

# Haalbaarheid Pilot Flexibele Rijbaan Indeling

Eindrapport

7 maart 2001



# **Haalbaarheid Pilot Flexibele Rijbaan Indeling**

**Eindrapport**

**7 maart 2001**

Onderzoek naar de mogelijkheden, kansen en  
bedreigingen van een praktijkproef met flexibele rijbaan  
indeling

---

## Verantwoording

---

Dit rapport is vervaardigd in opdracht van de directie Zuid Holland van Rijkswaterstaat. Aanleiding hiervoor vormt het voornemen van deze directie om - als vervolg op de pilot met dynamische markering op de A15 - een praktijkproef met een flexibele rijbaan-indeling c.q. dynamisch dwarsprofiel in haar beheersgebied te realiseren. Ook andere regionale directies van Rijkswaterstaat hebben inmiddels belangstelling getoond voor het concept flexibele rijbaanindeling.

Dit rapport is mede tot stand gekomen dank zij de bijdrage van de afdeling wegontwerp van de Bouwdienst. Deze afdeling heeft de ontwerptekeningen vervaardigd ten behoeve van het onderzoek in de rijnsimulator, alsmede de kentallen geleverd voor de berekening van de kosten van de ontwerpvarianten ten behoeve van een praktijkproef met flexibele rijbaanindeling.

Gedurende het verloop van project zijn een tweetal brainstormsessies gehouden waarbij door een aantal experts binnen Rijkswaterstaat een zinvolle bijdrage vanuit de praktijk aan het project is gegeven.

Tenslotte heeft de begeleidingsgroep FBI (Flexibele Baan Indeling) gedurende dit project een nuttige klankbordfunctie vervuld en daarmee een meerwaarde aan het rapport geleverd.

Langs deze weg wil ik alle betrokkenen bij dit project danken voor hun bijdragen en hoop dat het concept Flexibele Rijbaanindeling als nieuw element in het (hoofd)wegennet de komende jaren een grote vlucht neemt.

De projectleider,



D.E. Helleman  
Adviseur Infrastructuur en benutting

---

## Colofon

### **Uitgegeven door:**

Ministerie van Verkeer en Waterstaat  
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat  
Adviesdienst Verkeer en Vervoer  
Postbus 1031  
3000 BA Rotterdam

### **Informatie:**

D.E. Helleman  
tel: (010) 282 59 19  
fax: (010) 282 58 42  
E-mail: [d.e.helleman@avv.rws.minvenw.nl](mailto:d.e.helleman@avv.rws.minvenw.nl)

### **Uitgave:**

maart 2001



---

## Inhoudsopgave

---

### Verantwoording 3

### Inhoudsopgave 6

### Samenvatting 8

#### 1 Inleiding 10

1.1 Aanleiding voor het onderzoek 10

1.2 Relevante projecten 10

1.3 Leeswijzer 11

#### 2 Concept Flexibele Rijbaan Indeling 12

2.1 Inleiding 12

2.2 Het ontwerp 12

2.2.1 Ontwerpproces 12

2.2.2 Basisontwerp 13

2.2.3 Dwarsprofiel 14

2.2.4 De overgangen 15

2.2.5 Signalering en bebording 16

2.2.6 Overige voorzieningen 18

#### 3 Verkeerskundige aspecten 19

3.1 Inleiding 19

3.2 Rijgedrag 19

3.3 Verkeersafwikkeling 22

3.3.1 Capaciteit 22

3.3.2 Verkeersafwikkeling tijdens het omschakelen 24

3.4 Verkeersveiligheid 25

3.4.1 Algemeen 25

3.4.2 Ongevallen en smalle rijstroken 25

3.4.3 Overige veiligheidsaspecten 26

#### 4 Wegbouwkundige aspecten 30

4.1 Inleiding 30

4.2 Wegconstructie 30

4.3 Dynamische markering 31

#### 5 Milieu aspecten 33

5.1 Inleiding 33

5.2 Lucht 33

5.3 Geluid 33

5.4 Bodemkwaliteit 34

5.5 Natuur en Landschap 34

5.6 Ruimtegebruik 34

5.7 Grondstoffengebruik 34

5.8 Externe veiligheid 35

---

## **6 Beheersaspecten 36**

6.1 Inleiding 36

6.2 Handhaving 36

6.3 Incident Management 37

6.4 Wegonderhoud 38

6.4.1 Inspectiewerkzaamheden 38

6.4.2 Onderhoud aan bermen en wegkantsystemen 38

6.4.3 Onderhoud aan dynamische markering 39

6.4.4 Kleinschalig onderhoud aan de verharding 39

6.4.5 Groot onderhoud 39

## **7 Juridische aspecten 41**

7.1 Inleiding 41

7.2 Bestuurlijk-Juridische zaken 41

7.3 Wegenverkeerswet (WVW) 43

7.4 Aansprakelijkheid 44

## **8 Locatie aspecten 46**

8.1 Inleiding 46

8.2 Verkeerskenmerken 46

8.3 Wegkenmerken 47

8.4 Overige voorzieningen 49

## **9 Kosten en baten 50**

9.1 Inleiding 50

9.2 De kosten 50

9.3 De baten 53

## **10 Conclusies en aanbevelingen 54**

## **Geraadpleegde literatuur 61**

In het kader van benutting wordt momenteel naarstig gezocht naar oplossingen die een substantiële bijdrage kunnen leveren aan de bereikbaarheid zonder dat daarbij direct naar grootschalige uitbreiding van het autosnelwegennet wordt gegrepen. Het NVVP ziet benutting als één van de peilers van het verkeers- en vervoersbeleid in de komende jaren. Ook in het totaalpakket van het Bereikbaarheidsoffensief Randstad zijn naast prijsmaatregelen tal van benuttingsprojecten opgenomen.

Eén van deze benuttingsmaatregelen is een dynamisch gebruik van de rijbaan van autosnelwegen. De afgelopen jaren zijn daarvan enkele voorbeelden op het Nederlandse autosnelwegennet verschenen, zoals de spitsstroken op de A4, A27, A28 en A50 en de plusstrook op de A27. De ervaringen hiermee zijn overwegend positief. De doorstroming en verkeersveiligheid op genoemde locaties is sterk verbeterd. Een nadeel van de reeds gerealiseerde oplossingen is dat door het gebruik van traditionele markering de wegconfiguratie binnen en buiten de spits dezelfde is. Toepassing van dynamische markering zou daar verandering in kunnen brengen, met als voordeel een wegbeeld dat in overeenstemming is met de actuele verkeerssituatie; drie smalle rijstroken als het druk is en twee bredere op de stillere uren van de dag.

Het voorliggende haalbaarheidsonderzoek brengt in beeld wat de kansen en bedreigingen zijn van een concept van flexibele rijbaanindeling met gebruik van dynamische markering. Tevens wordt in deze studie de basis gelegd voor een gefundeerde beslissing voor het houden van een praktijkproef met flexibele rijbaanindeling. Op basis van bestaande onderzoeksresultaten aangevuld met enkele praktijkstudies wordt inzicht gegeven in alle relevante aspecten die bij een dergelijke proef aan de orde komen.

Toepassing van een flexibele rijbaanindeling als benuttingsmaatregel is een bruikbaar concept dat perspectief biedt. Met een dergelijke maatregel kan een capaciteitswinst van ongeveer 35 à 40% ten opzichte van een bestaande tweestrooks rijbaan worden gerealiseerd.

De verkeersveiligheid dient gewaarborgd te worden door een dwarsprofiel dat zoveel mogelijk het gewenste rijgedrag bewerkstelligt. Een adequate handhaving van de snelheid is daarin een onmisbaar element. Het ontwerp, de inrichting en de wijze van aansturing van het gehele systeem dient daarvoor met grote zorgvuldigheid te worden opgezet en uitgewerkt. Bijgaand document biedt hiervoor de ingrediënten.

De randvoorwaarden voor een succesvolle proef worden in dit rapport beschreven, waarbij een goede projectorganisatie rond de proef als belangrijke voorwaarde wordt gezien. De beschikbaarheid van een betrouwbaar instrumentarium zowel op de weg als erboven is een belangrijk uitgangspunt. In een praktijkproef moet bijzondere aandacht worden gegeven aan de wijze waarop van het tweestrooks- naar het driestrooks dwarsprofiel wordt geschakeld, zowel naar plaats als naar tijd. Het uitgevoerde gedragsonderzoek met behulp van een rijimulator heeft voldoende aanwijzingen opgeleverd voor een verdere optimalisatie van het ontwerp en de inrichting.

---

De benodigde minimale verhardingsbreedte voor een flexibele rijbaanindeling dient 11,50 meter te bedragen. In verband met een doelmatig beheer wordt een breedte van 11,65 meter sterk aanbevolen.

Ter plaatse van de overgangen van het tweestrook naar het driestrooks wegvak (en andersom) is toepassing van dynamische markering uit een oogpunt van duidelijkheid absoluut noodzakelijk. Op het tussenliggende wegvak kan eventueel worden overwogen gebruik te maken van zogenaamde keuzemarkering. Hiervoor is evenwel nader onderzoek naar de begrijpelijkheid noodzakelijk. Dit onderzoek zal nog dit jaar worden uitgevoerd. Afhankelijk van de uitkomst van dat onderzoek, kan serieus worden overwogen om keuzemarkering in de proef toe te passen.

Toepassing van dynamische markering over het gehele traject wordt in een proef alleen aanbevolen indien het een relatief kort traject betreft. De afbreukrisico's bij toepassing in een proef over een lang traject worden op dit moment nog vrij groot geacht. Wanneer de mechanische sterkte van de dynamische markering en de bevestiging in het wegdek onverhoopt blijkt tegen te vallen, dan heeft dit ingrijpende gevolgen zowel voor het imago van Rijkswaterstaat als voor de verdere kansen van dynamische markering. Overigens wordt aanbevolen om voorafgaand aan de proef nog een aantal aanvullende testen met dynamische markering in een minder risicovolle verkeerssituatie uit voeren.

