrondwaarde  $PM_{10}$  op de eerstvolgende twee dagen boven de vastgestelde toetswaarde van  $40 \mu g/m^3$  op weekdagen dan wel boven de  $45 \mu g/m^3$  op weekenddagen uitkomt. Weekdagen hebben een lagere toetswaarde dan weekenddagen omdat er op weekdagen een hogere wegbijdrage is. Dit komt doordat er doordeweeks meer (vracht)verkeer rijdt. De inschatting van de verwachte concentraties gebeurt op basis van gegevens afkomstig van het KNMI, dat een voorspellingsmodel tot vijf dagen vooruit voor de fijnstofconcentraties hanteert.

De werking van het algoritme tijdens de proefperiode (van 6 maanden) was als volgt:

- Gedurende 58 dagen (21% van de proefperiode) heeft het algoritme een snelheidslimiet van 80 km/u geadviseerd.
- Gedurende 39 dagen (14% van de proefperiode) is daadwerkelijk de snelheidslimiet verlaagd van 120 km/u naar 80 km/u.
- Gedurende 56 uur, verdeeld over 11 dagen heeft er handhaving op de snelheidslimiet plaatsgevonden.

De snelheidslimiet is uiteindelijk minder vaak verlaagd dan volgens het algoritme had moeten gebeuren. In een aantal gevallen is bekend waarom dit is gebeurd:

- Aan het begin van de proef werd de snelheidslimiet soms te laat op 80 km/u gezet (bediening geschiedt semiautomatisch vanuit de verkeerscentrale)
- Het algoritme heeft een deel van de proefperiode slechts één dag vooruit geschakeld

- Er is sprake geweest van diverse technische storingen bij de bediening van de rotatiepanelen.

In enkele andere gevallen is niet bekend waarom de snelheidslimiet niet is aangepast.

### 3.2 Effecten luchtkwaliteit

De verlaging van de snelheidslimiet naar 80 km/u op momenten dat de fijnstofconcentraties te hoog worden heeft geresulteerd in een verbetering van de luchtkwaliteit. De verbetering is minder groot dan verwacht. Hier zijn een aantal redenen voor:

- De opvolging van de limiet van 80 km/u is veel minder goed dan op snelwegen met een statische snelheidslimiet van 80 km/u vergezeld van strenge handhaving door middel van trajectcontrole
- Het systeem is minder vaak geactiveerd dan vooraf ingeschat
- De wegbijdrage aan en de omvang van de luchtkwaliteitsproblemen langs de A58 bij Tilburg blijken ter plekke lager dan vooraf ingecalculleerd.

De effecten van de Dynamax-maatregel op de luchtkwaliteit tijdens de proef op de A58 zijn op twee manieren bepaald:

1. Via de wettelijke rekenmethode, Standaard Rekenmethode II, gebaseerd op het aantal voertuigen per weekdag, de emissiefactoren per voertuigtype, mate van doorstroming, de geldende snelheidslimiet en met/zonder handhaving (scenario BGE 2009, jaar 2009). Bij deze methodiek wordt het aantal overschrijdingsdagen van de etmaallimietwaarde van  $PM_{10}$  bepaald aan de hand van de relatie tussen de berekende jaargemiddelde concentratie en het corresponderende aantal overschrijdingen van de 24-uurgemiddelde grenswaarde van  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , die gedefinieerd is in de bijlage van de standaardrekenmethode II van de regeling beoordeling luchtkwaliteit. Door met de standaardmethode te rekenen wordt de dynamische inzet van een verlaagde snelheidslimiet op dagelijkse basis niet juist meegenomen. Ook wordt niet gekeken naar werkelijk gereden snelheden en het homogeniserend effect van de maatregel.
2. Naast de berekeningen zijn  $NO_2$  en  $PM_{10}$  metingen uitgevoerd. Dit betrof luchtmetingen direct langs het proeftraject op de A58 bij Tilburg en een referentiewegvak ten westen van het proeftraject. Luchtmetingen kennen een relatief grote onnauwkeurigheid en zijn afhankelijk van een groot aantal factoren, zodat het effect van Dynamax niet eenvoudig is te herleiden. Deze metingen zijn in opdracht van DVS in aparte projecten door twee andere teams uitgevoerd.

De resultaten van de metingen zijn vergeleken met de resultaten van de wettelijke methode.

#### 3.2.1 Wettelijke methode

Met de wettelijke methode is de maximaal haalbare reductie van emissies berekend. Dit is de reductie die mogelijk is als de maatregel continu geldt en de opvolging van de limiet van 80 km/u is zoals op de eerder ingestelde 80 km zones (waar strenge handhaving is). Bij deze berekeningswijze was de afname van de emissie van het personenverkeer gelijk aan 47% voor  $NO_x$  en 27% voor  $PM_{10}$ . De emissie van het vrachtverkeer bleef gelijk, omdat de emissiefactoren voor vrachtverkeer gelijk zijn voor

snelheidslimieten 80 km/u en 120 km/u. De afname van de totale emissies van personen- en vrachtverkeer was gelijk aan 18% voor NO<sub>x</sub> en PM<sub>10</sub>. De afname in de verkeersemissies leidt tot een afname in de concentratiebijdrage van het verkeer van 4,4 µg/m<sup>3</sup> voor NO<sub>2</sub> en 0,6 µg/m<sup>3</sup> voor PM<sub>10</sub>. Het jaarlijkse aantal overschrijdingsdagen (overschrijding van de etmaalgemiddelde grenswaarde van 50 µg/m<sup>3</sup>) daalde van 24,4 naar 22,5; ongeveer twee dagen verschil. Tabel 4 toont een overzicht van de veranderingen in emissies en concentraties.

Tabel 4: overzicht verandering in emissies en concentraties praktijkproef A58

	Afname emissie NO <sub>x</sub>	Afname conc. NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Afname emissie PM <sub>10</sub>	Afname conc. PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Afname aantal overschrijdingsdagen met Dynamax aan
<b>Personenverkeer</b>	47 %		27 %		
<b>Vrachtverkeer</b>	0 %		0 %		
<b>Totaal</b>	18 %	4,4	18 %	0,6	1,9

Zoals aan het begin van deze paragraaf genoemd, betreffen bovenstaande cijfers de maximaal haalbare reducties van emissies en concentraties. Het resultaat is gebaseerd op een aantal belangrijke vereenvoudigingen, mede ingegeven door de huidige rekensystematiek die niet voorziet in een dynamische inzet van snelheidslimieten. Verder is gebruik gemaakt van een standaard set emissiefactoren per snelheidslimiet waarin de homogeniteit van de verkeersstroom en werkelijk gereden snelheden als gemiddelde in zijn verdisconteerd. Uit de opzet van de Dynamaxproef en uit onze data-analyse van de doorstroming (zie paragraaf 3.3.1) blijkt dat het gebruik van deze standaardmethode niet voldoet. Zo is de opvolging van de snelheidslimiet van 80 km/u door het verkeer op de proeflocatie minder goed dan bij een statische snelheidslimiet van 80 km/u. Dit is mogelijk verklaarbaar door:

- De wijze van aanbieding van de snelheidslimiet (niet boven de weg, maar door borden langs de weg), en
- De minder strenge handhaving: uit het draagvlakonderzoek blijkt dat de acceptatie van de weggebruiker om langzamer te rijden voor de luchtkwaliteit relatief beperkt is

Op de proeflocatie was geen permanente handhaving van de snelheidslimiet van 80 km/u aanwezig in de vorm van trajectcontrole. Er was wel sprake van intensieve handhaving op verschillende locaties langs het proeftraject op de A58 op een aantal momenten dat de snelheidsverlaging actief was. Tijdens deze duidelijk zichtbare handhaving bleken de gereden snelheden lager te liggen.

Door deze minder goede condities zal de werkelijke afname van de emissies minder zijn dan berekend met de wettelijke methode. Het is echter onbekend welke effecten op de emissiefactoren bovenstaande ‘mindere condities’ hebben, dus het verschil is niet te bepalen. Mede daarom is besloten tot het uitvoeren van luchtmetingen gedurende de proef.

### 3.2.2 Luchtmetingen

Onafhankelijk van de overall evaluatie heeft TNO in een ander project langs de A58 gedurende de gehele proefperiode concentraties PM<sub>10</sub> gemeten (Voogt en Jonkers, *A58 Dynamax – Analyse fijnstofmetingen*). Het onderzoek naar de effecten op PM<sub>10</sub> heeft opgeleverd dat op basis van de huidige metingen het niet mogelijk is om aan te tonen dat de inzet van een verlaagde snelheidslimiet een significant effect heeft op de



wegbijdrage. De meetonzekerheid blijkt daarvoor ten opzichte van de wegbijdrage aan de  $PM_{10}$  concentratie te groot.

Door M+P Raadgevende ingenieurs zijn gelijktijdig  $NO_x$  metingen langs de A58 uitgevoerd en effecten op  $NO_2$  berekend (Gils en Van der Heijden, *A58 Dynamax. Effect Dynamax op  $NO_x$* ). Het resultaat hiervan is dat het inschakelen van het Dynamax algoritme een significant effect had op de  $NO_x$  emissie. De wegbijdrage van  $NO_x$  was na inschakelen van het systeem (verlaging van de snelheidslimiet naar 80 km/u) op de experimenteerdoornsede 20% (met een standaarddeviatie van 11%) lager dan op de referentiedoornsede.

Deze meetresultaten zijn in lijn met de berekende verlaging van emissies en concentraties via de wettelijke methode.

### 3.2.3 Toepassing maatregel op andere locaties

Bij het vaststellen van het toepassingsbereik van een dynamische snelheidsverlaging spelen drie belangrijke overwegingen:

- Het huidige aantal overschrijdingsdagen is locatiespecifiek en niet alleen afhankelijk van de wegbijdrage, maar ook van de heersende achtergrondconcentratie, die, afhankelijk van lokale bronnen en meteorologische omstandigheden, van dag tot dag substantieel kan fluctueren.
- Het doelbereik met de inzet van Dynamax verhoudt zich direct tot de normstelling van 35 overschrijdingsdagen. Op de A58 is de inzet van een Dynamax snelheidsverlaging voor luchtkwaliteit niet doelmatig omdat hier sprake is van 24,4 overschrijdingsdagen  $PM_{10}$  in negen maanden ofwel circa 33 (dus minder dan 35) dagen op jaarbasis. Ook zonder de inzet van Dynamax wordt al voldaan aan het maximum van 35 overschrijdingsdagen.
- Het toepassingsbereik van Dynamax op locaties met meer dan 35 overschrijdingsdagen en een behoorlijke wegbijdrage blijft beperkt tot enkele overschrijdingsdagen reductie wanneer Dynamax in de huidige uitvoeringsvorm (grenswaarde daggemiddelde  $PM_{10}$  op nabijgelegen achtergrondstation:  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  op werkdag en  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$  op weekenddag) wordt toegepast.

Het toepassen van Dynamax om het aantal dagwaarde overschrijdingen terug te dringen tot maximaal 35 dagen zal alleen succesvol zijn wanneer de wegbijdrage relatief groot is en het huidige aantal overschrijdingsdagen boven de 35 ligt. Is het aantal overschrijdingsdagen meer dan 40 dan zal instellen van een Dynamax-maatregel alleen niet voldoende zijn.

## 3.3 Neveneffecten

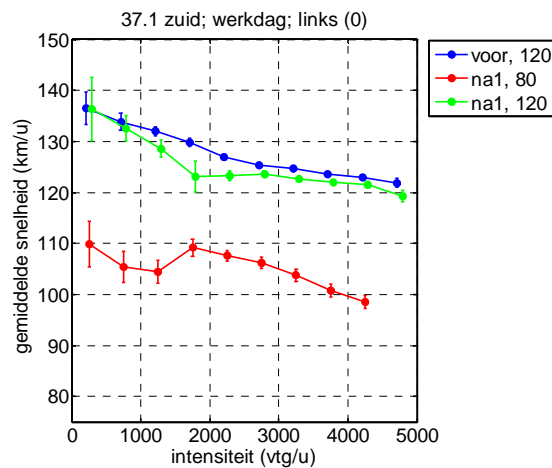
### 3.3.1 Doorstroming

De gemiddelde reistijd op het Dynamax proeftraject is bij een snelheidslimiet van 80 km/u langer dan bij een snelheidslimiet van 120 km/u. Doordeweeks is dit verschil ongeveer 10% (bij snelheidslimiet 80 km/u is de reistijd meer dan 7 minuten, bij snelheidslimiet 120 km/u is de reistijd 6,5 minuut) en in het weekend ongeveer 15%. Indien er sprake is van actieve handhaving passen weggebruikers hun snelheid nog meer aan en stijgt de reistijd verder met 1,4%.