Er zal met grote belangstelling worden uitgekeken naar een proef met flexibele rijbaanindeling. Zowel binnen de eigen organisatie als daarbuiten. Daarom is het noodzakelijk dat er een helder en eenduidig communicatietraject wordt uitgezet. De boodschap over nut en noodzaak van flexibele rijbaanindeling en de reden om dit concept eerst in een pilot te beproeven dienen helder aan de omgeving te worden uitgelegd.



---

# 1 Inleiding

---

## 1.1 Aanleiding voor het onderzoek

In het innovatieprogramma "Wegen naar de Toekomst" van het ministerie van Verkeer & Waterstaat, wordt gezocht naar innovatieve mogelijkheden om via infrastructurele maatregelen bij te dragen aan de oplossing van verkeers- en vervoerproblemen in Nederland. Door infrastructuur "op maat" aan te bieden aan de gebruikers zou de bestaande capaciteit van de infrastructuur beter benut kunnen worden.

In het zogenaamde 'verdeelpuntenconcept', een strategische lokatie aan de rand van een congestie-gevoelig gebied waar met een slimme inrichting van de verkeersruimte overstap- en verdeelfaciliteiten worden geboden, is het idee van een flexibele rijbaan indeling nadrukkelijk aan de orde. Ook vanuit andere geledingen binnen het ministerie wordt benutting van bestaande weginfrastructuur in toenemende mate gezien als een volwaardige verkeersoplossing. In het afgelopen najaar verscheen het Nationaal Verkeers- en Vervoersplan (NVVP) [lit 10]. Dit beleidsplan steunt op de drie pijlers bouwen, bekijzen en benutten. Laatstgenoemde neemt daarbij voor wat betreft het verkeersbeleid een belangrijke plaats in. Vooruitlopend op het NVVP heeft de minister te kennen gegeven ook op de wat kortere termijn (tot 2010) de mobiliteitsproblemen met name in de randstad te willen aanpakken. Dit heeft onlangs geresulteerd in het Bereikbaarheidsoffensief Randstad. Hierin zullen naast een proef met het spitstarief rond de grote steden ook tal van infrastructurele maatregelen op het gebied van benutting worden gerealiseerd. Tenslotte is er vanuit de invalshoek van kostenbeheersing momenteel een discussie gaande rondom de kwaliteit van de richtlijnen voor het ontwerp van autosnelwegen (ROA). Dit heeft geleid tot een herbezinning op de ROA waarbij in opdracht van het hoofdkantoor van Rijkswaterstaat de mogelijkheid wordt onderzocht om vanuit een zekere 'basiskwaliteit' voor Nederlandse autosnelwegen te komen tot een kosteneffectief wegontwerp [lit 13]. Een infrastructuur die qua dimensionering op een dynamische wijze inspelt op het actuele verkeersaanbod lijkt daarbij in alle gevallen een aantrekkelijke optie. flexibele rijbaanindeling is daarbij te beschouwen als een concrete uitvoeringsvorm van deze gedachte.

## 1.2 Relevante projecten

Op dit moment wordt op vele fronten gestudeerd op innovatieve verkeersoplossingen die de bereikbaarheid moeten verbeteren. Toepassing van een flexibele rijbaanindeling maakt daar onderdeel van uit. Daarnaast zijn recentelijk een aantal verkeersoplossingen gerealiseerd waarbij een rijbaan dynamisch wordt gebruikt en die uitgaan van de meer traditionele ontwerp- en inrichtinginstrumenten zoals spitsstroken en plusstroken. De evaluatieresultaten daarvan dragen ook bij aan de kennis die nodig is voor toepassing van een flexibele rijbaanindeling [lit 2, 8]. Om goed inzicht te krijgen in de verkeerskundige aspecten van een versmald dwarsprofiel, is aanvullend onderzoek verricht op basis van literatuur over dit onderwerp en zijn praktijkmetingen nader geanalyseerd [lit 3, 4]. Ook heeft een gedragsonderzoek met behulp van een rijsimulator plaats gevonden waarbij

---

met name is gekeken naar de dynamische werking van een systeem met flexibele rijbaanindeling [lit 38]. Voor wat betreft de werking van dynamische markering is in deze studie gebruik gemaakt van de evaluatieresultaten van de praktijkproef op de A15 [lit 18, 42].

Tenslotte is gebruik gemaakt van de resultaten van het lopende onderzoek 'Basiskwaliteit Autosnelwegen' dat momenteel in opdracht van het Hoofdkantoor van Rijkswaterstaat door AVV wordt uitgevoerd [lit 23-34]. Dat onderzoek heeft als doel een nadere verkenning naar de mogelijkheden van een versobering in ontwerp en uitvoering van autosnelwegen.

### 1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van het concept Flexibele Rijbaanindeling zoals dat door de opdrachtgever na overleg met AVV in een workshop is gedefinieerd. Hierin wordt het principe van de oplossing beschreven zowel voor wat betreft het ontwerp als de inrichting. Uitgangspunt daarbij is een vlotte en veilige verkeersafwikkeling waarbij dynamische markering wordt toegepast en het schakelen van een tweestrooks naar een driestrooks dwarsprofiel in principe in vol verkeer plaats vindt. Vanuit dit 'basisontwerp' wordt vervolgens invulling gegeven aan de resterende hoofdstukken van dit rapport.

In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op de verkeerskundige aspecten van een flexibele rijbaanindeling. Naast de algemene verkeerskundige effecten die ten grondslag liggen aan de verkeersafwikkeling op smalle rijstroken, komt ook de dynamiek van het systeem in termen van rijgedrag en verkeersveiligheid aan de orde. Tevens worden alternatieve opties voor de uitvoeringsvorm van het schakelen besproken.

In hoofdstuk 4 komen de meest relevante wegbouwkundige zaken aan bod. Dit betreft zowel de verhardingsconstructie alsook het toe te passen instrument van dynamische markering.

Hoofdstuk 5 behandelt de milieuaspecten die een rol spelen bij versmalde rijstroken en dynamische markering. Het betreft met name de milieueffecten op het gebied van geluid, luchtkwaliteit, bodemkwaliteit, natuur en landschap en externe veiligheid.

In hoofdstuk 6 worden de beheersaspecten genoemd. Hier wordt ingegaan op de mogelijkheden van een doelmatig wegbeheer in termen van onderhoud en incident management.

Hoofdstuk 7 gaat in op de juridische aspecten die aan de orde zijn bij toepassing van een flexibele rijbaanindeling. De verplichting tot het volgen van juridische procedures, wetgeving en aansprakelijkheid worden in dit hoofdstuk behandeld.

Hoofdstuk 8 gaat in op lokatieaspecten die bij de keuze een geschikte lokatie voor een pilot met flexibele rijbaanindeling een rol (moeten) spelen. Enerzijds gaat het daarbij om de verkeerssituatie binnen het gebied waar de pilot zal worden gerealiseerd. Anderzijds spelen factoren als ruimtegebruik een rol van betekenis.

In hoofdstuk 9 wordt op basis van globale kostenkanten een indicatie gegeven van de kosten die met een pilot gemoeid zullen zijn. Tevens wordt een indicatie gegeven omtrent de mogelijke baten.

Hoofdstuk 10 tenslotte geeft een synthese van alle bevindingen uit de voorgaande hoofdstukken en komt tot conclusies en aanbevelingen. Dit hoofdstuk wordt afgesloten met een stappenplan voor de realisering van een pilot.



---

## 2 Concept Flexibele Rijbaan Indeling

---

### 2.1 Inleiding

Het concept van een flexibele rijbaan indeling bestaat uit de gedachte van een rijbaan die (deels) met behulp van dynamische markering zo kan worden ingedeeld dat het aantal rijstroken is afgestemd op het actuele verkeersaanbod. Gezien het innovatieve karakter van flexibele rijbaan indeling wordt er van uit gegaan dat het wegbeeld zoveel mogelijk in overeenstemming is met de actuele verkeerssituatie. Dat wil zeggen dat bij een gering verkeersaanbod er volstaan wordt met twee rijstroken van voldoende breedte en dat bij toenemende verkeersdrukke een extra versmalde rijstrook beschikbaar komt waarbij ook de overige rijstroken in breedte worden gereduceerd. Dit in tegenstelling tot de reeds toegepaste oplossing van de plusstrook waarbij een permanente herindeling van de rijbaan plaats vindt en ook buiten de spitsperiode versmalde rijstroken aanwezig zijn. De vluchtstrook blijft in het concept van flexibele rijbaan indeling beschikbaar. Bij het concept is er vanuit gegaan dat het congestiegevoelige wegvak waar de flexibele rijbaan indeling wordt toegepast is gelegen direct na een zware invoeging en dat het dynamische wegvak weer wordt beëindigd nadat voldoende verkeer de hoofdrijbaan weer heeft verlaten. In ieder geval dient er stroomafwaarts van de lokatie waar de flexibele rijbaan indeling wordt toegepast voldoende afstroomcapaciteit aanwezig te zijn.

### 2.2 Het ontwerp

#### 2.2.1 Ontwerpproces

In overleg met de opdrachtgever zijn de belangrijkste randvoorwaarden voor de uitvoering van een praktijkproef met flexibele rijbaan indeling vastgesteld. Deze randvoorwaarden zijn mede bepalend voor de uitgangspunten van het ontwerp. Zo wordt er vanuit gegaan dat de praktijkproef op een bestaande rijbaan van een autosnelweg wordt uitgevoerd zonder dat daarbij een fysieke uitbreiding van de verharding noodzakelijk is. Tenslotte dient de actuele rijbaanindeling in principe door middel van een dynamische markering aan de weggebruiker te worden getoond.