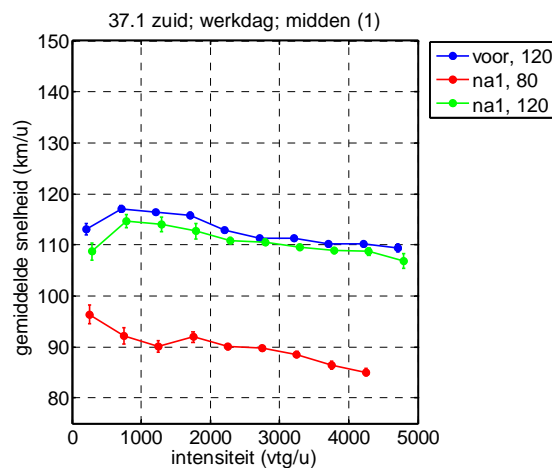
Bij verlaging van de snelheidslimiet van 120 km/u naar 80 km/u is te zien dat de snelheden van alle voertuigen omlaag gaan. De mate waarmee de gemiddelde snelheid daalt is afhankelijk van de locatie, week- of werkdag en verkeersintensiteit.

Bestuurders van personenauto's passen doordeweeks hun gemiddelde snelheid aan met 15 tot 25 km/u (bij snelheidslimiet 120 km/u wordt gemiddeld 110 tot 120 km/u gereden en bij snelheidslimiet 80 km/u gemiddeld 85 tot 100 km/u, afhankelijk van de drukte op de weg). Vrachtwagenbestuurders passen hun gemiddelde snelheid aan met 4 tot 8 km/u (bij snelheidslimiet 120 km/u wordt gemiddeld 85 km/u gereden, bij snelheidslimiet 80 km/u wordt gemiddeld 77 tot 81 km/u gereden).

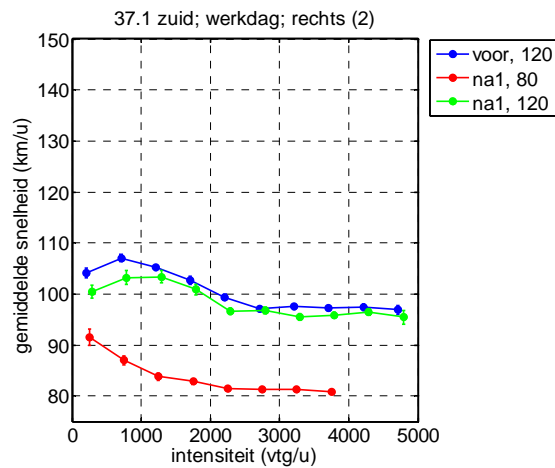
Ter illustratie zijn in Figuur 12 tot en met Figuur 14 grafieken te vinden van de gemiddelde snelheden per strook op meetlocatie Z3, uitgezet tegen de intensiteit. De blauwe lijn geeft de gemiddelde snelheid tijdens de voormeting (bij snelheidslimiet 120 km/u), de rode lijn de gemiddelde snelheid tijdens de nameting als snelheidslimiet 80 km/u geldt en de groene lijn de gemiddelde snelheid tijdens de nametingen als snelheidslimiet 120 km/u geldt.



Figuur 12: gemiddelde snelheid op meetlocatie Z3 op de linkerrijstrook (werkdag). Bron: resi data

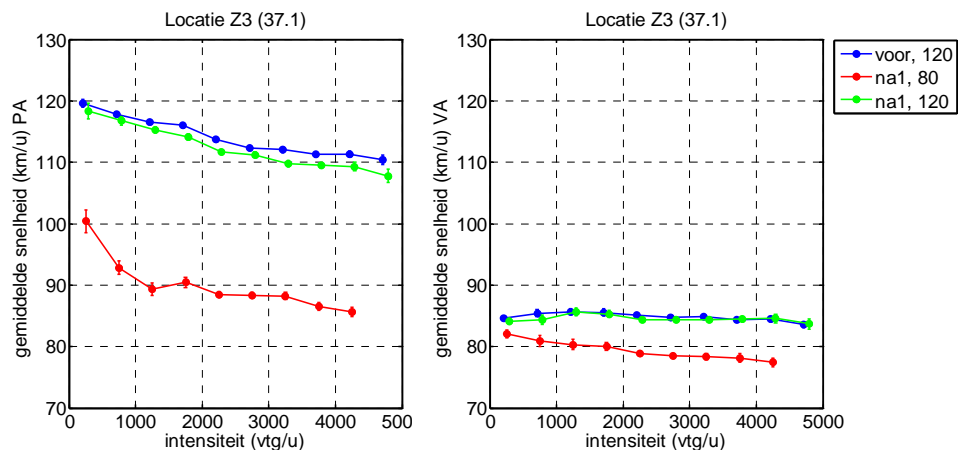


Figuur 13: gemiddelde snelheid op meetlocatie Z3 op de middelste rijstrook (werkdag). Bron: resi data



Figuur 14: gemiddelde snelheid op meetlocatie Z3 op de rechtterijstrook (werkdag). Bron: resi data

In Figuur 15 staat een voorbeeldgrafiek (meetlocatie Z3) voor gemiddelde snelheden gesplitst voor personenauto's en vrachtauto's, uitgezet tegen de intensiteit.



Figuur 15: gemiddelde snelheden op meetlocatie Z3 doordeeweeks, apart voor personenauto's (links) en vrachtwagens (rechts) (bron: resi data). Legenda rechts geldt voor beide grafieken.

Door handhaving ontstaat een extra snelheidsverlaging van 3 tot 4 km/u. Het effect van handhaving is het sterkst op de locaties waar daadwerkelijk (zichtbaar) wordt gehandhaafd.

Voor de 5% hoogst gereden snelheden is een vergelijkbaar patroon te zien als voor de gemiddelde snelheden. De 5% hoogst gereden snelheden liggen circa 10 tot 20 km/u lager bij een snelheidslimiet van 80 km/u (vergeleken met snelheidslimiet 120 km/u). Bij snelheidslimiet 120 km/u zijn de 5% hoogst gereden snelheden 130 tot 135 km/u en bij snelheidslimiet 80 km/u zijn de 5% hoogst gereden snelheden 115 tot 125 km/u. Bij handhaving liggen de hoogst gereden snelheden nog wat lager.

Zowel in de voormeting als in de nameting is er een zeer klein aandeel van files, minder dan 2%. Er is geen extra congestie ontstaan door de snelheidslimiet van 80 km/u; het aantal voertuigverliesuren is klein in zowel voor- als nametingen.

### 3.3.2 Gedrag en veiligheid

De belangrijkste gedragsverandering is dat weggebruikers hun snelheid verlagen, zij het in beperktere mate dan de limietwaarde vraagt (en ook dan vooraf verwacht). De opvolging van de getoonde, verlaagde, limiet ligt laag: bij snelheidslimiet 120 km/u ligt de opvolging tussen de 60% en 80% en bij snelheidslimiet 80 km/u ligt de opvolging tussen de 10% en 30%. De weggebruikers passen hun snelheid niet direct aan bij de overgangen tussen snelheidslimiet 120 km/u en 80 km/u. De aanpassing neemt circa vijftien tot twintig minuten in beslag na wijziging van de snelheidslimiet. Kennelijk passen bestuurders hun snelheid pas aan als anderen dat ook doen.

De verdeling van de voertuigen over de rijstroken verandert duidelijk; bij snelheidslimiet 80 km/u rijden meer voertuigen op de rechterstrook, ten koste van de linker- en middenstrook.

Een belangrijke indicator voor verkeersveiligheid is het aantal ongevallen c.q. slachtoffers, zie Tabel 5. Aangezien de proef heeft plaatsgevonden gedurende een relatief korte periode op een relatief kort traject kunnen op basis van het lage aantal ongevalcijfers hier statistisch gezien geen conclusies aan worden verbonden.

Tabel 5: Aantal ongevallen op proeftraject A58 en controletraject en aandeel van totaal van beide trajecten

Periode \ Traject	Aantal ongevallen op controle traject (en % van totaal)	Aantal ongevallen op Dynamax A58 traject (en % van totaal)	Totaal aantal ongevallen
Voor de maatregel	351 (54%)	297 (46%)	648
Tijdens de maatregel	12 (44%)	15 (56%)	27

Daarom zijn in de voor- en nametingen verkeerskundige parameters gemeten waarmee een indicatie wordt verkregen of de verkeersveiligheid is verslechterd of verbeterd. Het primaire effect van de maatregel is een verlaging van de gemiddelde snelheid. Op autosnelwegen daalt het ongevalrisico licht met afnemende snelheid. In het aandeel voertuigen met een kritieke time-to-collision is geen significante verandering gevonden. Wel is er een lichte toename van korte volgtijden (kleiner dan 1 seconde) op de rechterrijstrook bij een snelheidslimiet van 80 km/u. Dit kan verklaard worden doordat er tijdens de 80 km/u snelheidslimiet een groter aandeel voertuigen op de rechterstrook rijdt in vergelijking met de 120 km/u snelheidslimiet. Verder was er een afname van de standaarddeviatie van de snelheid op de rechterrijstrook. Dit kan worden verklaard door de verschillende effecten van de maatregel op vrachtauto's (kleine snelheidsdaling) versus personenauto's (grotere snelheidsdaling).

De verkeersveiligheidsindicatoren geven geen eenduidig beeld. Op basis hiervan kan niet worden geconcludeerd dat de verkeersveiligheid ten gevolge van de Dynamax maatregel is verslechterd of verbeterd.

### 3.3.3 Geluidsbelasting

Met de verlaging van de snelheidslimiet van 120 km/u naar 80 km/u neemt de geluidbelasting per etmaal, berekend volgens het wettelijk voorschrift, af met 0,4 dB. Voor de nachtperiode bedraagt de afname 0,3 dB. Hierbij is uitgegaan van de vaste gemiddelde snelheden die conform de richtlijnen van Rijkswaterstaat moeten worden gehanteerd bij snelheidslimieten van 80 km/u en 120 km/u. Wanneer niet van deze vaste, maar van de in werkelijkheid gemeten snelheden wordt uitgegaan, is de afname van de geluidsbelasting 0,2 dB.



## 4 Evaluatie praktijkproef doorstroming en veiligheid A12

### 4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de praktijkproef doorstroming en veiligheid op de A12 in hoofdlijnen beschreven. Een meer gedetailleerde deelrapportage van de praktijkproef doorstroming en veiligheid A12 Bodegraven – Woerden is beschikbaar (Burgmeijer et al., *Evaluatie Dynamisering maximumsnelheden – Resultaten proef A12 Bodegraven - Woerden*)

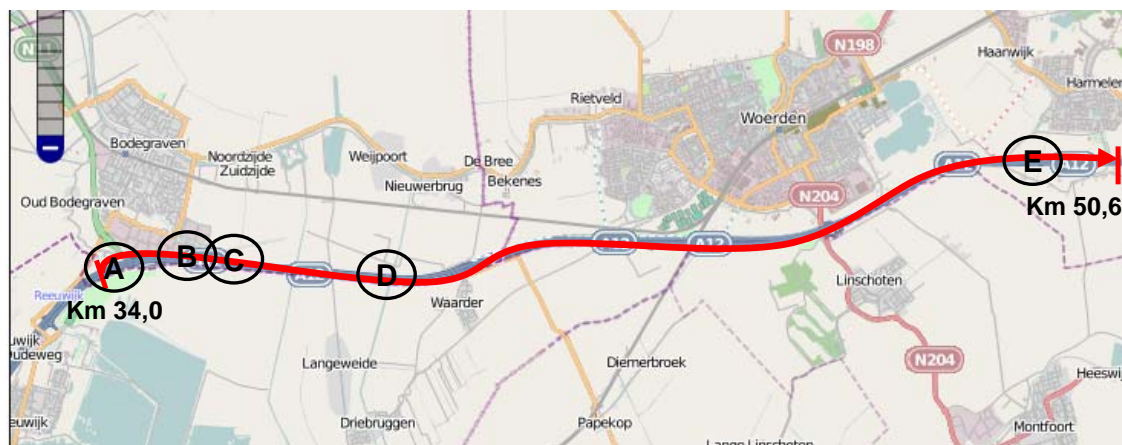
#### 4.1.1 Doelstelling

De Dynamax praktijkproef op de A12 tussen Bodegraven en Woerden bestaat uit twee proeven die tot doel hebben de doorstroming en de veiligheid te verbeteren.

- Filegolff algoritme: De snelheidslimiet wordt verlaagd van 120 km/u naar 60 km/u (met overgangslimieten van 100 km/u en 80 km/u) bij stagnerende doorstroming (als gevolg van filegolven), om een homogenere verkeersstroom te bewerkstelligen en al bestaande file op te lossen
- Regenalgoritme: De snelheidslimiet wordt bij hevige regenval verlaagd van 120 km/u naar 100 km/u of 80 km/u, om de verkeersveiligheid te verbeteren

#### 4.1.2 Opzet proef

Het proeftraject is op de zuidbaan van de A12, tussen kilometerpositie 34,0 (bij Bodegraven) en 50,6 (bij Woerden / Harmelen). De lengte van het proeftraject is circa 16,6 kilometer. Zie Figuur 16 voor een weergave van het traject, met daarin aangeven de meetlocaties waar extra metingen zijn verricht (individuele voertuigdata en/of camerabeelden). Het hele traject heeft drie rijstroken.