In samenwerking met de afdeling wegontwerp van de Bouwdienst zijn de uitgangspunten voor het ontwerp vastgesteld en is een basisontwerp inclusief de bijbehorende inrichting ontwikkeld. Vervolgens heeft een workshop plaats gevonden met vertegenwoordigers van Rijkswaterstaat en deskundigen op het gebied van gedrag en is het basisontwerp en de inrichting verder geoptimaliseerd.

Gezien het innovatieve karakter van het concept flexibele rijbaan indeling manifesteerden zich gedurende de verdere uitwerking van het ontwerp nog een aantal probleempunten die zich tijdens de workshop niet hadden aangediend, maar die gezien hun consequenties wel noopten tot een verdere optimalisatie van het ontwerp.

Het uiteindelijke basisontwerp heeft gediend als invoer in de rijsimulator die is gebruikt bij het onderzoek naar de begrijpelijkheid en het rijgedrag van de oplossing [lit 38]. Een laatste verbeteringsslag heeft tenslotte plaats gevonden

in een bijeenkomst die werd georganiseerd in het kader van het haalbaarheidsonderzoek [lit 9].

Desalniettemin moet worden vastgesteld dat het concept van flexibele rijbaanindeling qua ontwerp en inrichting nog een aantal onzekerheden in zich heeft. Onzekerheden die echter naar het oordeel van de projectgroep niet zodanig groot zijn dat deze een pilot in de weg zouden behoeven te staan.

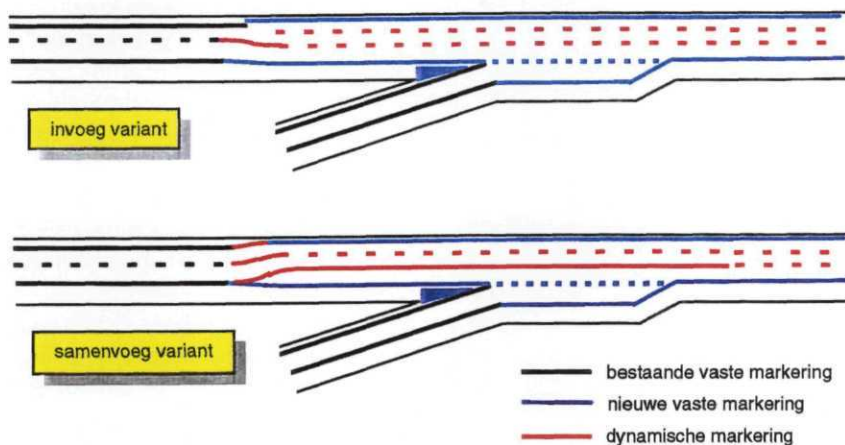
### 2.2.2 Basisontwerp

In vrijwel de meeste gevallen waarbij sprake is van structurele congestie op een wegvak wordt de file veroorzaakt door de samenkomst van twee verkeersstromen waarvan de gesommeerde intensiteit groter is dan de capaciteit van het stroomafwaarts gelegen wegvak. Meestal zal dit het geval zijn direct na een (zware) invoegende verkeersstroom. Afhankelijk van de verkeersintensiteiten op de toerit en de hoofdrijbaan kunnen daarbij twee varianten voor het basisontwerp worden onderscheiden.

Bij een 'normaal' verkeersaanbod op de toerit zal het verkeer in het algemeen zonder problemen kunnen invoegen op de rechter rijstrook van de hoofdrijbaan. Wanneer echter sprake is van een zwaar belaste toerit dan kan het invoegen op de rechter rijstrook van de hoofdrijbaan tot afwikkelingsproblemen leiden en is het beter om de toerit door middel van een eigen toegevoegde rijstrook op de hoofdrijbaan aan te sluiten. Dit leidt tot de in figuur 1 getoonde basisvarianten voor een flexibele rijbaanindeling.

figuur 1

Basisvarianten voor het ontwerp van een flexibele rijbaanindeling ter hoogte van een toerit van een autosnelweg



In beide varianten wordt het wegvak met een flexibele rijbaanindeling beëindigd op het moment dat er weer voldoende capaciteit op de hoofdrijbaan beschikbaar is. Dit is meestal het geval direct na een afrit van een stroomafwaarts gelegen aansluiting of knooppunt. Daar zal dan de overgang naar het bestaande dwarsprofiel weer plaats vinden. Het ontwerp en de inrichting daarvan is eenvoudiger en komt qua principe overeen met de gebruikelijke beëindiging van de linker rijstrook op een autosnelweg. Ook zijn er andere vormen van de toepassing van een flexibele rijbaanindeling mogelijk. Zo kan de oplossing ook worden toegepast op wegvakken waar de eigenlijke oorzaak van de congestie (de bottleneck) niet door middel van een capaciteitsuitbreiding kan worden opgelost, maar waar door het tijdelijk creëren van meer (bredere) opstelruimte voor het verkeer een zogenaamde buffer wordt gerealiseerd. Stroomopwaarts gelegen divergentiepunten worden op die manier vrij gehouden van congestie waardoor verkeer naar andere bestemmingen vrij kan afstromen [lit 15].



Bij het ontwerp zoals weergegeven in figuur 1 zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Het ontwerp dient in principe binnen een verhardingsbreedte van 11,50 m te kunnen worden gerealiseerd, conform de oude ROA uit 1974 [lit 12].
- Er moet minimaal een vluchtstrook aanwezig blijven die breed genoeg is om de bereikbaarheid van incidenten en ongevallen voor hulpverleningsdiensten te garanderen. Een minimale breedte van 2,75 meter wordt hiervoor noodzakelijk geacht.
- Indien de vluchtstrook een breedte heeft die minder is dan 3,00 meter, zijn plaatselijke verbredingen in de vorm van pechhavens noodzakelijk
- De rechter kantstreep alsmede de puntstukken van aansluitingen worden uit kostenoverwegingen niet in dynamische markering uitgevoerd (de in blauw aangegeven markeringen in figuur 1).
- In principe wordt voor de rijstrookaanduidingen uitgegaan van het gebruik van multi-functionele, flexibele en vrij programmeerbare panelen over de gehele rijbaan. Dit in verband met de wisselende plaats van de rijstrookaanduidingen en de dynamische aanduidingen voor de breedtebeperking op de smalle rijstroken.
- in verband met de (zeer) smalle rijstroken wordt tijdens de spitsperiode de snelheid uit overwegingen van verkeersveiligheid verlaagd. Vooralsnog wordt een limiet van 70 km/uur aangehouden.
- In eerste instantie wordt uitgegaan van een schakeling van twee naar drie rijstroken in 'vol verkeer'.
- In verband met vrachtverkeer krijgt de rechter rijstrook in de spits een minimale breedte van 3,00 meter. Bij de samenvoegvariant bedraagt de breedte van de middelste rijstrook eveneens 3,00 meter. Een en ander betekent dat deze variant niet mogelijk is op een standaard ROA-breedte van 11,50 meter, maar minimaal 11,80 meter moet bedragen.

Ter plaatse van de overgang van twee naar drie rijstroken is het noodzakelijk om de (permanente) kantstrepen naar rechts te verplaatsen. Alleen dan is het mogelijk om binnen de beschikbare verhardingsbreedte in de spits drie rijstroken te realiseren. Aanvullende bebording en signalering zullen het gebruik en de status van de beschikbare rijstroken aan de weggebruiker duidelijk moeten maken. Met name tijdens de overgangsfasen in het schakelproces is het noodzakelijk dat er geen misverstanden optreden ten aanzien van de keuze van de juiste rijstroken. Uiteraard dient de stationaire situatie zowel in als buiten de spitsperiode voor weggebruikers ook duidelijk te zijn.

### 2.2.3 Dwarsprofiel

Bij het bepalen van het noodzakelijke dwarsprofiel ter plaatse van het wegvak met flexibele rijbaan indeling is er vanuit gegaan dat een pilot met flexibele rijbaan indeling in principe zonder uitbreiding van de verharding op een bestaand wegvak kan worden gerealiseerd. Uitbreiding van de verharding kost immers vanwege de noodzakelijke procedures veel tijd (zie 7.2).

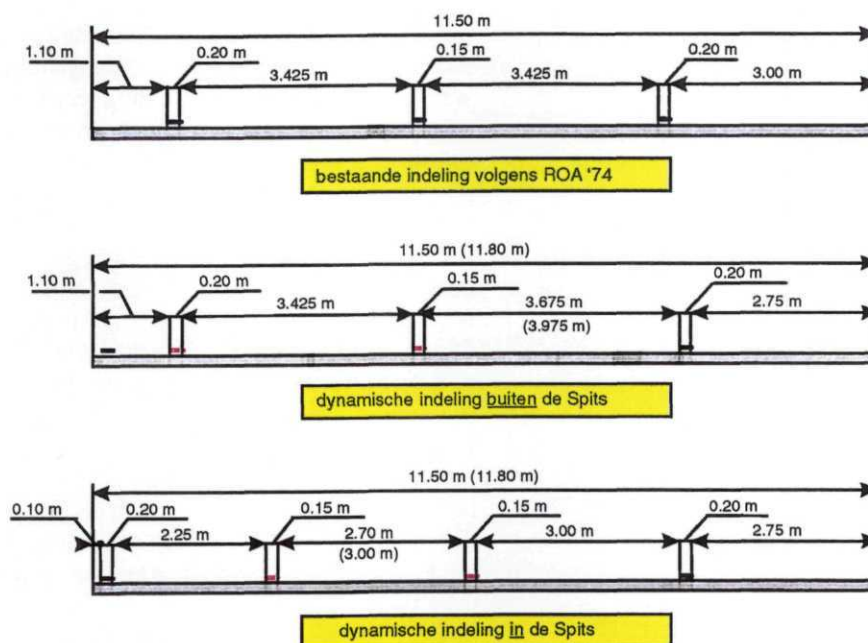
Bij de lokatiekeuze zal dus vooraf inzicht moeten worden verkregen in de verhardingsbreedte die beschikbaar is binnen het traject waarover een eventuele pilot zich uitstrekt (zie 8.3).