Figuur 16: proeftraject A12 BoWo (bron: OpenStreetMap.org onder CC BY-SA 2.0 licentie)

Om de bestuurders te informeren over de dynamische maximumsnelheid zijn de volgende elementen gebruikt:

- Borden aan het begin en einde van het traject (rechts naast de rijbaan) met de aankondiging en 'afkondiging' van de dynamische snelheidslimiet

- Borden op de portalen boven de weg die de geldende limiet aangeven met daartussen argumentatieborden met de reden van de verlaagde snelheidslimiet ('file' of 'slipgevaar') in het geval er een verlaagde snelheidslimiet geldt.



Figuur 17: Portalen proeftraject A12 Bodegraven – Woerden (foto Hans Remeijn)

De proef op de A12 is op 8 september 2009 officieel van start gegaan. Voor de ingebruikname van het algoritme is een voormeting op het traject uitgevoerd. Tijdens de proef zijn er twee nametingen geweest. De tweede nameting eindigde op 17 december 2009.

#### 4.1.3 Algoritmes

Het filegolfalgoritme SPECIALIST is ontwikkeld door de TU Delft [Hegy & Hoogendoorn, 2010]. Het is gericht op het oplossen van filegolven. Filegolven zijn files met een kop die tegen de rijrichting in voortbeweegt en kunnen op allerlei locaties voorkomen. Dit in tegenstelling tot staande files, die een vaste kop hebben, meestal gerelateerd aan een infrastructurele bottleneck. Hoewel het algoritme gericht is op het oplossen van filegolven, kan het wel voorkomen dat het algoritme ingrijpt op een staande file. Dit wordt geaccepteerd omdat het verder geen negatieve consequenties heeft.

De uitstroom van filegolven, aan de kop van de file, wordt bepaald door de maximale uitstroom die uit stilstaand verkeer te bereiken is. Deze bedraagt ongeveer 70% van de normale capaciteit van de snelweg. De werking van SPECIALIST is gebaseerd op het afremmen van het verkeer dat op de staart van de file inrijdt. Door de snelheidslimieten te verlagen wordt de intensiteit ook verlaagd. Deze verlaging van de instroom in de file is in gunstige gevallen voldoende om de file op te laten lossen.

Als het algoritme een filegolf detecteert, wordt eerst bepaald of deze filegolf oplosbaar is. Dit is onder meer afhankelijk van de lengte van het traject en de mate van opvolging van de verlaagde limiet. Het filegolfalgoritme verlaagt de snelheidslimiet van 120 km/u naar 60 km/u met tussenstappen van 100 km/u en 80 km/u. Dit algoritme heeft een erg dynamisch karakter. De 100 en 80 km/u limieten worden zeer kort getoond – echter lang genoeg voor weggebruikers om altijd een 100 of 80 km/u limiet tegen te komen voordat ze een 60 km/u limiet zien. De snelheidslimiet van 60 km/u wordt wat langer

getoond. De meeste ingrepen betreffen korte files met een tijdsduur van enkele minuten en een lengte van enkele kilometers.

Het algoritme heeft in de totale proefperiode gemiddeld 1,6 keer per dag ingegrepen, waarvan in 48% van de gevallen voor een filegolf. De overige (onbedoelde) ingrepen betroffen andere soorten file, zoals een staande file. Op de meetlocaties waar het filegolffalgoritme actief is gold 0,04% tot 0,3% van de tijd een verlaagde limiet. Het percentage van de voertuigen dat te maken had met een verlaagde limiet varieerde op de meetlocaties van 0,06% tot 0,48% (50 tot ruim 400 voertuigen per etmaal).

Bij het regenalgoritme wordt de snelheidslimiet verlaagd van 120 km/u naar 100 km/u (bij een neerslagintensiteit groter dan 2,5 mm/u) of verder naar 80 km/u (bij een neerslagintensiteit groter dan 6 mm/u). De verwachte neerslagintensiteit werd bepaald met behulp van gegevens van de neerslagradar van het KNMI.

De snelheidslimiet van 100 km/u heeft gedurende 1,5% van de meettijd gegolden en de limiet van 80 km/u gedurende ongeveer 0,2% van de meettijd. Het aandeel van de voertuigen dat te maken heeft gehad met een verlaagde snelheidslimiet was 1,4% (ruim 1200 voertuigen per etmaal).

De samenwerking en combinatie van beide algoritmes wordt geregeld in het combinatiealgoritme. Als beide algoritmes een verlaagde limiet opleveren, prevaleert het regenalgoritme, vanwege de veiligheid.

## 4.2 Effecten filegolfmaatregel op doorstroming, gedrag en veiligheid

### 4.2.1 Doorstroming – filegolven

Van de 242 ingrepen tijdens 149 dagen waarop het algoritme actief was (gemiddeld 1,6 ingreep per dag), betrof het 48% van de gevallen filegolven en 52% van de gevallen (onbedoeld) andere type files. Het relatief grote aantal activeringen voor niet-filegolven komt o.a. door een defecte meetlus (op km 39,65) en doordat het moeilijk is om onderscheid te maken tussen een staande file en een filegolf op het moment dat de file net is ontstaan. Tegelijkertijd is het belangrijk om de filegolf zo snel mogelijk te detecteren en zo snel mogelijk in te grijpen en daarom zijn de onbedoelde activeringen geaccepteerd als neveneffect. Het algoritme greep gemiddeld één keer op de tien filegolven in, waarvan ongeveer 80% is opgelost. In totaal neemt het aantal filegolven dus af met 8%. Van de overige ingrepen is ongeveer 40% opgelost.

Op basis van meetdata is het aantal voertuigverliesuren bepaald dat door filegolven veroorzaakt wordt. Hieruit blijkt dat het aantal voertuigverliesuren dat direct door filegolven wordt veroorzaakt afneemt door het filealgoritme. Gemiddeld wordt per ingreep (filegolven plus andere verstoringen) een winst van 18 voertuigverliesuren behaald. Elke opgeloste filegolf betekent een vermindering van 39 voertuigverliesuren. Het SPECIALIST algoritme biedt dus de mogelijkheid file op te lossen en zorgt voor een verbetering van de doorstroming. Ook blijkt uit de metingen dat het activeren van het filegolffalgoritme geen nieuwe filegolven of andere files veroorzaakt of doet toenemen.

Het algoritme grijpt (conform verwachting) niet bij alle op het traject voorkomende congestie in. Het totaal aantal voertuigverliesuren per etmaal is op het beschouwde



traject vele malen hoger dan de afname van het aantal voertuigverliesuren door de filegolfmaatregel en varieert sterk<sup>1</sup>. Hierdoor is de invloed van de filegolfmaatregel in dit etmaalgetal niet terug te zien; de gebruikelijke fluctuaties zijn beduidend groter. Met een gemiddelde van 1,6 ingreep per dag zorgt het filegolfalgoritme nu voor 29 voertuigverliesuren per dag minder, circa 1 tot 1,5 % van het totaal aantal voertuigverliesuren op een gemiddelde dag in de nameting. Het filealgoritme kan uitgebreid en verbeterd worden, zodat in de toekomst meer filegolven en wellicht ook andere typen files aangepakt kunnen worden.

De analyse van het filegolfalgoritme is uitgebreider dan de analyses van de algoritmes / maatregelen van de Dynamaxproeven op de A1 en A58. Het filegolfalgoritme is door zowel TNO als de TU Delft geanalyseerd. TNO heeft dezelfde analyses uitgevoerd als voor de andere proeven, met behulp van Monica data op het hele traject, en Resi-data en camerabeelden op een beperkt aantal locaties. Echter, hiermee kon niet worden nagegaan of het filegolfalgoritme de filegolven werkelijk vermindert en mogelijk zelfs volledig oplost. Hiervoor zijn meer meetlusdata op individueel voertuigniveau nodig, en voor een langere periode. Deze analyses heeft de TU Delft uitgevoerd en gerapporteerd in [Hegyí & Hoogendoorn, 2010]. TNO heeft het rapport van de TU Delft gereviewd en relevante passages overgenomen, om zo een volledig beeld te geven van de effecten van het filegolfalgoritme.

#### 4.2.2 Doorstroming – overig

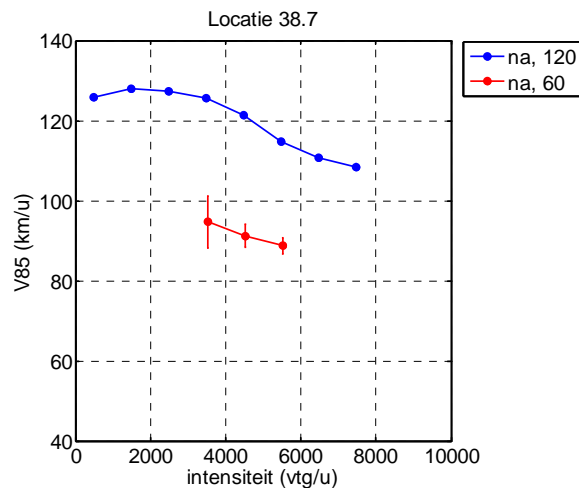
De filegolven lossen op doordat weggebruikers hun snelheid substantieel verlagen bij de lagere snelheidslimiet. Afhankelijk van de locatie en intensiteit worden afnamen gevonden tussen 23 en 40 km/u (bij een daling van de snelheidslimiet van 120 km/u naar 60 km/u). Bij snelheidslimiet 120 km/u ligt de gemiddelde snelheid tussen 95 en 108 km/u (afhankelijk van de locatie) en bij snelheidslimiet 60 km/u ligt de gemiddelde snelheid tussen 60 en 85 km/u. Ook vrachtwagens verlagen hun snelheid (afname rond 8 km/u).

De gemiddelde snelheden bij een limiet van 60 km/u varieerden sterk per locatie (van rond de 60 km/u tot rond de 80 km/u); ook de standaarddeviatie verschilt per locatie (van 10 tot 19 km/u).

Niet alleen de gemiddelde snelheid gaat omlaag. De hogere snelheden (V95: de snelheid waarboven de 5% snelste voertuigen rijden) bewegen in ongeveer dezelfde mate mee naar beneden van gemiddeld 130 km/u naar 100 km/u. Dit betekent dat ook bestuurders met een hoge wenssnelheid hun snelheid als gevolg van de maatregel aanpassen. Een voorbeeld van een grafiek van de V95 (uitgezet tegen de intensiteit) op meetlocatie D is te vinden in Figuur 18. De blauwe lijn laat de V95 in de nameting zien als snelheidslimiet 120 km/u geldt en de rode lijn laat de V95 in de nameting zien als snelheidslimiet 60 km/u geldt.

---

<sup>1</sup> Gemiddeld aantal Voertuig Verlies Uren is 1350 (voormeting), 2200 (eerste nameting) tot 3000 (tweede nameting)



Figuur 18: V95 filegolf algoritme meetlocatie D

Op het gebied van reistijd zijn er bij het doorstromingsalgoritme twee effecten:

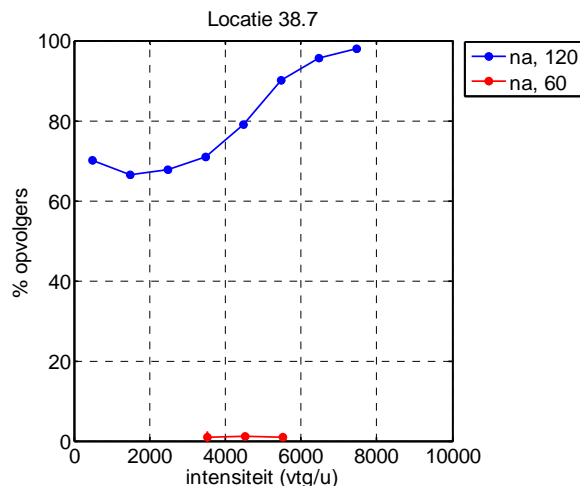
1. Er is sprake van een langere reistijd door de snelheidsverlaging als gevolg van de maatregel
2. Er is ook sprake van een hogere snelheid daar waar de filegolf is opgelost, en dit verkort de reistijd

Het effect van de reistijdwinst door de maatregel op het oplossen van filegolven is niet terug te zien op geaggregeerd niveau (hele traject, etmaal). Echter, omdat de analyses lieten zien dat per saldo het aantal voertuigverliesuren bij ingrijpen door het algoritme afnam, kan er van uit worden gegaan dat het filealgoritme zorgt voor kortere reistijden voor voertuigen die door de verlaagde snelheidslimieten niet in de file terechtkomen of hier minder last van hebben.

#### 4.2.3 Gedrag en veiligheid

Bij de overgangen van de snelheidslimiet passen weggebruikers soms wel en soms niet direct hun snelheid aan. Dit hangt af van de verkeerssituatie en de locatie. Bij het filegolfalgoritme is de reden van de snelheidsverlaging voor de bestuurders niet direct duidelijk en treedt snelheidsaanpassing vaak ook niet direct op. Er is ook nauwelijks sprake van een andere verdeling over de rijstroken.

Het percentage van weggebruikers dat de snelheid aanpast tot onder de getoonde snelheidslimiet is bij het filegolfalgoritme (60 km/u) vrijwel 0%. Een voorbeeld van een grafiek met de opvolging van de snelheidslimiet uitgezet tegen de intensiteit is te vinden in Figuur 19 voor meetlocatie D. De blauwe lijn geeft de opvolging in de nameting van snelheidslimiet 120 km/u en de rode lijn geeft de opvolging in de nameting van de snelheidslimiet 60 km/u.



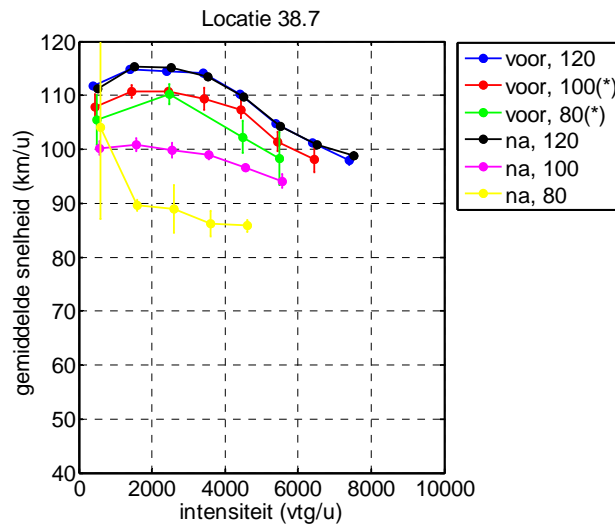
Figuur 19: percentage opvolgers filegolffalgoritme meetlocatie D

Het filegolffalgoritme draagt bij tot een lichte (echter nauwelijks significante) verbetering van de veiligheid. De veiligheidsindicatoren die bepaald zijn hebben tijdens de nameting eenzelfde of een licht gunstiger waarde dan tijdens de voormeting. Dit betreft de gemiddelde snelheden, de hoogst gereden snelheden, de standaarddeviaties van de snelheid, de percentages kritische volgtijden en de Times-to-collision. Het oplossen van een klein percentage van de filegolven levert ook een positief effect op de verkeersveiligheid.

### 4.3 Effecten regenalgoritme op doorstroming, gedrag en veiligheid

#### 4.3.1 Doorstroming

De Dynamaxmaatregel bij het optreden van hevige regenval blijkt een extra snelheidsverlaging van 9 tot 13 km/u te geven. De omvang van de afname is afhankelijk van de intensiteit en de locatie. Uit de voormeting blijkt dat bestuurders hun snelheid ook zonder Dynamaxmaatregel al verlagen bij hevige regen. Daar waar in de voormeting het regenalgoritme ten tijde van regen een snelheidslimiet van 100 km/u zou hebben gegeven, wordt circa 3 km/u langzamer gereden en als het algoritme een snelheidslimiet van 80 km/u zou hebben gegeven wordt circa 8 km/u langzamer gereden. In de nametingen, met de Dynamax-maatregel, blijken deze dalingen van de snelheden beduidend groter: 12 km/u (bij limiet 100 km/u) en 21 km/u (bij limiet 80 km/u). Vrachtwagenbestuurders passen hun snelheid ook licht aan, met 0 tot 2 km/u. De hoogste gereden snelheden dalen op dezelfde manier als de gemiddelde snelheden.



Figuur 20: gemiddelde snelheden regen algoritme meetlocatie D. Met \* wordt aangegeven dat het om een 'virtuele' limiet gaat

In Figuur 20 is een grafiek te zien met de gemiddelde snelheden op meetlocatie D, uitgezet tegen de intensiteit. De blauwe lijn geeft de gemiddelde snelheid in de voormeting bij snelheidslimiet 120 km/u weer. De rode lijn geeft de gemiddelde snelheid in de voormeting als een snelheidslimiet 100 km/u zou gelden en de groene lijn als snelheidslimiet 80 km/u zou gelden. Deze 'virtuele' snelheidslimieten zijn weergegeven met een (\*). We noemen ze virtueel, omdat tijdens de voormeting de maatregel nog niet aanstond en de geldende snelheidslimiet in deze gevallen 120 km/u was. Deze perioden zijn gevonden door de gemeten neerslagintensiteiten in de voormeting te koppelen aan het gehanteerde Dynamax regen algoritme. De zwarte, roze en gele lijnen geven de gemiddelde snelheden in de nameting weer bij de drie verschillende snelheidslimieten.

Door de snelheidsverlaging als gevolg van het regen algoritme neemt de reistijd op het moment dat de verlaagde limieten gelden toe in dezelfde mate als waarmee de snelheid afneemt. Het aandeel voertuigen dat te maken krijgt met een langere reistijd door de maatregel is echter klein (1,4%).

#### 4.3.2 Gedrag en veiligheid

Bij het regen algoritme is de reden voor snelheidsverlaging zichtbaar voor de bestuurders en te zien is dat de gemiddelde snelheid vrijwel direct meebeweegt met de snelheidslimiet.

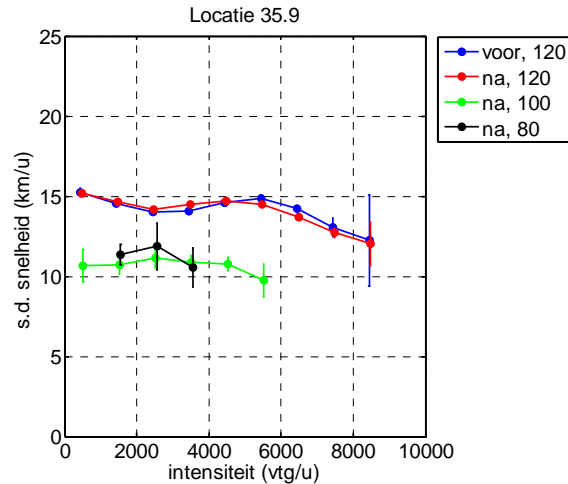
Er is nauwelijks sprake van een andere verdeling over de rijstroken. Het percentage van weggebruikers dat de snelheid aanpast tot onder de getoonde snelheidslimiet is bij het regen algoritme (80 km/u) tussen 20% en 35% en bij het regen algoritme (100 km/u) tussen de 55% en 80%.

Het primaire effect van het verlagen van de snelheidslimiet is een verlaging van de gemiddelde snelheid. Op autosnelwegen daalt het ongevalrisico bij afnemende snelheid, maar dit gaat minder snel dan op lagere-orde-wegen [SWOV, Aarts].

Het regen algoritme verbetert de veiligheid. De veiligheidsindicatoren die bepaald zijn hebben tijdens de nameting een significant gunstiger waarde dan tijdens de voormeting. Dit betreft de gemiddelde snelheden, de hoogst gereden snelheden, de

standaarddeviaties van de snelheid, de percentages kritische volgtijden en de Times-to-collision.

Een grafiek met de resultaten van de standaarddeviatie van de snelheid uitgezet tegen de intensiteit voor meetlocatie C wordt getoond in Figuur 21.



Figuur 21: standaarddeviatie van de snelheid regen algoritme meetlocatie C

In Tabel 6 zijn de ongevalcijfers te zien. Het Dynamax proeftraject is vergeleken met een controletraject. Te zien is dat voordat de maatregel actief was, op het controletraject meer ongevallen plaatsvonden dan op het proeftraject. Dit geldt voor de A12 als geheel, dus voor het regen algoritme en het filegolfg algoritme samen. Tijdens de proefperiode vonden op het Dynamaxtraject tien ongevallen plaats en op het controletraject negen. Gezien de lage absolute aantallen kunnen er statistisch hier geen harde conclusies aan worden verbonden.

Tabel 6: Aantal ongevallen op proeftraject A12 Bodegraven - Woerden en controletraject en aandeel van totaal aantal ongevallen

Periode \ Traject	Aantal ongevallen op controle traject (en % van totaal)	Aantal ongevallen op Dynamax A12 BoWo traject (en % van totaal)	Totaal aantal ongevallen
Voor de maatregel	279 (55%)	229 (45%)	508
Tijdens de maatregel	9 (47%)	10 (53%)	19

## 4.4 Neveneffecten

### 4.4.1 Luchtkwaliteit

Doordat de snelheden van de weggebruikers slechts gedurende een aantal korte perioden per etmaal omlaag gaan, zal de luchtkwaliteit ten gevolge van de beide Dynamax-maatregelen heel licht verbeteren. De emissies van NO<sub>x</sub> en PM<sub>10</sub> van het personenvervoer nemen af met 1% respectievelijk 0,3%. In deze berekening is het effect van de opgeloste files en gewonnen voertuigverliesuren niet meegenomen. Dit zal in werkelijkheid tot een positiever effect op de luchtkwaliteit leiden.

De berekende verlagingen in concentraties zijn verwaarloosbaar in vergelijking met de heersende lokale (achtergrond)concentraties langs het proeftraject op de A12.

#### *4.4.2 Geluidsbelasting*

Voor de verandering in geluidbelasting geldt hetzelfde als voor de luchtkwaliteit; een lagere snelheid zal leiden tot lagere geluidsemissies. Met de huidige rekenmethoden voor de geluidbelasting en met de korte duur van de verlagingen van de snelheidslimiet, laten de berekeningen zien dat de invoering van deze Dynamax-maatregel gericht op de doorstroming en veiligheid geen significant effect heeft op de geluidbelasting.

## 5 Evaluatie praktijkproef doorstroming (A12 Voorburg)

### 5.1 Inleiding

#### 5.1.1 Doelstelling

Op de A12 bij Voorburg (Den Haag → stad uit) is een aantal jaren geleden een 80 km zone ingesteld. Uit evaluatie is gebleken dat op dit traject (tussen knooppunt de afrit Bezuidenhout en het Prins Clausplein) de 80 km/u maatregel met trajectcontrole heeft geleid tot een verminderde doorstroming. De afgedwongen uniforme rijksnelheden leiden er toe dat weggebruikers meer rechts houden en moeite ondervinden met het wisselen van rijstrook. De minister van Verkeer & Waterstaat heeft daarom besloten om op deze locatie te experimenteren met dynamische maximumsnelheden.

**Het centrale doel** van de proef op de A12 bij Voorburg is tweeledig:

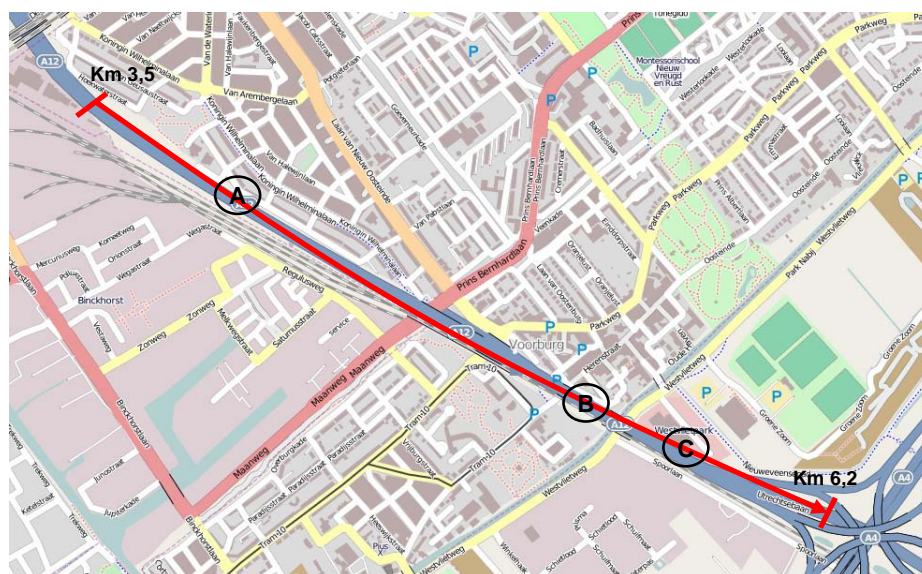
- Het verbeteren van de doorstroming door de snelheidslimiet in de randen van de avondspits te verhogen van 80 km/u naar 100 km/u;
- Het vergroten van de acceptatie van de ingestelde snelheidslimiet door de snelheidslimiet in de nachtelijke uren te verhogen van 80 km/u naar 100 km/u.
- Randvoorwaarde is dat de Dynamaxmaatregel niet ten koste mag gaan van de luchtkwaliteit

De volgende onderzoeksvragen worden door ons geanalyseerd en beantwoord:

1. Treden de bedoelde effecten op het gebied van doorstroming en acceptatie op?
2. Wordt dit effect bereikt onder de randvoorwaarde van gelijkblijvende luchtkwaliteit?
3. Blijven de neveneffecten (op het gebied van geluidsbelasting en veiligheid) beperkt?

#### 5.1.2 Opzet proef

Zie Figuur 22 voor een overzicht van het traject inclusief de meetlocaties.



Figuur 22: proeftraject A12 Voorburg (bron: OpenStreetMap.org onder CC BY-SA 2.0 licentie)

Het proeftraject is op de A12 bij Voorburg (Den Haag → stad uit), van kilometerpositie 3,5 (Bezuidenhout) tot 6,2 (ter hoogte van afrit naar A4). Het traject heeft in het begin drie rijstroken, rond km 5,2 komt er een invoegstrook bij vanuit Voorburg, en aan het eind van het traject splitsten de twee rechterrijstroken zich af naar de A4.

De voor- en nametingen vonden plaats tijdens de onderstaande perioden:

Tabel 7: Meetperiodes proef A12 Voorburg

Periode	Van	Tot/met
Voormeting	4 dec 2009	16 dec 2009
Nameting 1	11 jan 2010	25 jan 2010
Nameting 2	18 maart 2010	1 april 2010

Om de bestuurders te informeren over de dynamische maximumsnelheid zijn elektronische signaalgevers boven de weg gebruikt (één signaalgever per rijstrook), zie figuur 23.