Ten behoeve van het onderzoek naar de begrijpelijkheid en het rijgedrag van bestuurders op een wegvak met flexibele rijbaan indeling met behulp van de rijimulator (zie 3.2), was het noodzakelijk om een dwarsprofiel met concrete maatvoering aan te bieden. Hiertoe heeft een ontwerpsessie met een aantal betrokkenen plaats gehad waarbij is uitgegaan van de 'oude' ROA-maat voor

de verhardingsbreedte van 11,50 meter [lit 12]. Deze verhardingsbreedte komt nog redelijk veel voor op het Nederlandse autosnelwegennet (zie 8.3). Hierbij bedraagt de breedte van de redresseerstrook aan de linker zijde van de rijbaan 1,10 meter en de breedte van de vluchtstrook 3,00 meter. De maatvoering van het dwarsprofiel is vervolgens vastgesteld.

Om in de spits drie rijstroken te kunnen realiseren zonder dat puntstukken en blokmarkeringen bij in- en uitvoeringen eveneens in dynamische markering moeten worden uitgevoerd, wordt de rechter kantstreep permanent 0,25 meter naar rechts verlegd. De vluchtstrook in het dynamische wegvak krijgt aldus een breedte van 2,75 meter. De drie rijstroken in het spitsprofiel krijgen (van links naar rechts) een breedte van respectievelijk 2,25, 2,70 en 3,00 meter. In figuur 2 zijn de verschillende dwarsprofielen weergegeven.

**figuur 2**  
Dwarsprofiel bij een flexibele rijbaanindeling op een verhardingsbreedte van 11,50 m (invoegvariant)



maten tussen haakjes betreffen de samenvoegvariant

Vanwege het feit dat bij de samenvoegvariant (zware invoegende stroom) de middelste rijstrook toegankelijk moet zijn voor vrachtverkeer, is deze rijstrook zoals eerder vermeld geen 2,70 meter maar 3,00 meter breed. Dit komt erop neer dat de standaard ROA-breedte van 11,50 meter in dat geval onvoldoende is. Een minimale verhardingsbreedte van 11,80 meter voor de samenvoegvariant wordt derhalve noodzakelijk geacht. In figuur 2 is de afwijkende maatvoering voor de samenvoegvariant tussen haakjes vermeld.

#### 2.2.4 De overgangen

Zoals in de uitgangspunten voor het ontwerp is vastgelegd was het oorspronkelijk de bedoeling om de overgangen in tijd door middel van het volledig dynamisch schakelen van markering en bebording tot stand te brengen. Nadat echter de resultaten van het onderzoek met de rij simulator naar de begrijpelijkheid en het rijgedrag bekend geworden waren [lit 38], is besloten om de eis van het schakelen in 'vol verkeer' te laten vallen. De verschillende schakelstappen om van het tweestrooks naar het driestrooks dwarsprofiel te komen en de daarbij optredende veranderingen in markering en bebording bleken namelijk in veel gevallen te leiden tot onduidelijke en onveilige situaties



voor weggebruikers. Dit gold in het bijzonder voor de samenvoegvariant. De overgang van het tweestrooks naar het driestrooks dwarsprofiel kan dus het beste in één schakelstap geschieden. Om deze schakeling in één keer te kunnen realiseren zal een gat in de verkeersstroom moeten worden gerealiseerd. Dit zou kunnen door het verkeer op enige afstand vóór de betreffende lokatie in één blok enigszins op te houden door middel van een 'loodsvoertuig' of 'pace-car' die een snelheidsverlaging tot stand brengt en tegelijkertijd ervoor zorgt dat er niet kan worden ingehaald. In het aldus ontstane gat in de verkeersstroom kan dan in één keer worden omgeschakeld van het tweestrooks naar het driestrooks dwarsprofiel inclusief de daarin gelegen overgang. Zonodig kan dit afhankelijk van de lengte van het dynamische wegvak bloksgewijs 'met het verkeer mee' geschieden.

De geometrie van de (markerings)overgang kan op verschillende wijze worden vorm gegeven. De positie van de rechter kantstreep in het dynamische wegvak wordt bepaald door de benodigde rijbaanbreedte in de spits. Op wegvakken waar een flexibele rijbaanindeling wordt toegepast moet de (permanente) kantstreep eerst naar rechts worden verschoven om ruimte te bieden voor het driestrooks dwarsprofiel. Dit geldt dus ook voor de blokmarkeringen en de puntstukken. Afhankelijk van de aanwezige breedte van de redresseerstrook (1,10 of 0,60 m) en de vluchtstrook (3,50 of 3,00 m) zal deze verschuiving tussen de 0,25 en 0,75 meter bedragen. Vervolgens kan de overgang van het oorspronkelijke dwarsprofiel naar het dynamische profiel (buiten de spits) met of zonder verschuiving van de deelstreep worden gerealiseerd. Bij een geringe verschuiving van de rechter kantstreep, verdient het aanbeveling om de deelstreep zonder verschuiving te continueren en de rechter rijstrook met ca. 0,25 meter te verbreden (zie figuur 2). Dit biedt dan tevens compensatie voor de smallere vluchtstrook in het dynamische wegvak. Tenslotte kan worden bespaard op de hoeveelheid dynamische markering door de linker kantstreep in het dynamische wegvak zowel in als buiten de spits als permanente streep op dezelfde positie te leggen. De linker rijstrook wordt in dat geval dan wel breder ten koste van een permanent krappe redresseerstrook.

Voor een nadere toelichting m.b.t. de overgangen wordt verwezen naar het rapport 'Effecten van een flexibele rijbaan-indeling op begrijpelijkheid, werklust en rijgedrag' van TNO Technische Menskunde [lit 38].

Na afloop van de workshop die gehouden is in het kader van het haalbaarheidsrapport, is geconstateerd dat het ontwerp en de inrichting van de overgang bij de voorbereiding van een praktijkproef nogmaals kritisch moet worden bekeken [lit 9]. Ook is duidelijk geworden dat de markering en bebording van de invoegvariant aanmerkelijk eenvoudiger is dan die van de samenvoegvariant. Dit wordt veroorzaakt door de maatregelen die nodig zijn voor het vrij maken van de rechter rijstrook bij laatstgenoemde variant. Verwacht mag worden dat de invoegvariant bij druk verkeer op de toerit enigszins als een samenvoegvariant gaat fungeren, doordat bekende weggebruikers reeds vóór de invoeging de linker rijstroken zullen 'opzoeken'.

#### 2.2.5 Signalering en bebording

Conform de eerder genoemde uitgangspunten wordt er vanuit gegaan dat de aanduidingen ten behoeve van het gebruik van de rijstroken volledig dynamisch zal plaats vinden, waarbij de plaats van de aanduidingen boven de rijstroken de actuele rijbaan-indeling volgt. De volgende informatie is noodzakelijk.

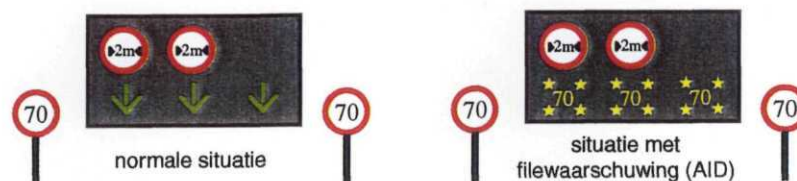
- Aantal beschikbare rijstroken en de plaats in het dwarsprofiel.
- Breedtebeperking voor de smalle rijstroken.
- Dynamische snelheidslimieten

Er bestaat een onderscheid tussen *rijstrookgebonden* informatie (de eerste twee items) en *rijbaangebonden* informatie (het laatste item). De meest opvallende en duidelijke plaats voor rijstrookgebonden informatie is boven de rijbaan en wel centraal boven de rijstroken die het betreft. Het gaat daarbij dus om de rijstrooktoewijzing en de breedtebeperking.

Gezien de dynamiek van deze aanduidingen en de wisselende plaats van de rijstroken in het dwarsprofiel, wordt er de voorkeur aan gegeven om gebruik te maken van een vrij programmeerbaar multi-funtioneel informatiepaneel waarbij met behulp van b.v. LED-technieken de benodigde afbeeldingen op elke plaats in het dwarsprofiel kunnen worden getoond. Figuur 3 toont hiervan een voorbeeld in de spitsituatie. De actuele snelheidslimiet wordt in dit voorbeeld op (dynamische) borden in de berm getoond.

figuur 3

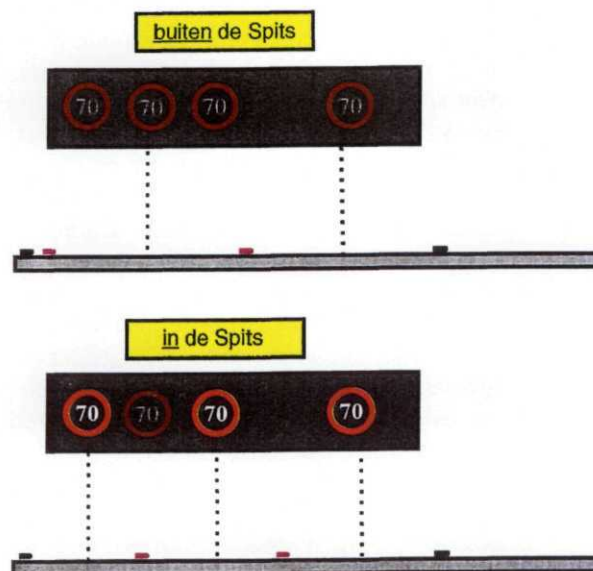
Voorbeeld van dynamische aanduidingen bij toepassing van flexibele rijbaan indeling