Figuur 23: proeftraject A12 Voorburg

### 5.1.3 Algoritme

Het algoritme dat tijdens de proef is gehanteerd, werkt globaal als volgt. De snelheidslimiet is in principe 80 km/u, maar schakelt *overdag* naar 100 km/u bij hoge intensiteiten (boven de 3.500 voertuigen per uur) of lage snelheden (onder de 50 km/u). In de praktijk betekent dit, dat tussen 15:20 en 18:50 de snelheidslimiet 100 km/u geldt, afgezien van perioden met congestie (het AID treedt dan in werking).

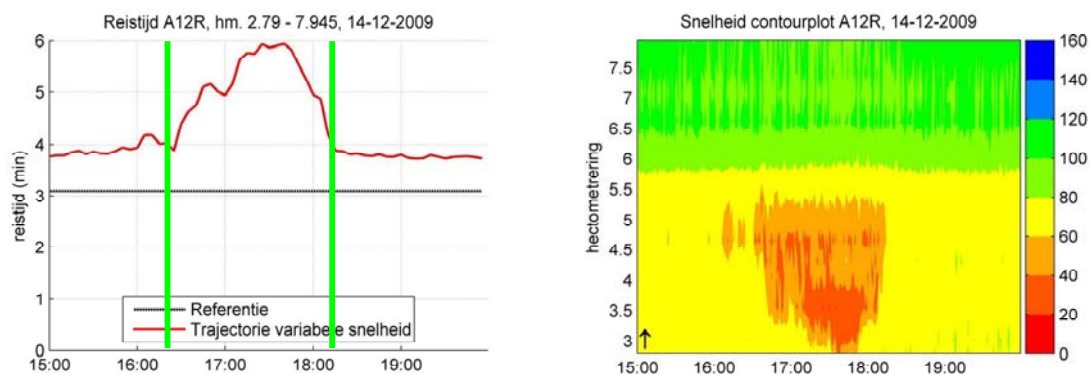
Het algoritme schakelt *'s nachts* (tussen 23:00 en 5:00) naar 100 km/u bij lage intensiteiten (onder de 2.000 voertuigen per uur) en hoge snelheden (hoger dan 70 km/u). In de praktijk betekent dit dat tussen 23:15 en 5:00 snelheidslimiet 100 km/u geldt.



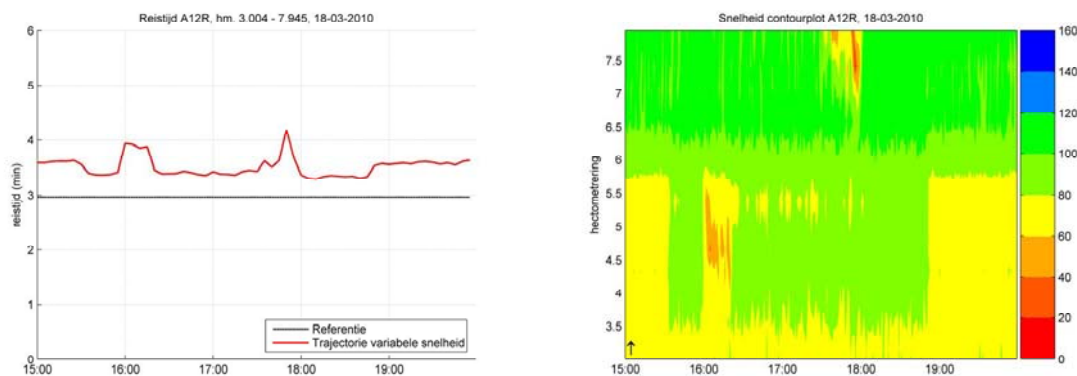
## 5.2 Effecten maatregel op doorstroming

Onderstaand worden enkele grafische voorbeelden getoond van de reistijd uitgezet tegen het tijdstip tussen 15:00 en 20:00 uur. Daarnaast wordt een 3D-snelheidsplot over dezelfde tijdperiode toegepast met verticaal de hectometerpositie. Deze grafieken geven een representatief beeld voor een “gemiddelde” dag in de voor- en tweede naperiode. Zie Figuur 24 en 25.

Uit deze en andere plots valt kwalitatief af te leiden dat de congestieduur in de avondspits tijdens de beide nametingen korter was dan tijdens de voormeting.



Figuur 24: reistijden en snelheid contourplot avondspits 14 december 2009 (voor instellen van de maatregel)



Figuur 25: reistijden en snelheid contourplot avondspits 18 maart 2010 (tweede nameting)

Door de Dynamax maatregel is de congestie in de avondspits (15:00-20:00) sterk afgenomen zie Tabel 8.

- Het aantal voertuigverliesuren is in de nametingen gedaald ten opzichte van de voormeting, van 622 in de voormeting tot 430 in de eerste nameting (-31%) en 215 in de tweede nameting (-65%);
- De reistijd is in de nametingen gedaald ten opzichte van de voormeting, van 5:30 in de voormeting tot 4:30 in de eerste nameting (-18%) en 3:45 in de tweede nameting (-32%).

Tabel 8: Gemiddeld aantal voertuigverliesuren en reistijd per avondspits per meetperiode

	<b>Voormeting</b>	<b>Nameting 1</b>	<b>Nameting 2</b>
<b>Voertuigverliesuren</b>	622	430	215
<b>Reistijd (min)</b>	5,5	4,5	3,75

De capaciteit van het traject neemt toe. Op meetlocatie C is de capaciteit duidelijk toegenomen per meetperiode: in de eerste nameting is de capaciteit met 4% toegenomen ten opzichte van de voormeting, in de tweede nameting met 8%.

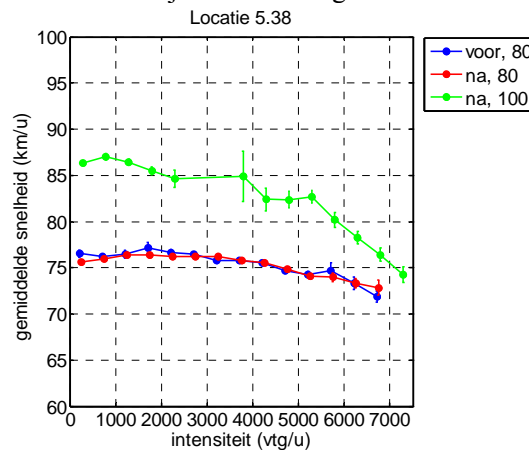
's Nachts neemt de gemiddelde reistijd af, van 3:45 in de voormeting tot 3:36 in de eerste nameting (-4%) en 3:30 in de tweede nameting (-7%).

Bij een verhoging van de snelheidslimiet (zowel in de avondspits als in de nacht) stijgt de gemiddelde snelheid van 75 km/u (bij snelheidslimiet 80 km/u) naar 80 tot 85 km/u (bij snelheidslimiet 100 km/u). Dit is een stijging van 7% tot 13%. Dit effect is heel duidelijk voor personenauto's, voor vrachtauto's is er echter ook een effect: er wordt circa 5 km/u sneller gereden als de 100 km/u snelheidslimiet geldt. De gemiddelde snelheid stijgt van 70 tot 75 km/u (bij snelheidslimiet 80 km/u) naar 75 tot 80 km/u (bij snelheidslimiet 100 km/u).

Op de linkerrijstrook is de snelheidsverandering het grootst en op de rechterrijstrook het kleinst.

Net als de gemiddelde snelheid stijgt ook de maximum gereden snelheid (V95-waarde van de snelheid) toe. Deze neemt toe met 10 tot 15 km/u. De V95-waarde gaat van 85 km/u (bij snelheidslimiet 80 km/u) naar 95 tot 100 km/u (bij snelheidslimiet 100 km/u).

Figuur 26 toont een voorbeeld van een plot van de gemiddelde snelheid uitgezet tegen de intensiteit. Bij beide snelheidslimieten (80 km/u en 100 km/u) blijft de gemiddelde snelheid duidelijk beneden de geldende snelheidslimiet.



Figuur 26: gemiddelde snelheid meetlocatie B (kilometerpositie 5,38) uitgezet tegen intensiteit

### Gedrag

Onder invloed van de Dynamax maatregel verandert het gedrag van de weggebruikers. De volgende veranderingen vinden plaats.

's Nachts is duidelijk te zien dat de weggebruikers hun snelheid (direct) aanpassen aan de snelheidslimiet. De effectgrootte van de verandering in gemiddelde snelheid is ongeveer 10 km/u. De gemiddelde snelheid ligt 's nachts ver onder de snelheidslimiet.

In de *avondspits* is het lastig het effect van de verandering in snelheidslimiet vast te stellen. Bij een verlaging van de snelheidslimiet verlagen de weggebruikers hun snelheid. De weggebruikers verhogen hun snelheid alleen als de verkeersafwikkeling dit toestaat.

De opvolging van de 100 km/u snelheidslimiet is bijna 100%. De opvolging van de 80 km/u snelheidslimiet ligt rond de 80%. De sterke opvolging van de snelheidslimiet is waarschijnlijk te wijten aan de aanwezigheid van trajectcontrole.

In de avondspits rijden er bij snelheidslimiet 100 km/u iets meer voertuigen op de linkerrijstrook en iets minder voertuigen op de midden- en rechterrijstrook dan bij snelheidslimiet 80 km/u. In de nacht verandert de verdeling van de voertuigen over de rijstroken nauwelijks onder invloed van de Dynamax maatregel.

De Dynamax maatregel zorgt ervoor dat het rijstrookwisselgedrag dynamischer wordt. De beschikbare weefruimte wordt beter benut.

### **Acceptatie**

In het draagvlakonderzoek, uitgevoerd door TNS NIPO, is onderzoek gedaan naar de acceptatie van de weggebruikers voor Dynamax. De belangrijkste resultaten zijn als volgt.

- Qua houding is men verdeeld over de 80 km-zone. Weggebruikers met meer ervaring op het traject staan negatiever ten opzichte van de 80 km-zone dan weggebruikers met weinig ervaring op het traject.
- Het verhogen van de snelheidslimiet vlak voor en na de spits, om zo de doorstroming te verbeteren, wordt door 80% van de respondenten positief ontvangen. De respondenten begrijpen dat deze verhoging van de snelheidslimiet kan bijdragen aan het verbeteren van de doorstroming.
- Het toestaan van een hogere snelheidslimiet in de randen van de spits en in de nachtelijke uren draagt bij aan het begrip voor de normale snelheidslimiet van 80 km/u.
- De helft van de weggebruikers vindt het acceptabel om 80 km/u te rijden om zo de luchtkwaliteit te verbeteren.

## **5.3 Effecten op de luchtkwaliteit**

De verhoging van de snelheidslimiet op de A12 Den Haag – Voorburg leidt tot meer dynamiek in het verkeer, waardoor de capaciteit toeneemt en de congestie in de avondspits afneemt. De luchtkwaliteit is daarbij randvoorwaardelijk; het was de verwachting dat de afname van congestie en de daarmee samenhangende afname van de verkeersemisseries dominant zou zijn ten opzichte van toegenomen verkeersemisseries ten gevolge van de snelheidsverhoging van 80 km/u naar 100 km/u.

Omwille van het draagvlak bij de weggebruiker, is in aanvulling op een snelheidsverhoging rondom de spitsen, ook gekozen voor een snelheidsverhoging 's nachts (van ongeveer 23:15 tot 5:00 uur). Dit leidt weliswaar tot extra geluid- en luchtmissies, maar de verwachting was dat dit effect, gelet op het aandeel verkeer wat 's nachts rijdt, verwaarloosbaar zou zijn.

Met behulp van de gemeten verkeersintensiteiten op de locaties A, B en C, de logdata van de geldende snelheidslimieten en met gebruik van erkende rekenmodellen voor

verkeersemissies en concentraties zijn de werkelijke effecten tijdens de voor- en nametingen bepaald.

Door de maatregel zijn de volgende effecten opgetreden in de emissies van NO<sub>x</sub> en PM<sub>10</sub>:

- Doordat de congestie in de avondspits afneemt, nemen ook de emissies af. De emissiefactoren zijn namelijk 20% (PM<sub>10</sub>) tot 35% (NO<sub>x</sub>) lager wanneer verkeer vrij doorstroomt bij snelheidslimiet van 100 km/u ten opzichte van een file. Deze afname treedt hoofdzakelijk op locatie A op, omdat daar tijdens de avondspits de congestie voor intreden van de maatregel het grootst is. Op locatie B en C is de congestie in de avondspits voor de maatregel al beperkt en na de maatregel vrijwel afwezig. Daardoor is de emissieafname ten gevolge van afname in congestie op locaties B en C beperkt.
- Doordat de snelheidslimiet voor en na de congestieperiode in de avondspits gedurende enkele uren omhoog gaat, nemen de emissies in die periode toe. De emissiefactoren zijn namelijk 10% (PM<sub>10</sub>) tot 20% (NO<sub>x</sub>) hoger bij een snelheidslimiet van 100 km/u t.o.v. 80 km/u. Op de locaties A, B en C is dit effect ongeveer even sterk. De spitsperiode met snelheidslimiet 100 km/u duurt gemiddeld 3:10 uur. In deze spitsperiode is de totale hoeveelheid verkeer 18.000 voertuigen, ongeveer 30% van het totale verkeer gedurende één etmaal.
- Doordat de snelheidslimiet ook in de nacht omhoog gaat van 80 km/u naar 100 km/u zullen de emissies op alle locaties 10% (PM<sub>10</sub>) tot 20% (NO<sub>x</sub>) hoger zijn. De omvang van dit effect is klein vergeleken met het effect van de snelheidsverhoging op de dag, omdat het totale hoeveelheid verkeer in de nacht (23:00 – 5:00 uur) slechts 3-4 % van het totale verkeer gedurende één etmaal omvat. Dit effect is daarom ruwweg 10 maal zo klein als het effect in de spits (vorige bullit).