Wanneer om redenen van tijd en/of kosten gebruik moet worden gemaakt van traditionele informatiedragers, dan zullen concessies moeten worden gedaan aan de opvallendheid of begrijpelijkheid van de getoonde informatie. Een voorbeeld waarbij zoveel mogelijk gebruik wordt gemaakt van bestaande signaalgevers (met rode rand) toont figuur 4. Bij deze oplossing worden twee signaalgevers bijgeplaatst en worden de bestaande signaalgevers zodanig verplaatst, dat er een acceptabele positie van alle signaalgevers ten opzichte van het hart van de actuele rijstroken ontstaat. Om ruimte te besparen verdient het aanbeveling om in dat geval met één achtergrondschild over de gehele breedte van de rijbaan te werken.

figuur 4

Alternatief systeem van aanduidingen bij toepassing van flexibele rijbaan indeling



De breedtebeperking voor de smalle rijstroken in de spits wordt bij deze oplossing op losse dynamische borden in de berm aangegeven. Hiervoor wordt RVV-bord L11 gebruikt met een inlay van bord C18. Zie hiervoor figuur 5.



figuur 5

Dynamische borden met breedtebeperking voor smalle rijstroken (situatie in de spits)



Bij een smalle middenberm zal het niet altijd mogelijk zijn om dit bord in de middenberm te plaatsen. In dat geval kan worden overwogen de breedtebeperking op extra signaalgevers boven de reguliere rijstrooksignaalgevers aan te brengen. Dit is wel een relatief kostbare oplossing. In dat geval is het de vraag of de eerder aanbevolen oplossing met een rijbaanbreed (multi-functioneel) informatiepaneel (figuur 3) geen aantrekkelijker optie is.

#### 2.2.6 Overige voorzieningen

##### Pechhavens

Bij de eerder vermelde uitgangspunten voor het ontwerp wordt er vanuit gegaan dat er bij een vluchtstrookbreedte minder dan 3,00 meter pechhavens worden gerealiseerd door de vluchtstrook plaatselijk over een lengte van ca. 100 meter te verbreden. Deze verbreding bedraagt ongeveer 4,00 meter. Deze pechhavens dienen conform de handleiding spitsstroken op een onderlinge afstand van 500 á 1000 m te worden aangebracht. In verband met een doelmatig beheer en onderhoud verdient het aanbeveling om de plaats van de pechhavens zoveel mogelijk te koppelen aan de locatie van de verkeerssignaleringsportalen.

##### Kunstwerken

Het is gewenst het minimum profiel van figuur 2 ook ter plaatse van viaducten te continueren. Dat garandeert immers een adequate hulpverlening bij incidenten en calamiteiten. Het kan echter voorkomen dat in een wegvak waar de beoogde pilot wordt gehouden viaducten liggen zonder vluchtstrook. In dat geval is het acceptabel om ook in het dynamische profiel de vluchtstrook over korte lengte te onderbreken. Uiteraard dient wel voldoende verhardingsbreedte aanwezig te zijn om het driestrooks dwarsprofiel (zonder vluchtstrook) te bergen. Hiertoe is een absolute minimale breedte van 9,05 meter tussen de schampekanten van het viaduct noodzakelijk. In hoofdstuk 8 'Locatieaspecten' zal hierop nader worden ingegaan.

##### Verhardingstype

Alhoewel de toepassing van dynamische markering tijdens slechte weersomstandigheden een positief effect heeft op de zichtbaarheid van de rijstroken en het verloop van de weg, verdient het aanbeveling om de pilot op een wegvak met ZOAB uit te voeren. De reden hiervoor is dat ZOAB het spat en sproeiwater tijdens regen aanmerkelijk vermindert hetgeen in positieve zin compensatie kan geven voor de rijtaakverzwaring als gevolg van de smalle rijstroken. In hoofdstuk 4 wordt nader ingegaan op de overige wegbouwkundige aspecten van een flexibele rijbaan indeling.

##### Openbare verlichting

Aanbevolen wordt de pilot uit te voeren op een wegvak dat is voorzien van openbare verlichting. Ook hier geldt dat een dergelijke voorziening compensatie biedt voor de verzwaring van de rijtaak als gevolg van het versmalde dwarsprofiel in de spits.

---

## 3 Verkeerskundige aspecten

---

### 3.1 Inleiding

De verkeerskundige consequenties van een flexibele rijbaan indeling zijn een direct gevolg van het gekozen ontwerp en de daaruit voortvloeiende verkeerssituatie. Het individuele rijgedrag vertaalt zich uiteindelijk in een (collectief) verkeersgedrag dat vervolgens ingrijpt op de kwaliteit van de verkeersafwikkeling en de verkeersveiligheid.

De verkeersafwikkeling manifesteert zich het meest opvallend in de verwerkingscapaciteit van de weg en de homogeniteit van de verkeersstroom. Dit laatste is ook nadrukkelijk aan de orde bij het aspect verkeersveiligheid. Daar speelt bovendien de positie en onderlinge beïnvloeding van verkeer in de verschillende rijstroken een belangrijke rol. De afstand van aangrenzende fysieke elementen (kant van de verharding en bermobjecten) heeft invloed op zowel de veiligheid als de afwikkeling. Een bijzonder punt van aandacht bij een flexibele rijbaan indeling vormt de betrouwbaarheid van de verbinding. Juist bij smalle dwarsprofielen zal in dat opzicht veel aandacht moeten worden gegeven aan flankerende maatregelen teneinde de risico's van smalle rijstroken en de beperkte fysieke ruimte te compenseren.

### 3.2 Rijgedrag

Het rijgedrag in een wegvak met flexibele rijbaan indeling wordt door een aantal factoren beïnvloed. Zo zal de aanwezigheid van smalle rijstroken en de overgangen van een 'normaal' dwarsprofiel naar een krap dwarsprofiel effect hebben op het rijgedrag. Ook het geheel van aanduidingen en de mate van dynamiek van het informatiesysteem spelen een belangrijke rol. Tenslotte zal de verschijningsvorm van dynamische markering invloed hebben op het rijgedrag doordat deze afwijkt van die van traditionele markering.

In de tweede helft van 1999 heeft op de zuidbaan van de A15 tussen Papendrecht en Wijngaarden een experiment plaats gevonden met dynamische markering. Op deze locatie is een spitsstrook (gebruik vluchtstrook in de spits) gerealiseerd waarbij de scheiding tussen spitsstrook en doorgaande rijstroken in dynamische markering is uitgevoerd. In de periode van juni t/m december 1999 heeft een evaluatie plaats gevonden waarbij met name het gedrag van weggebruikers centraal stond [lit 18, 42]. Uit de reacties van weggebruikers en uit een analyse van het verkeersproces is gebleken dat dynamische markering als alternatief voor traditionele markering door weggebruikers wordt begrepen en aanvaard. Het rijgedrag ter plaatse werd niet negatief beïnvloed terwijl er geen indicaties zijn gevonden die erop wijzen dat dynamische markering de rijtaak verzwaart. Wel moet worden opgemerkt dat de reacties van weggebruikers enigszins gekleurd kunnen zijn geweest door het feit dat de fileproblemen sterk zijn afgenomen door de ingebruikname van de spitsstrook. Onvolkomenheden in het materiaal hebben de wegbeheerder er uiteindelijk toe doen besluiten de dynamische markering uit de weg te verwijderen. De positieve verkeerskundige effecten zijn destijds voor Rijkswaterstaat aanleiding geweest om het wegvak na afloop van de proef om te bouwen tot een definitieve spitsstrook met traditionele markering.



Op grond van bovengenoemde onderzoeksresultaten kan worden gesteld dat dynamische markering ondanks de problemen met het materiaal kansrijke mogelijkheden bieden voor toepassing in een praktijkproef met flexibele rijbaan indeling. Inmiddels is er een programma van eisen voor dynamische markering opgesteld waarmee fabrikanten een volgende generatie van dynamische markering als meer 'volwassen' produkt op de markt kunnen brengen [lit 19]. Bij deze eisen is rekening gehouden met de toepassing van het in dit rapport beschreven concept van flexibele rijbaan indeling.

Zoals gezegd spelen bij een meer geavanceerde toepassing van dynamische markering - zoals bij een flexibele rijbaanindeling - ook andere gedragsaspecten een belangrijke rol. Om inzicht te krijgen in deze aspecten is het in hoofdstuk 2 beschreven ontwerp en bijbehorende inrichting in een rijnsimulator onderzocht op begrijpelijkheid en werklast. In dat onderzoek zijn een aantal scenario's (combinaties van inrichting, schakelfase en rijstrookgebruik) gesimuleerd waarbij proefpersonen door een wegvak met flexibele rijbaanindeling reden inclusief de overgangen van en naar het inleidende respectievelijk uitgaande wegvak. Voor een uitgebreide verslaglegging van dit onderzoek wordt verwezen naar het betreffende deelrapport van TNO [lit 38].

De belangrijkste conclusies uit het onderzoek van TNO luiden als volgt.

- Ten aanzien van de statische situatie (het dynamische wegvak was al ingeschakeld) zijn geen problemen met betrekking tot begrijpelijkheid en werklast gevonden.
- Zowel bij de invoeg- als bij de samenvoegvariant deden zich tijdens de overgang van de situatie buiten de spits naar de situatie in de spits bij het omschakelen, problemen met betrekking tot de begrijpelijkheid voor. Een relatief groot aantal proefpersonen zei verrast te zijn door de zich plotseling wijzigende situatie. Afhankelijk van het aangeboden scenario varieerde dit tussen de 5 en 35% van het totale aantal proefpersonen (n=30). Bij sommige scenario's waar de markering zich tijdens het omschakelen vrij fors verplaatste was bij een aantal proefpersonen (tussen de 2 en 10%) bovendien sprake van een niet begrijpelijke situatie.
- De samenvoegvariant scoorde qua begrijpelijkheid en werklast (aanmerkelijk) slechter dan de invoegvariant. Dit werd met name veroorzaakt door de vrij complexe overgangen in markering en signalering/bebording.
- Zowel bij de invoeg- als bij de samenvoegvariant bleek de situatie aan het einde van het dynamische wegvak tijdens de overgang van twee naar drie rijstroken onduidelijk en in 15% van de gevallen te leiden tot foutieve acties. De tegenstrijdige informatie door het bijschakelen van (de markering van de) extra rijstrook en het tegelijkertijd weer afkruisen van deze strook ten behoeve van de overgang naar het stroomafwaarts gelegen tweestrooks wegvak lijkt - ook met de door TNO voorgestelde aanpassingen in het ontwerp - moeilijk op te lossen.

Tijdens de workshop die in het kader van het haalbaarheidsrapport is georganiseerd, was de overheersende mening dat een praktijkproef met flexibele rijbaan indeling waarbij in vol verkeer wordt geschakeld gezien bovenvermelde resultaten niet verantwoord is [lit 9]. Er dient daarom gezocht te worden naar een uitvoeringsvorm c.q. schakelregime waarbij de gesignaleerde problemen minder of in het geheel niet meer voorkomen. De meest veilige oplossing voor het omschakelen van het tweestrooks profiel naar het driestrooks profiel lijkt vooralsnog het realiseren van een tijdelijk 'gat' in de verkeersstroom op enige afstand vóór de toerit waarbij in de periode dat er even geen verkeer op het wegvak rijdt, de omschakeling in één keer geschiedt. Dit kan worden bereikt met hulp van een 'loodsvoertuig' of 'pace-car' die het

verkeer ophoudt door tijdelijk snelheid te minderen en inhalen tegen te gaan. Dit is enigszins te vergelijken met het systeem van blokrijden. De meest ingrijpende vorm zou zijn om het verkeer tijdelijk stil te zetten en vervolgens na enkele ogenblikken weer te laten afrijden. In paragraaf 3.3.2. wordt nader ingegaan op de effecten van een dergelijke maatregel.

Om enigszins een inschatting te kunnen maken van de invloed van de lengte van het wegvak met smalle rijstroken in relatie tot het rijgedrag en de werklust van bestuurders, is in deze studie gebruik gemaakt van de resultaten van een duurproef met behulp van een rij simulator in het kader van het onderzoek "Basis Kwaliteit Autosnelwegen" [lit 39]. Deze duurproef is verricht omdat op basis van eerder onderzoek in het kader van 4-0 systemen bij werk in uitvoering er sterke aanwijzingen bestonden dat lange wegvakken met smalle rijstroken een negatieve invloed hadden op de rijtaakbelasting [lit 37].

In de duurproef zijn twee varianten onderzocht. De eerste variant (de referentievariant) betrof een normale driestrooks rijbaan van een autosnelweg ingericht conform ROA. De andere variant betrof een dwarsprofiel zonder vluchtstrook en een linker rijstrook van 2.50 meter, terwijl de overige twee rijstroken 3.10 meter breed waren. Dit profiel vertoont voor wat betreft de breedte van de linker strook enige gelijkenis met het in paragraaf 2.2.3 beschreven profiel voor een flexibele rijbaanindeling. Aan de duurproef deden 40 proefpersonen mee, 20 voor iedere conditie (iedere variant). De proefpersonen reden gedurende een uur op de linker strook (de smalste) en kregen de instructie daar ook te blijven rijden. Verder werden de proefpersonen geïnstrueerd te rijden zoals ze gegeven de omstandigheden altijd zouden doen. Er zijn zeven verschillende objectieve gedragsmaten in kaart gebracht waaronder snelheid, laterale positie, hoog-frequente stuurbewegingen en lijnoverschrijdingen. Ook is met behulp van een beoordelingsschaal voor de mentale inspanning de subjectieve werklust onderzocht.

De gemiddelde snelheid in de variant met de smalle stroken bedroeg ca. 83 km/uur, terwijl de standaarddeviatie 3,8 km/uur bedroeg. Bij de referentievariant bedroegen deze respectievelijk 122 en 1,5 km/uur. Het lijkt er dus op dat bij versmalde rijstroken (en een max.snelheid van 70 km/uur) over grote lengte de snelheidsvariantie groter is dan bij een normaal dwarsprofiel bij een snelheidslimiet van 120 km/uur.

Zoals verwacht was de gemiddelde laterale positie van het voertuig t.o.v. de deelstreep bij de variant met de smalle rijstroken aanmerkelijk kleiner dan die bij de normale rijstroken, respectievelijk 0.34 en 1.07 meter.

In de variant met de smalle rijstroken werd significant minder geslingerd binnen de rijstrook dan bij de referentievariant (0.17 om 0.24 meter).

De proportie hoog frequente stuurbewegingen was bij de 'smalle' variant hoger dan bij de referentievariant wat aangeeft dat in de variant met smalle rijstroken proefpersonen meer ingespannen stuurden.

Een analyse van de waarden voor 'voorspelde' lijnoverschrijding (Time To Line Crossing ,TLC) leverde het volgende beeld op. De gemiddelde minimum waarde van de TLC (t.o.v. de linker kantstreep) bedroeg bij de variant met smalle rijstroken 2.33 sec en bij de normale variant 2.71 sec. Hierbij wordt aangetekend dat alle TLC-waarden groter dan 10 sec uit het analysebestand zijn verwijderd. Het verschil is significant. Dit duidt op een wat groter risico bij



---

het rijden op smalle rijstroken (grotere kans op onvrijwillig verlaten van de rijbaan).

In het experiment is ook de gemiddelde duur van lijnoverschrijdingen bepaald, voor zowel de linker kantstreep als de rechts gelegen deelstreep. De gemiddelde duur van de kantstreepoverschrijding bedroeg bij de variant met de smalle stroken 0.30 sec terwijl die bij de referentievariant 0.11 sec. bedroeg. Dit is eveneens een aanwijzing dat er bij smalle rijstroken over een grotere lengte kennelijk sprake is van een risicovoller rijgedrag. Opvallend is de zeer hoge waarde van gemiddelde overschrijdingsduur van de deelstreep in beide varianten. Bij de 'smalle variant' bedroeg de gemiddelde overschrijdingsduur 17,1 sec, terwijl deze bij het normale dwarsprofiel slechts 0.30 sec bedroeg. Dit zou een sterke aanwijzing moeten zijn voor de veiligheid. Een nadere analyse naar dit verschijnsel is op z'n plaats, mede gezien het feit dat de praktijk-waarnemingen op de plusstrook van de A27 dit beeld niet bevestigen [lit 2,4,5].

Na de rit hebben de proefpersonen tenslotte te kennen kunnen geven in welke mate het rijden in beide varianten hen inspanning had gekost. Analyse van de resultaten liet een slechter resultaat zien voor de variant met de smalle rijstroken, maar het verschil met de referentievariant was niet significant.

### 3.3 Verkeersafwikkeling

#### 3.3.1 Capaciteit

De invloed van een versmald dwarsprofiel op de capaciteit zal zich op twee fronten manifesteren.

De eerste factor die van invloed is op de capaciteit is de combinatie van rijstrookbreedte en profiel van vrije ruimte. Uit diverse onderzoeken in binnen- en buitenland komt naar voren dat rijstroken op autosnelwegen met een breedte van minder dan 3.25 meter een substantiële reductie van de capaciteit tot gevolg heeft. Gebleken is dat de 'Highway Capacity Manual' (HCM) de negatieve invloed van de rijstrookbreedte op de capaciteit evenwel (sterk) overschat. Uit diverse praktijk-waarnemingen blijkt bij een afname van de rijstrookbreedte van 3.50 tot 2.75 sprake te zijn van een reductie op de capaciteit van maximaal 17%., terwijl de HCM nog uitgaat van een reductie van 25%. [lit.3,41].

De tweede factor die invloed kan uitoefenen op de capaciteit is de snelheid. Uit het basisdiagram voor de verkeersafwikkeling valt af te leiden dat de hoogste waarde van de capaciteit ligt bij de zogenaamde congestiesnelheid en dat deze snelheid in het algemeen ligt rond de 90 km/uur.

In Groot Brittannië en Duitsland hebben de afgelopen jaren experimenten met dynamische snelheden plaats gevonden. Hieruit zijn evenwel geen aantoonbare effecten op de capaciteit naar voren gekomen [lit 1]. Eén van de oorzaken hiervoor heeft te maken met de complexiteit van de methodiek voor het bepalen van capaciteit. Zo is bijvoorbeeld bekend dat de locatie van de meetpunten voor het inwinnen van de verkeersdata zeer gevoelig is voor het bepalen van de capaciteit. Bovendien lag bij het Britse experiment de snelheidslimiet hoger dan bovengenoemde snelheid van 90 km/uur. Een voorgenomen praktijkproef met dynamische snelheidsverlaging in 2001 op het Nederlandse autosnelwegennet zal moeten aantonen of het veronderstelde positieve effect van een dynamische snelheidslimiet ook daadwerkelijk optreedt [lit 6].