In onderstaande Tabel 9 zijn de effecten op emissies en concentraties voor de verschillende locaties (A, B en C) weergegeven. Voor locatie A is tevens de afname ten gevolge van de afname van de congestie (file) apart weergegeven. Merk op dat de concentratie NO<sub>2</sub> een gevolg is van omzetting vanuit NO<sub>x</sub> plus directe emissie NO<sub>2</sub>.

Tabel 9: Veranderingen in de emissies en in de concentraties op de lokaties A, B en C. Voor lokatie A is de emissieafname ten gevolge van de afname van de congestie apart weergegeven.

Effecten luchtkwaliteit	eenheid	A (file)	A (totaal)	B	C
verkeersemissie PM <sub>10</sub>	%	-1	0,2	1,3	1,1
verkeersemissie NO <sub>x</sub>	%	-2	-0,15	1,8	1,6
Concentratieverhoging PM <sub>10</sub>	µg/m <sup>3</sup>		0,00	0,03	0,03
Concentratieverhoging NO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>		0,04	0,2	0,2

De emissies zijn vergeleken tussen voormeting en de tweede nameting. De berekeningen uit de eerste nameting geven blijken minder representatief, omdat hier de congestie-afname direct na invoering van de maatregel nog te beperkt is. Het percentage voor de verkeersemissies heeft betrekking op de totale verkeersbijdrage van beide rijbanen van de A12 (Den Haag in en Den Haag uit).

De berekeningen wijzen uit dat het gunstige effect door congestie-afname even sterk is als het effect van de snelheidstoename, waardoor de concentraties op locatie A (vrijwel)

gelijk zijn aan de concentraties tijdens de voormeting. Bij locatie B en C is er sprake van een heel lichte toename.

- Op locatie A zijn de concentraties NO<sub>2</sub> en PM<sub>10</sub> op de toetsafstand in de nameting (nagenoeg) gelijk aan de voormeting. De luchtkwaliteit blijft hier dus gelijk.
- Op locaties B en C is de toename concentraties NO<sub>2</sub> en PM<sub>10</sub> in de nametingen op de toetsafstand maximaal 0,2 µg/m<sup>3</sup> en 0,03 µg/m<sup>3</sup>. Deze berekende verschillen in concentratie NO<sub>2</sub> en PM<sub>10</sub> met en zonder toepassing van de maatregel zijn kleiner dan de onzekerheidsmarges van het gebruikte model.

Verder is te verwachten dat het werkelijke effect nog wat gunstiger is dan het met modellen berekende effect, omdat de werkelijke gemeten snelheidsverschillen tussen de snelheidslimieten 80 km/u en 100 km/u kleiner blijken te zijn dan bij de referentiesituatie waar bij de bepaling van de emissiefactoren vanuit wordt gegaan.

Ook de locatie waar het effect optreedt is relevant. Locatie A ligt ter hoogte van woonwijken, locaties B en C liggen wel in bebouwd gebied, maar op minder gevoelige locaties. De locaties B en C liggen ook in de invloedssfeer van het nabij gelegen Prins Clausplein, knooppunt met de A4, welke dominant bijdraagt aan lokale verkeersemisies.

Aandachtspunt is het inregelen van algoritme (schakelmomenten van 80 km/u naar 100 km/u en terug). Indien het mogelijk zou zijn in de avondspits iets eerder terug te schakelen naar 80 km/u, zonder dat dit aanleiding geeft tot nieuwe congestievorming, heeft dit een gunstig effect op de verkeersemisies. Aanbevolen wordt daarom om deze mogelijke verbetering van het algoritme nader te onderzoeken.

## 5.4 Neveneffecten

### 5.4.1 Geluidsbelasting

De invoering van de Dynamaxmaatregel leidt tot een verhoging van de geluidsbelasting met 0,2 dB. Het effect van verschillen in rijndynamiek (de mate waarin het verkeersbeeld afwijkt van een zich met één constante snelheid verplaatsende stroom voertuigen) zijn niet in de analyse meegenomen. Hiervoor zijn geen breed geaccepteerde of gevalideerde rekenmodellen. Zoals hiervoor is aangegeven is er wel sprake van een toename in dynamiek. Verwacht mag worden dat het totale effect van de Dynamaxmaatregel erg klein blijft. Metingen [RIVM, 2010] geven hetzelfde resultaat (0,2 dB verhoging), met de kanttekening dat dit kleiner is dan de meetonnauwkeurigheid.

### 5.4.2 Veiligheid en gedrag

Uit de metingen van de veiligheidsindicatoren (% korte volgtijden en TTC) blijkt de veiligheid niet significant toe of af te nemen. Wel neemt de dynamiek van het verkeer iets toe wat zichtbaar is door grotere snelheidsverschillen tussen de rijstroken en een grotere standaarddeviatie van de snelheid.

De weggebruikers passen direct hun snelheid aan de snelheidslimiet aan, zowel bij de overgang van 80 naar 100 km/u als andersom.

## 6 Draagvlak

De weggebruikers beoordelen de Dynamaxmaatregelen positief, vooral de maatregelen die gericht zijn op doorstroming [rapporten TNS NIPO, Duijm en Zandvliet].

In Tabel 10 staat per proef aangegeven het percentage van de weggebruikers dat de maatregel positief ontvangt, en het percentage van de weggebruikers dat te maken heeft gehad met een verlaagde of verhoogde snelheidslimiet. Voor de proef op de A58 geldt dat het percentage weggebruikers dat te maken heeft gehad met een verlaagde snelheidslimiet gelijk is gesteld aan het percentage van de tijd dat de maatregel ingesteld is. De maatregel wordt namelijk altijd voor een paar dagen achtereenvolgend ingesteld. Voor het proeftraject is de verwachting dat dit uitkomt op 14% (percentage van de tijd dat de snelheidslimiet daadwerkelijk verlaagd is) tot 21% (percentage van de tijd dat het algoritme een verlaagde snelheidslimiet aangaf).

Tabel 10: Acceptatie van de maatregelen en aandeel weggebruikers dat er mee te maken heeft

<b>Proef</b>	<b>Acceptatie</b> % dat maatregel positief ontvangt	<b>Weggebruikers</b> % dat te maken heeft met <b>verhoogde</b> limiet	<b>Weggebruikers</b> % dat te maken heeft met <b>verlaagde</b> limiet
<b>A1 doorstroming</b>	93%	39%	
<b>A58 luchtkwaliteit</b>	64%		14%-21%
<b>A12 BoWo doorstroming</b>	82%		0,06%-0,48%
<b>A12 BoWo veiligheid</b>	78%		1,4%
<b>A12 Voorburg doorstroming</b>	80%	33%	

## 7 Conclusies en aanbevelingen

### 7.1 Conclusies evaluatie Dynamax overall

De kernvraag van het project *Evaluatie Dynamisering maximumsnelheden (Dynamax)* is:

*Welk effect heeft de toepassing van dynamische maximumsnelheden op het verkeer op de weg (doorstroming, veiligheid en milieu), hoe komt dat (gedrag) en wat is de toegevoegde waarde van het dynamische karakter van de maatregel?*

Deze kernvraag is door ons opgesplitst in twee deelvragen die voor elk van de vijf maatregelen is gesteld, namelijk:

1. Zijn de doelstellingen van de proef gehaald?
2. Zijn er neveneffecten?

**De eerste vraag kan voor alle maatregelen positief beantwoord worden, en de gevonden neveneffecten zijn gering, waarmee de Dynamax-proeven geslaagd genoemd kunnen worden.**

#### **De gewenste effecten treden bij alle maatregelen op**

Er zijn vijf maatregelen voor de dynamisering van maximumsnelheden beproefd. Deze blijken alle vijf het bedoelde effect op te leveren. In het kort:

1. Bij het verhogen van de snelheidslimiet in rustige uren van 100 km/u naar 120 km/u blijkt de reistijd met 7% af te nemen. Bij de definitieve versie van het algoritme blijkt 39% van de voertuigen van de maatregel te profiteren. (*praktijkproef A1*)
2. Bij het verlagen van de snelheidslimiet van 120 km/u naar 80 km/u wordt het aantal overschrijdingsdagen van de concentratienorm PM<sub>10</sub> op de A58 met 2 dagen teruggebracht van 24,4 naar 22,5 dagen. De verkeersbijdrage van de emissie van fijnstof en van NO<sub>x</sub> / NO<sub>2</sub> blijkt af te nemen met 18%. Het effect is minder groot dan verwacht doordat de gemiddelde snelheden nog significant (10 tot 25 km/u) boven de snelheidslimiet van 80 km/u blijven (*praktijkproef A58*)
3. Bij het verlagen van de snelheidslimiet in relatie tot de weersituatie (regen) blijken de veiligheidsindicatoren significant te verbeteren. De snelheidsverlaging bij het optreden van zware regen blijkt met de Dynamaxmaatregel aan significant groter te zijn dan zonder deze maatregel. De Dynamaxmaatregel geeft een extra snelheidsverlaging van 9 tot 13 km/u. (*praktijkproef A12 Bodegraven - Woerden*)
4. Bij het verlagen van de snelheidslimiet in relatie tot de bestrijding van filegolven blijkt er gemiddeld één filegolf per dag daadwerkelijk te verdwijnen, waarmee de doorstroming verbetert. Met een gemiddelde van 1,6 ingreep per dag zorgt het filegolfalgoritme voor een vermindering van 29 voertuigverliesuren per dag, circa 1 tot 1,5 % van het totaal aantal voertuigverliesuren op een dag op het beschouwde traject. (*praktijkproef A12 Bodegraven - Woerden*)
5. Bij het tijdelijk verhogen van de snelheidslimiet van 80 km/u naar 100 km/u net voordat er een capaciteitsfile in de ochtend- en avondspits ontstaat, blijkt de gemiddelde snelheid omhoog te gaan (met 5 tot 10 km/u) en de dynamiek wordt vergroot. Hierdoor neemt de capaciteit toe en wordt het ontstaan van de file uitgesteld en de doorstroming verbeterd: het gemiddeld aantal voertuigverliesuren tijdens de avondspits daalt flink van 622 naar 215 uur. De luchtkwaliteit blijft gelijk op locatie A (in omgeving van woonwijk, figuur 22) en verslechtert zeer licht op locaties B en C (in de omgeving van het Prins Clausplein; de kruising A12 met A4,

figuur 22) door een hogere wegbijdrage als gevolg van de hogere snelheidslimiet. Deze verandering van luchtkwaliteit is echter kleiner dan de onnauwkeurigheidsmarges van het gebruikte model (*praktijkproef A12 Voorburg*).

De gevonden effecten stroken kwalitatief met de algemene verwachtingen. Als deze maatregelen op andere (geschikte) trajecten worden toegepast, verwachten we **kwalitatief** dezelfde effecten. **Kwantitatief** kunnen er verschillen optreden door de lokaal verschillende omstandigheden.

#### **Neveneffecten blijven beperkt**

Er zijn vijf maatregelen voor de dynamisering van de maximumsnelheden beproefd. Bij alle vijf bleven de neveneffecten beperkt. In het kort:

1. Bij het verhogen van de snelheidslimiet in rustige uren van 100 km/u naar 120 km/u blijkt de veiligheid niet significant af te nemen, neemt de geluidsbelasting toe met 0,4 dB (nacht) en 0,3 dB (dag) en is de concentratietoename van NO<sub>2</sub> en PM<sub>10</sub> klein ten opzichte van de grenswaarde en achtergrondconcentratie. (*praktijkproef A1*)
2. Bij het verlagen van de snelheidslimiet in relatie tot luchtkwaliteit blijkt de reistijd met ongeveer 10% toe te nemen en neemt de verkeersveiligheid niet significant toe of af. De geluidsbelasting neemt af met 0,3 dB (nacht) en 0,4 dB (dag). (*praktijkproef A58*)
3. Bij het verlagen van de snelheidslimiet in relatie tot de bestrijding van filegolven blijken de veiligheidsindicatoren heel licht te verbeteren. Veranderingen in luchtkwaliteit en geluid zijn niet significant. (*praktijkproef A12 Bodegraven - Woerden*)
4. Bij het verlagen van de snelheidslimiet in relatie tot de weersituatie (regen) blijken de veranderingen in geluid en emissies verwaarloosbaar. (*praktijkproef A12 Bodegraven - Woerden*)
5. Bij het tijdelijk verhogen van de snelheidslimiet van 80 km/u naar 100 km/u net voordat er een capaciteitsfile ontstaat en in de nacht blijkt de veiligheid niet significant te veranderen. De geluidsbelasting blijkt heel licht met 0,2 dB toe te nemen, maar dit effect is kleiner dan de onnauwkeurigheidsmarges van het gebruikte model (*praktijkproef A12 Voorburg*)

## **7.2 Aanbeveling voor opschaling**

### **Technische en operationele aspecten**

In de workshop over de operationalisering van Dynamax kwamen de volgende punten naar voren:

1. Er is behoefte aan een beknopte en duidelijke uitleg voor de verkeersleiders over doel en werking van Dynamax;
2. Er is behoefte aan een intranetsite waarop alle betrokken medewerkers van Rijkswaterstaat de benodigde informatie over het project Dynamax kunnen vinden;
3. Tijdens de praktijkproeven kwamen storingen (onder andere in het MTM systeem) regelmatig voor. Dit is ongunstig voor de effectiviteit van de maatregelen. Het is wenselijk een analyse van deze storingen in de technische systemen te maken voordat Dynamax uitgerold wordt.



### Interacties meerdere Dynamax maatregelen

De verschillende maatregelen van Dynamax kunnen elkaar in theorie en in praktijk onderling beïnvloeden. Dit is in de praktijk alleen op de proef A12 Bodegraven-Woerden voor de interactie tussen twee maatregelen onderzocht. Aanbevolen wordt om ook de andere interacties te onderzoeken en daarbij als eerste regels te formuleren welke maatregelen prioriteit krijgen, ter voorkoming van onderlinge ongewenste beïnvloeding van de maatregelen.

Bij deze prioriteitsregels zullen maatregelen ten behoeve van de veiligheid de hoogste prioriteit krijgen. Van de andere maatregelen gaan kortcyclische (< 1 uur) maatregelen, gebaseerd op een zeer actuele omstandigheid, voor langcyclische (>1 uur) maatregelen.

De prioriteitsvolgorde die vanuit technisch oogpunt het meest logische is, is dan:

1. het tijdelijk verlagen van de snelheid in relatie tot de weersituatie (verkeersveiligheid);
2. het tijdelijk verlagen van de snelheid in relatie tot doorstroming (filegolven);
3. het tijdelijk verhogen van de snelheid van 80 naar 100 km/u om de doorstroming te verbeteren;
4. het voor enkele dagen verlagen van de snelheid in relatie tot luchtkwaliteit;
5. het verhogen van de snelheid in rustige uren van 100 naar 120 km/u op wegen waar de vormgeving past bij een limiet van 120 km/u.

Op de A12 bij Bodegraven-Woerden heeft de prioriteitsvolgorde (1,2) zich in de praktijk reeds goed bewezen.

Verder zal de keuze voor inzet van Dynamax maatregelen op een traject afhankelijk zijn van de lokale problematiek.

De fijnstof maatregel (4) en de snelheidsverhoging (5) passen niet bij elkaar, dus in de praktijk zal voor een bepaald traject maar één van deze twee maatregelen in aanmerking komen. Het tijdelijk verhogen van de snelheidslimiet van 80 naar 100 km/u speelt alleen daar waar (a) 80 permanent ingesteld was en (b) dit aantoonbaar voor extra congestie zorgde. Als op die wegvakken filegolven voorkomen, kan je het filegolfalgoritme (2) overwegen. Het regenalgoritme (1) kan in principe op elk traject waar de snelheidslimiet hoger dan 80 km/u is worden ingezet.

Trajecten met huidige statische snelheidslimiet;	Komen in aanmerking voor Dynamax maatregelen
100 km/u, met vormgeving van 120 km/u	1, 2, 5
100 en 120 km/u, overig	1, 2, 4
80 km/u, met congestie in spits	2, 3

### 7.3 Aanbevelingen voor het vergroten van de effectiviteit

De bedoelde effecten van de Dynamax-maatregelen treden allen op (zie paragraaf 7.1), maar de effectiviteit kan in het algemeen nog verder verbeterd worden. Hierna volgen enkele aanbevelingen om deze effectiviteit bij de opschaling te vergroten.

#### Goede communicatie naar voertuigbestuurders

Door een goede communicatie naar voertuigbestuurders kan het draagvlak van de Dynamax-maatregel worden vergroot, wat de opvolging van de maatregel kan verbeteren. Een voorbeeld hiervoor is de maatregel ter bestrijding van filegolven. De bestuurder ziet een verlaging van de snelheidslimiet zonder dat hij begrijpt waarom; immers de file is nog niet zichtbaar. Door goede publieke communicatie-campagnes via

de media en via mottoborden langs de weg zal de bestuurder de bedoeling van de maatregel beter gaan begrijpen en daarom de maatregel beter opvolgen.

### **Betere handhaving door trajectcontrole**

Strengere handhaving draagt bij aan een hogere naleving van de snelheidslimiet. Gedacht kan worden aan het instellen van (dynamische) trajectcontrole. De ervaring met bestaande 80 km/u trajecten leert dat trajectcontrole een zeer effectieve vorm van handhaving is. Dit zou bijvoorbeeld bij de snelheidsverlaging ten behoeve van de luchtkwaliteit kunnen worden toegepast, om zo betere milieueffecten te bereiken.

### **Toekomstige algoritmes**

Het algoritme voor het bestrijden van filegolven (bij A12 Bodegraven Woerden) kan verder worden verbeterd. Denk hierbij aan het meenemen van het instromend verkeer bij toeritten en een betere detectie van een opkomende filegolf. Hiervoor is verder onderzoek nodig. Als nieuwe filegolfalgoritmen hun geschiktheid hebben bewezen in theorie en in simulatie, kunnen nieuwe Dynamax praktijkproeven uitwijzen of deze algoritmen de effectiviteit ook in de praktijk vergroten.

Aandachtspunt is het inregelen van algoritme voor het verminderen van congestie (bij A12 Voorburg). Het betreft hier de schakelmomenten van 80 km/u naar 100 km/u en terug. Indien het mogelijk zou zijn in de avondspits iets eerder terug te schakelen naar 80 km/u, zonder dat dit aanleiding geeft tot nieuwe congestievorming, heeft dit een gunstig effect op de verkeersemisssies. Aanbevolen wordt daarom om deze mogelijke verbetering van het algoritme nader te onderzoeken.

### **Dynamische snelheidslimiet ook in-car aanbieden**

Aanbevolen wordt om de dynamische snelheidslimiet ook via in-car systemen beschikbaar te gaan stellen. Zoals navigatiesystemen (GPS) en experimentele on-board units (OBU) voor coöperatief rijden en additionele verkeersinformatiediensten kunnen hiervoor gebruikt worden. Dit vergt allereerst nog onderzoek, daarna kan door middel van praktijkproeven onderzocht worden of de effectiviteit ook in de praktijk hierdoor verder zal verbeteren.

### **Toekomstige emissiemodellen voor luchtkwaliteit**

Het absolute effect van de verlaging van de snelheidslimiet op de verkeersemisssies zal in de toekomst afnemen, omdat de technologie van brandstofmotoren steeds schoner wordt en omdat het aandeel van schonere voertuigen (hybride, elektrisch) in het wagenpark groter wordt. Het besluit om de maatregel dynamisering maximum snelheden toe te passen dient steeds gebaseerd te zijn op de op dat moment actuele emissiefactoren en de actuele normen voor de concentraties. De emissiemodellen zelf kunnen nauwkeuriger gemaakt worden door deze te baseren op de werkelijk gereden snelheden in plaats van op de snelheidslimieten. Hierdoor kunnen zeer kleine effecten in de luchtkwaliteit, zoals bij de A12 Voorburg, nauwkeuriger berekend worden.

## 8 Referenties

### **Deelrapporten Dynamax praktijkproeven:**

Jan Burgmeijer, Arno Eisses, Jeroen Hogema, Eline Jonkers, Sjoerd van Ratingen, Tanja Vonk, Isabel Wilmink (2010); Evaluatie dynamisering maximumsnelheden – Resultaten proef A1. 15 april 2010. TNO-034-DTM-2009-04749

Jan Burgmeijer, Arno Eisses, Jeroen Hogema, Eline Jonkers, Sjoerd van Ratingen, Isabel Wilmink, Taoufik Bakri (2010); Evaluatie dynamisering maximumsnelheden – Resultaten proef A58. 20 april 2010. TNO-034-DTM-2010-00966

Jan Burgmeijer, Arno Eisses, Jeroen Hogema, Eline Jonkers, Sjoerd van Ratingen, Isabel Wilmink, Taoufik Bakri (2010); Evaluatie dynamisering maximumsnelheden – Resultaten proef A12 Bodegraven – Woerden. 22 april 2010. TNO-034-DTM-2010-01569

Jan Burgmeijer, Arno Eisses, Jeroen Hogema, Eline Jonkers, Sjoerd van Ratingen, Isabel Wilmink, Taoufik Bakri (2010); Evaluatie dynamisering maximumsnelheden – Resultaten proef A12 Voorburg. 9 juli 2010. TNO-034-DTM-2010-02285

### **Algoritmen:**

A. Hegyi, S.P. Hoogendoorn, M. Schreuder, H. Stoelhorst and F. Viti, *SPECIALIST: A dynamic speed limit control algorithm based on shock wave theory*, Proceedings of the 11th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, 2008, Beijing, China.

A. Hegyi, S. P. Hoogendoorn, *DYNAMAX voor doorstroming - SPECIALIST op de A12: inregelen en evaluatie - Eindrapportage*, TU Delft, Afdeling Transport & Planning, 19 maart 2010.

A. Hegyi, S. P. Hoogendoorn, *Het oplossen van filegolven: een dynamische snelheidslimieten-regeling voor DYNAMAX, dataanalyse, ontwerp en specificatie van het SPECIALIST algoritme*, 20 juni 2008, TU Delft, Afdeling Transport & Planning

Gerdien Klunder en Eline Jonkers (2009). *083415 - N039D Specificaties Dynamax regenalgoritme*, TNO, 4 februari 2009.

Gerdien Klunder en Eline Jonkers (2009). *083415 - N038D Combinatiealgoritme A12 Dynamax*, TNO, 4 februari 2009.

Technolution (2009). *Software Requirements, Specificatie – Fijnstof signalering*. Technolution B.V., 26 februari 2009.

DVS (2009). *Memo Regelscenario A58*. Dienst Verkeer en Scheepvaart, 27 april 2009.

### **Dynamax project:**

DVS (2008). *Evaluatieplan Dynamax - Dynamax proeflocaties op A1, A12 en A58* (rapport). Delft: Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart.

Arane en Twynstra Gudde (2010). *Verkenning Landelijke Uitrol Dynamax*.

Eline Jonkers (2010). *Verslag workshop operationalisering Dynamax*. Delft, 11 februari 2010.

**Veiligheid:**

Aarts, L., & Van Schagen, I. (2006). SWOV. Driving speed and the risk of road crashes: A review. *Accident Analysis and Prevention*, 38 (2), 215-224.

SWOV (2009). *Factsheet Snelheid* (SWOV-Factsheet). Leidschendam

**Metingen van luchtkwaliteit en geluidsbelasting:**

Gils, E.S.A.W. & W.J. van der Heijden (2010). *A58 Dynamax. Effect Dynamax op NOx*. M+P Raadgevende Ingenieurs. Rapport nr. M+P.DVS.08.16.3 (18 februari 2010)

Voogt, M.H., Jonkers, S. (2010). "A58 Dynamax - Analyse fijnstofmetingen", TNO-rapport (concept)

RIVM (2010). Conceptmemo RIVM: eerste analyse geluidmetingen A12 Dynamax, voor plaatsing 1 kwartaal 2009 tov na plaatsing, 1 kwartaal 2010, dd 1 juni 2010

**Draagvlakonderzoek (TNS NIPO):**

Duijm, S., & Zandvliet, R. (2009). *Dynamische maximumsnelheden - reistijdverkorting Traject A1 Bussum - Muiderberg* (F4917 | 31 juli 2009). Amsterdam: TNS NIPO.

Duijm, S., & Zandvliet, R. (2009). *Dynamische maximumsnelheden - luchtkwaliteit Traject A58 knooppunt De Baars - Goirle* (F4917 | 4 januari 2010). Amsterdam: TNS NIPO.

Duijm & Zandvliet, februari 2010. Draagvlakonderzoek uitgevoerd over de Dynamax proef op de A12 Bodegraven Woerden. TNS NIPO

Duijm & Zandvliet, april 2010. Draagvlakonderzoek uitgevoerd over de Dynamax proef op de A12 Den Haag Voorburg. TNS NIPO

## Bijlage A: Onderzoeksmethode

### 8.1 Beschrijving metingen

In elke praktijkproef is ten behoeve van de evaluatie gedurende drie meetperiodes gemeten:

1. Een voormeting met een duur van twee weken, waarin de uitgangssituatie vóór de instelling van de Dynamax-maatregel is vastgelegd;
2. Een eerste nameting met een duur van twee weken, waarin de situatie direct na het instellen van de Dynamax-maatregel is vastgelegd;
3. Een tweede nameting met een duur van twee weken, waarin de situatie enige tijd na het instellen van de Dynamax-maatregel (twee tot drie maanden) is vastgelegd (er is aangenomen dat de weggebruikers dan gewend zijn aan de maatregel).