Vooralsnog is de aanname dat er door het instellen van een snelheidslimiet een herverdeling van verkeer over de rijstroken plaats heeft, waarbij de intensiteit

op de linker rijstrook afneemt ten gunste van die op de andere rijstroken. Ook is uit de praktijk bekend dat de intensiteiten en snelheden op de linker rijstrook bij capaciteitsomstandigheden erg hoog liggen. Filevorming begint dan ook meestal op de linker rijstrook en gaat vaak gepaard met flinke schokgolven. Dit heeft op zijn beurt weer een nadelig effect op de capaciteit en met name op de spreiding rond de gemiddelde waarde daarvan. Hiermee is de cirkel rond en lijkt het aannemelijk dat hoge capaciteitswaarden op zich nog geen bewijs vormen voor een betrouwbare en kwalitatief hoogwaardige verkeersafwikkeling.

Het is in het kader van een proef met flexibele rijbaanindeling de vraag of veel waarde moet worden toegekend aan een hoge momentane waarde van de capaciteit die slechts gedurende een korte periode optreedt (gebruikelijk is een analyseperiode van een kwartier), of dat beter met een wat lagere capaciteit genoeg wordt genomen maar dan wel met de zekerheid dat deze waarde over een langere periode wordt 'volgehouden'. Een en ander raakt tevens aan de discussie omtrent de betrouwbaarheid van de reistijd; een onderwerp dat de komende jaren zeker in betekenis toeneemt. Het is interessant om dit aspect bij een proef met flexibele rijbaanindeling mee te nemen. Vooralsnog wordt er vanuit gegaan dat een snelheidslimiet van 90 km/uur naar verwachting een 'overall' positief effect zal hebben op de rijbaan capaciteit.

Recentelijk is veel informatie beschikbaar gekomen over de capaciteit van wegvakken met versmalde rijstroken. Zo heeft het evaluatie-onderzoek van de plusstrook op de westbaan van de A27 tussen Lunetten en Everdingen bruikbare praktijkwaarden voor de capaciteit opgeleverd [lit 2]. De resultaten daarvan zijn tezamen met enkele andere praktijkmetingen verwerkt in het onderzoek "Verkeerskenmerken versmald dwarsprofiel" [lit 3, 4]. Daarnaast is in het kader van het project "Basiskwaliteit autosnelwegen" eveneens informatie over de capaciteit beschikbaar gekomen die van belang is voor dit project [lit 40]. Laatstgenoemde project dat in opdracht van het Hoofdkantoor Uitvoering van Rijkswaterstaat door AVV is uitgevoerd, had tot doel inzicht te geven in de consequenties van een versobering van de ROA aan de hand van enkele 'extreme' dwarsprofielen met bijbehorende vrijheidsgraden. Deze vrijheidsgraden betroffen de ontwerpssnelheid, de aan- of afwezigheid van een vluchtstrook en de toe te laten voertuigcategorieën in het dwarsprofiel. Deze dwarsprofielen zijn beoordeeld op een groot aantal aspecten waarbij de consequenties van het dwarsprofiel ook zijn doorvertaald naar andere ontwerpaspecten als b.v. het alignement. In tabel 1 is een overzicht gegeven alle relevante versmalde dwarsprofielen met hun bijbehorende capaciteitswaarden [lit 31,32]

**Tabel 1**  
Capaciteitswaarden van normale en versmalde dwarsprofielen.

Dwarsprofiel type	maatvoering						capaciteit		
	verhard breedte	redress Strook	strook links	strook midden	strook rechts	vlucht- strook	waarde pae/uur	toe- of afname tov ROA 2	ROA 3
ROA 2	12.00	1.10	3.50	-	3.50	3.50	4650	-	-36%
ROA 3	14.75	0.60	3.50	3.50	3.50	3.25	7250	56%	-
BkA var 1	12.95	0.35	3.00	3.00	3.35	2.95	7300	57%	1%
BkA var.2	10.70	0.35	3.00	3.35	3.35	(0.35)*	7270	56%	0%
BkA var.3	11.25	0.15	2.50	2.50	3.10	2.70	6340	36%	-13%
BkA var.4	9.30	0.15	2.50	3.10	3.10	(0.15)*	6350	37%	-14%
Plusstr A27	12.20	0.25	2.50	3.00	3.15	2.90	6640	43%	-10%
A2 Vinkeveen	13.70	0.60	3.25	3.25	3.30	3.00	7010	51%	-4%
A12 W.I.U.	9.00	0.10	2.50	2.50	3.00	(0.15)*	6170	33%	-15%

\*) redresseerstrook, vluchtstrook ontbreekt

BkA: Basis kwaliteit Autosnelwegen — W.I.U.: Werk in uitvoering drie versmalde stroken op halve rijbaan



De eerste twee dwarsprofielen in tabel 1 betreffen standaard dwarsprofielen voor tweestrooks en driestrooks rijbanen van autosnelwegen [lit 12,14] en zijn in feite een referentie voor de versmalde dwarsprofielen.

De capaciteitswaarden van deze referentievarianten zijn afkomstig uit het handboek 'Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen' [lit 17].

Het in hoofdstuk 2 beschreven basisontwerp voor een flexibele rijbaan-indeling ligt qua maatvoering van het dwarsprofiel tussen BkA-variant 3 en het dwarsprofiel van de plusstrook op de A27 in. Bij de BkA-variant is sprake van een smallere middelste rijstrook, terwijl bij het dwarsprofiel op de plusstrook A27 de vluchtstrook, de middelste rijstrook en de redresseerruimte links wat groter is.

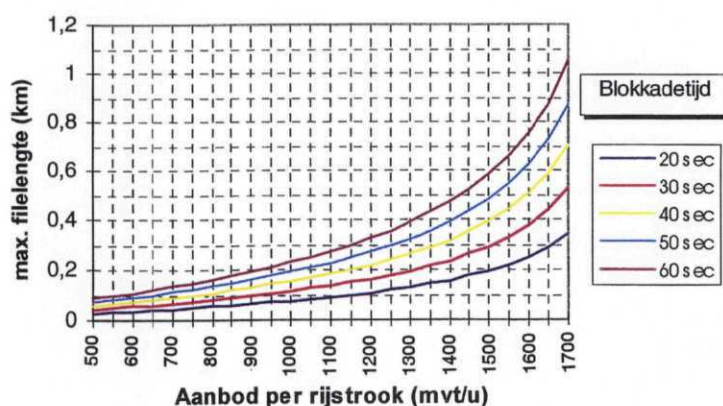
Op grond van een interpretatie van de waarden uit tabel 1 wordt ingeschat dat de capaciteit van een dwarsprofiel met flexibele rijbaanindeling op een verhardingsbreedte van ca. 11.50 m ligt tussen 6300 en 6500 pae's/uur. Dit betekent een winst t.o.v. een gemiddelde tweestrooks rijbaan van 35 tot 40% en een reductie ten opzichte van een volwaardige uitbreiding tot een driestrooks rijbaan van 10 tot 13%. Bij bovengenoemde waarden is geen rekening gehouden met een mogelijke capaciteitsbeperkende invloed van de overgangen van het tweestrooks naar het driestrooks dwarsprofiel. De invloed hiervan is moeilijk te voorspellen, maar lijkt gering gezien de resultaten van praktijkmetingen met soortgelijke overgangen bij 4-0 systemen bij Werk-in-Uitvoering [lit 17].

### 3.3.2 Verkeersafwikkeling tijdens het omschakelen

Zoals reeds aangegeven aan het einde van paragraaf 3.2 acht de projectgroep het op grond van het gedragsonderzoek (rijsimulator) niet verantwoord om een proef te doen waarbij in 'vol' verkeer wordt geschakeld van twee naar drie rijstroken. Een omschakeling in één keer van twee naar drie stroken verdient uit een oogpunt van duidelijkheid dan ook de voorkeur. Hiervoor dient dan wel een tijdelijk gat in de verkeersstroom te worden gerealiseerd. Hiervoor zijn twee mogelijkheden genoemd; vertragen of stil zetten van het verkeer op de hoofdrijbaan. Teneinde het effect van het meest extreme scenario (verkeer stil zetten) enigszins te kunnen inschatten, zijn enkele berekeningen gemaakt waarbij de effecten van een dergelijke ingreep zichtbaar worden.

In figuur 6 is het verband weergegeven tussen de maximale filelengte, het verkeersaanbod en de blokkadeduur wanneer tot een dergelijk scenario zou worden besloten.

figuur 6  
Maximale filelengte bij verschillende  
blokkadetijden in een verkeersstroom met  
variërend aanbod.





Uit figuur 6 is af te leiden dat een ingreep van ca. 20 seconden bij een verkeersaanbod van 3000 mvt/uur een maximale filelengte zal opleveren van ongeveer 200 meter (over beide rijstroken). Het gesommeerde reistijdverlies bij een dergelijke verstoring bedraagt ongeveer een half uur en de totale verstoringduur bedraagt ca. 2 minuten.

Uit de figuur is op te maken dat bij een toenemend verkeersaanbod de filelengte exponentieel toeneemt. Dit betekent dat niet te lang mag worden gewacht met het moment waarop de verkeersstroom wordt gestopt ten behoeve van het omschakelen naar het driestrooks dwarsprofiel, anders heeft dit onacceptabele vertragingen tot gevolg.

Het scenario waarbij verkeer tijdelijk wordt vertraagd met behulp van 'loodsvoertuigen' (pace-car) veroorzaakt uiteraard minder verstoring dan in een situatie waarbij het verkeer volledig wordt stopgezet. Het verdient aanbeveling om de effecten van een dergelijk scenario op de verkeersafwikkeling bij de voorbereiding van de proef goed in beeld te brengen.

### **3.4 Verkeersveiligheid**

#### **3.4.1 Algemeen**

De verkeersveiligheid van het concept flexibele rijbaanindeling wordt in de eerste plaats beïnvloed door het ontwerp en de inrichting van het betreffende wegvak. De mate waarin wordt versmald, de snelheidsregulering en de duidelijkheid van bebording en signalering staan daarbij centraal. Als uitgangspunt dient het principe van een duurzaam veilige infrastructuur, dat wil zeggen dat het aangeboden ontwerp en bijbehorende inrichting als vanzelfsprekend leiden tot het gewenste rijgedrag.