In één praktijkproef (op de A1) is een derde nameting toegepast, waarbij tussen de tweede en de derde nameting het algoritme is aangepast.

Tijdens de meetperiodes zijn drie soorten metingen gedaan om data te verzamelen. Uit deze data zijn de indicatoren afgeleid. De drie soorten verzamelde data zijn de volgende:

- Monica data: geaggregeerde data (snelheden en intensiteiten) uit meetlussen in de weg. Deze data zijn verzameld op het hele traject.
- Resi data: meetlusdata op individueel voertuigniveau. Hier kunnen bijvoorbeeld snelheden, intensiteiten en volgtijden op strookniveau en voor drie voertuigcategorieën mee worden bepaald. Deze data zijn verzameld op een aantal specifieke locaties.
- Videodata: op specifieke locaties op het traject zijn camera opnames gemaakt om vreemde manoeuvres, rijstrookwisselingen en eventuele ongevallen te bestuderen.

### 8.2 Beschrijving data analyse met behulp van hypothesen

Voor elke praktijkproef zijn hypothesen opgesteld. Hierbij is uitgegaan van de vijf verschillende aspecten die van belang zijn voor de beantwoording van de kernvraag: doorstroming, gedrag, veiligheid, luchtkwaliteit en geluid. Voorbeelden van hypothesen zijn 'het aandeel zeer korte volgtijden blijft gelijk' en 'de gemiddelde reistijd is korter bij een snelheidslimiet van 120 km/u dan bij 100 km/u'.

De hypothesen zijn beantwoord met behulp van indicatoren die bepaald zijn aan de hand van metingen in de proef. Er is voor gekozen om zoveel mogelijk dezelfde indicatoren voor alle praktijkproeven te gebruiken, zodat de praktijkproeven onderling goed vergelijkbaar zijn. Daarnaast zijn een aantal indicatoren specifiek voor een bepaalde praktijkproef.

Met behulp van de metingen die in paragraaf 8.1 zijn beschreven, worden alle indicatoren bepaald. Allereerst zijn alle data gecontroleerd op fouten, ontbrekende data en eventuele andere opvallende zaken. Hierna zijn de Monica en resi data geanalyseerd met Matlab. De videobeelden zijn gebruikt door videobeelden en resi data te

synchroniseren. Zo kunnen bijzonderheden in de resi data worden gekoppeld aan de bijbehorende videobeelden.

### 8.3 Data-analyse van ongevalsgegevens

BRON data (*Basis Registratie Ongevalsegegevens Nederland*) zijn gebruikt om de analyses op het gebied van verkeersveiligheid (aantal ongevallen en slachtoffers) aan te vullen.

Op elk traject zijn de ongevalscijfers aangeleverd voor de Dynamax proeftrajecten en (bij wijze van controle-wegvak) voor de wegvakken direct stroomop- en stroomafwaarts van de proeftrajecten (zie onderstaande tabel).

	BRON-data			Proeftraject		
	van	tot	lengte	van	Tot	lengte
A1	25.7	13.1	12.6	22.7	16.1	6.6
A58 riBreda	31.8	44.9	13.1	36.1	42.0	5.9
A58 riEindhoven	45.5	31.7	13.8	42.0	36.1	5.9
A12	23.8	52.9	29.1	34.0	50.6	16.6

Voormetingen waren beschikbaar van 1999 tot en met 2008. De gegevens uit 2009 zijn gebruikt als nametingen. Per traject zijn alleen de gegevens gebruikt uit het deel van het jaar waarin de proef is uitgevoerd:

- A58: 21 april - 31 december
- A1 BoWo: 19 januari -19 oktober
- A12: 7 september - 31 december

De BRON data bevatten per ongeval de datum en tijd, de locatie (wegnummer, hectometer-aanduiding), de afloop (dodelijk, letsel met ziekenhuisopname, letsel eerste hulp, letsel overig, Uitsluitend Materiele Schade), het aantal slachtoffers en de toedracht.

In de analyse zijn kruistabellen opgesteld met aantallen ongevallen (zowel totaal als per ongevalstype) uitgesplitst naar periode (voor versus na invoering van Dynamax) en naar traject (controletraject of Dynamaxtraject). Een statistische afhankelijkheid tussen deze beide factoren geeft aan of er sprake is van een effect van de Dynamax-maatregel.

### 8.4 Modelberekeningen luchtkwaliteit

Er bestaan binnen het aspect luchtkwaliteit wettelijke grenswaarden zoals het PM<sub>10</sub> (fijnstofconcentratie) en NO<sub>2</sub> jaargemiddelde. De verkeersemisies maken onderdeel uit van deze concentraties, en hangen samen met verkeerssamenstelling, hoeveelheid verkeer en de kwaliteit van de verkeersafwikkeling. In dit onderzoek is getoetst in hoeverre de verkeersemisies wijzigen op de wettelijke toetsingsafstand van tien meter vanaf de wegrand. Hiertoe is op basis van de verdeling van de twee snelheidsregimes en verkeersintensiteiten het effect van de snelheidsmaatregel op de luchtkwaliteit onderzocht.

Voor de analyse van de luchtkwaliteit is gebruik gemaakt van Monica data en het model Pluim snelweg. De luchtkwaliteit is via wettelijke modellen berekend uit de indicatoren.

De uitgangspunten voor luchtkwaliteitberekeningen zijn als volgt:

- *Intensiteiten*

De verkeersintensiteiten (weekdag gemiddelde etmaalprofielen voor personenverkeer, middelzwaar vrachtverkeer en zwaar vrachtverkeer) die gebruikt zijn in de berekeningen zijn per meetlocatie afgeleid uit de voormeting.

Dezelfde verkeersintensiteiten worden voor de vergelijkbaarheid ook bij de emissie- en concentratieberekeningen van de nameting gebruikt. De emissiefactoren voor vrachtverkeer zijn gelijk voor de verschillende snelheidslimieten (60, 80, 100 en 120 km/u).

- *Emissiefactoren*

Voor het bepalen van emissies van personenverkeer en vrachtverkeer is gebruik gemaakt van de standaard emissiefactoren voor het jaar 2009 uit scenario BGE 2009.

Emissies voor personenverkeer en vrachtverkeer op een snelweg bij snelheidslimiet 60 km/u zijn niet bekend en zijn daarom gelijk verondersteld aan de emissies behorende bij snelheidslimiet 80 km/u.

Tabel 11 geeft de gebruikte emissiefactoren.

Tabel 11: Gehanteerde emissiefactoren bij verschillende snelheidsregimes (in g/km, 2009) en voor licht, middelzwaar en zwaar verkeer

	file	120 km/u	100 km/u	80 km/u	File	80 / 100	File	80 / 100
	Licht verkeer				Middel		Zwaar	
PM <sub>10</sub>	0,050	0,048	0,040	0,036	0,471	0,179	0,443	0,161
NO <sub>x</sub>	0,445	0,268	0,287	0,235	9,734	4,286	11,880	4,573
NO <sub>2</sub>	0,158	0,0909	0,101	0,078	0,704	0,292	0,882	0,311

- *Modelleren van de weg in SRM2*

De weg is gemodelleerd als twee lijnbronnen. De ligging van de lijnbronnen bij de proeflocaties is overgenomen uit het Nederlands Wegenbestand. Deze wijze van modelleren wordt ook bij reguliere verkeersstudies toegepast.

- *Toetsafstand*

Er is getoetst op tien meter van de wegrand (wettelijke toetsafstand).

- *Omzetting van NO<sub>x</sub> concentraties naar NO<sub>2</sub> concentraties*

De omzetting van NO<sub>x</sub> naar NO<sub>2</sub> concentraties is afhankelijk van de hoogte van de ozon achtergrond. Bij een hogere ozon achtergrond wordt meer NO<sub>x</sub> omgezet naar NO<sub>2</sub>. In 2009 bedraagt de snelweg gecorrigeerde ozon achtergrond op de drie proeflocaties ongeveer 42 µg/m<sup>3</sup>.

Verder geldt dat het verband tussen NO<sub>x</sub>-emissie en NO<sub>2</sub>-concentratie niet lineair is. Hoe hoger de emissie, hoe kleiner het effect op de concentratie van een stijging van de emissie.

## 8.5 Modelberekeningen geluid

Voor het vaststellen van de invloed van dynamische maximumsnelheden op het geluid is zoveel mogelijk aansluiting gezocht bij de in Nederland voorgeschreven methode voor het berekenen van de geluidsbelasting van wegverkeer, zoals vastgelegd in het

*Reken- en meetvoorschrift geluidhinder 2006*. Dit betekent dat het effect inzichtelijk wordt gemaakt op de jaargemiddelde geluidsbelasting  $L_{den}$ , dat van belang is voor wettelijke procedures voor bijvoorbeeld reconstructies van wegen, bestemmingsplannen, tracébesluiten en de (toekomstige) geluidproductieplafonds. Het op de ‘juridische manier’ berekende effect kan afwijken van de in werkelijkheid optredende verandering in het geluid in een specifieke situatie.

Volgens de *Handleiding akoestisch onderzoek wegverkeer* (versie 2007) van Rijkswaterstaat wordt bij het bepalen van de akoestische sterkte van de geluidbron (de autosnelweg) uitgegaan van de gemiddelde rijnsnelheid van voertuigen, die per voertuigcategorie bij een gegeven snelheidslimiet een vaste waarde heeft:

- bij een snelheidslimiet van 120 km/u gelden gemiddelde snelheden voor lichte, middelzware en zware voertuigen van respectievelijk 115 km/u, 90 km/u en 90 km/u;
- bij een snelheidslimiet van 100 km/u gelden gemiddelde snelheden voor lichte, middelzware en zware voertuigen van respectievelijk 100 km/u, 80 km/u en 80 km/u;
- bij een snelheidslimiet van 80 km/u wordt 80 km/u als gemiddelde snelheid aangehouden voor alle voertuigcategorieën;
- bij een snelheidslimiet van 60 km/u wordt 60 km/u als gemiddelde snelheid aangehouden voor alle voertuigcategorieën.

Omdat de geluidsbelasting  $L_{den}$  een gewogen gemiddelde is over het geluid in de dag-, avond- en nachtperiode (waarbij de avond en nacht relatief zwaar meetellen), zijn de bijdragen  $L_d$  (*day*),  $L_e$  (*evening*) en  $L_n$  (*night*) afzonderlijk bepaald, zowel bij 60, 80, 100 als bij 120 km/u als snelheidslimiet. Zo zijn er in totaal maximaal twaalf bijdragen tot de totale geluidsbelasting  $L_{den}$  (drie etmaalperioden maal vier snelheidslimieten) berekend. Dit hangt af van de proef en welke snelheidslimieten daar gebruikt worden.

De geluidsbelasting  $L_{den}$  in de uitgangssituatie is vervolgens bepaald uit de bijdragen van de drie etmaalperioden bij een snelheidslimiet van 120 km/u. Voor de situatie met dynamische maximumsnelheden is eerst per etmaalperiode het gewogen gemiddelde bepaald van het geluid bij 60, 80, 100 en 120 km/u, waarbij de weging afhankelijk is van de relatieve tijdsduur dat een snelheidslimiet gedurende de proefperiode van toepassing is geweest. Vervolgens is  $L_{den}$  weer op de gebruikelijke manier berekend over de drie etmaalperioden.

In deze methode is het uitgangspunt dat de invoering van een dynamische maximumsnelheid niet voor een verandering zorgt in de totale verkeersintensiteit, in samenstelling van het verkeer en in de verdeling van het verkeer over de dag-, avond en nachtperiode.

Effecten van verschillen in rijdynamiek (de mate waarin het verkeersbeeld afwijkt van een zich met één constante snelheid verplaatsende stroom voertuigen) zijn niet in de analyse meegenomen. Hiervoor zijn geen breed geaccepteerde of gevalideerde rekenmodellen.

## 8.6 Opmerkingen over betrouwbaarheid en spreiding van de resultaten

In zijn algemeenheid geldt dat naarmate er minder data beschikbaar is, de kans afneemt dat er een statistisch significant effect wordt gevonden (terwijl dat effect er in



werkelijkheid wel is). Voor de analyse betekent dit dat rekening moet worden gehouden met waar en onder welke omstandigheden dat het geval is geweest. Als bijvoorbeeld een bepaalde Dynamax-limiet alleen op een bepaalde locatie en bij lage intensiteit heeft gegolden, dan moet het effect daarvan op diezelfde locatie en bij diezelfde lage intensiteit beschouwd worden. Onder de geobserveerde omstandigheden blijft het dan nog relatief goed mogelijk om de effecten van de Dynamax-algoritmen te achterhalen. In de diverse figuren met resultaten in dit rapport worden zowel de gemiddelden als de 95%-betrouwbaarheidsintervallen getoond, uitgesplitst naar locaties, limieten en verkeersintensiteiten. Deze maken het mogelijk om visueel de juiste condities met elkaar te vergelijken en meteen de spreiding daarbij te betrekken. De resulterende datasets waren voldoende groot om uitspraken over effecten te kunnen doen.