Het mag duidelijk zijn dat een verlaging van de snelheidslimiet inclusief een adequate handhaving gezien de sterke mate van versmalling van het dwarsprofiel een integraal onderdeel van de maatregel moet zijn. Behalve bovengenoemde basisvoorwaarden voor een veilig ontwerp, zullen ook minimale eisen aan rijstrookbreedte en profiel van vrije ruimte moeten worden gesteld. Uiteraard hangen deze weer samen met de mate waarin de snelheid wordt afgedwongen. De snelheid zal idealiter output van het ontwerp moeten zijn, waarbij deze dan zoveel mogelijk overeenkomst met de gewenste snelheid. Praktijkervaringen met o.a. 4-0 systemen bij Werk in Uitvoering laten zien dat het erg moeilijk is om een snelheid van 70 km/uur door alleen het ontwerp af te dwingen. Adequate handhaving van de snelheidslimiet zal derhalve noodzakelijk zijn.

Interessant is de vraag tot op welk niveau de snelheid moet worden verlaagd. Op de plusstrook op de A27 geldt tot op heden een snelheid van 70 km/uur in de spits. Uit metingen is evenwel gebleken dat een relatief groot deel van de weggebruikers deze snelheid overschrijdt, ondanks dat er vrij intensief wordt gecontroleerd. Kennelijk dwingt het ontwerp niet in voldoende mate de gewenste snelheid af, terwijl dat toch de basisgedachte van duurzaam veilig is.

#### **3.4.2 Ongevallen en smalle rijstroken**

De invloed van smalle rijstroken op de verkeersveiligheid is in verschillende studies onderzocht [lit 3]. De meeste studies laten in het algemeen een toename zien van het aantal ongevallen bij smallere rijstroken. Dit wordt veroorzaakt door een toename van het aantal kantstreepoverschrijdingen, kleinere laterale afstanden tussen voertuigen en een toename van risicovolle laterale hiaten bij passages van voertuigen. Hierbij moet worden aangetekend dat bij vrijwel alle onderzoeken het vergelijkende ongevallenstudies betrof

tussen lokaties met en zonder smalle rijstroken, maar waarbij het aantal rijstroken gelijk was. Hier ligt een belangrijk verschil met een situatie waarvan sprake is bij een flexibele rijbaanindeling. Immers er blijkt op grond van de onderzoeksresultaten een sterke interactie te bestaan tussen aantal ongevallen en verkeersintensiteit per rijstrook, of anders gezegd hoe hoger de strookbelasting hoe onveiliger.

Dit vindt zijn oorzaak in het feit dat met name op overbelaste wegvakken relatief veel ongevallen plaats vinden. Uit een analyse van ongevallen op de spitsstrook van de A28 bleek bijvoorbeeld na openstelling sprake te zijn van een daling van het aantal ongevallen met ca. 70%. Deze winst werd voornamelijk geboekt in een besparing van het aantal kop-staart aanrijdingen [lit 8]. Wanneer de overbelasting kan worden gereduceerd door het tijdelijk uitbreiden van de wegcapaciteit - zoals bij het concept van flexibele rijbaanindeling het geval is - kan een belangrijk deel van de ongevallen worden weggenomen. Door een lagere rijstrookbelasting bij gelijkblijvend verkeersaanbod zou per saldo een positief resultaat kunnen worden geboekt, ondanks het feit dat kleinere rijstroken in het algemeen als onveiliger aangemerkt worden dan bredere.

### 3.4.3 Overige veiligheidsaspecten

Behalve het ongevalsrisico als expositie maat voor onveiligheid, kan ook een indruk van de verkeersonveiligheid worden verkregen door afgeleide indicatoren uit het verkeersproces zelf. Belangrijke indicatoren daarbij zijn:

- Gemiddelde snelheid
- Standaard deviatie van de snelheid
- Fractie zeer korte volgtijden
- Time To Collision waarden
- Laterale positie

#### Snelheid

Uit diverse onderzoeken blijkt een correlatie tussen rijsnelheid en aantal ongevallen. Met name de ernst van de afloop van ongevallen wordt sterk beïnvloed door de rijsnelheid. Zo zou een snelheidsreductie van 5% leiden tot een daling van het aantal dodelijke slachtoffers met ca. 15% [lit 35]. Een verlaging van de snelheid zal dus vrijwel zeker een positief effect op de veiligheid hebben. Wel moet worden opgemerkt, dat de mate van naleving van de ingestelde snelheidslimiet sterk van invloed zal zijn op de mogelijke besparing aan (letsel)ongevallen. De ingestelde snelheidslimiet zal zoveel mogelijk in overeenstemming moeten zijn met de snelheidsbeleving die automobilisten op grond van het ontwerp als redelijk zien.

In het kader van het onderzoek "Basis Kwaliteit Autosnelwegen" is een experiment met een rijsimulator verricht op een aantal krappe dwarsprofielen [lit 39]. Proefpersonen dienden de linker strook te volgen en zo te rijden zoals ze dat gegeven de omstandigheden normaliter ook zouden doen. In tabel 2 zijn de resultaten van dit experiment weergegeven.

tabel 2  
effect van rijstrookbreedte op gemiddelde  
rijsnelheid in TNO-rijsimulator

Variant	rijstrookbreedte			limiet	V <sub>gem</sub>
	links*)	midden	rechts		
0 (ref)	3.50	3.50	3.50	120	123.33
1	3.00	3.00	3.35	90	94.01
2	3.00	3.35	3.35	90	99.55
3	2.50	2.50	3.10	70	77.95
4	2.50	3.10	3.10	70	83.19

\*) Proefpersonen bevonden zich op de linker rijstrook. Er was geen ander verkeer op deze strook. Wel op de naastliggende rijstroken.



De tabel laat zien dat de invloed van de rijstrookbreedte in samenhang met de snelheidslimiet duidelijk naar voren komt in de gemiddelde rijnsnelheid ( $V_{gem}$ ). Wat verder opvalt is de invloed van de breedte van de naastliggende (middelste) rijstrook op de gereden snelheid. Naarmate de middelste strook breder wordt neemt de snelheid op de linker strook toe.

Uit de evaluatieresultaten van de plusstrook op de A27 blijkt dat het dwarsprofiel niet volledig in staat is geweest om de gewenste rijnsnelheid van 70 km/uur af te dwingen [lit 2]. De gemiddelde snelheid op de smalle linker rijstrook bedroeg 75.6 km/uur (met een standaarddeviatie van 9.8 km/u, hetgeen redelijk overeenkomt met de snelheid van variant 3 die in de rijnsimulator is onderzocht. De rijstrookbreedte van de linker rijstrook was in beide gevallen 2.50 m. De middelste rijstrook op de A27 was wel breder, namelijk 3.00 m, maar daar stond tegenover dat op de A27 een snelheidshandhaving aanwezig was.

Op de linker rijstrook van een tijdelijke rijbaanindeling in het kader van werk in uitvoering op de A12 bij de Meern (linker rijstrook 2.50 meter met aangrenzende barrier) bleek de ingestelde snelheidslimiet van 90 km/uur bij hogere intensiteiten niet te worden bereikt. Kennelijk heeft daar het krappe dwarsprofiel een dominante invloed op de rijnsnelheid gehad en was de ingestelde limiet van 90 km/uur aan de hoge kant. De werkelijk gereden snelheid zal ook afhangen van de subjectieve pakkans bij overtreding van de ingestelde snelheidslimiet. De handavingsinspanning en de wijze waarop wordt gehandhaafd speelt daarbij een belangrijke rol.

#### **Standaard deviatie van de snelheid**

Minstens zo belangrijk als de snelheidslimiet is de spreiding van snelheden rond de gemiddelde snelheid. De homogeniteit van de verkeersstroom blijkt een belangrijke invloedsfactor te zijn. Het elimineren van grote snelheidsverschillen zowel tussen als binnen de rijstroken kan een positieve bijdrage aan de verkeersveiligheid leveren. Smalle rijstroken met een breedte kleiner dan 3.50 m laten een afname zien van de snelheidsvariatie [lit 3]. Praktijkmetingen op de plusstrook van de A27 bevestigen dit beeld [lit 2, 4].

#### **Volgtijden**

De invloed van een versmald dwarsprofiel tezamen met de ingestelde snelheidslimiet op de volgtijden is onderzocht in het kader van het onderzoek "Verkeerskenmerken versmald dwarsprofiel" [lit 2, 4].

Op de plusstrook van de A27 (linker rijstrook) is een afname van risicovolle volgtijden (fractie volgtijden < 1 sec) gevonden van gemiddeld 63%. Dit is ten koste gegaan van de situatie op de rechter rijstrook. Op deze strook is een verdubbeling van het aantal risicovolle volgtijden geconstateerd. In absolute zin echter is de winst op de linker rijstrook aanmerkelijk groter dan het verlies op de rechter strook.

In tabel 3 is een overzicht gegeven van kritische volgtijden per intensiteitsklasse per rijstrook. Het gaat daarbij zowel om een vergelijking tussen een min of meer normale driestrooks rijbaan (de A2 nabij Vinkeveen) alsook om de vergelijking tussen de situatie vóór en na openstelling van de plusstrook op de A27. Bij deze laatste vergelijking is gecorrigeerd voor het grotere aantal rijstroken in de nasituatie. Hierbij is de rijbaanbelasting in de nasituatie gecorrigeerd met een factor 1.5.



**Tabel 3**

Risicovolle volgtijden op een normaal en versmald dwarsprofiel  
(fractie volgtijden < 1 sec)

rijbaanintensiteit	A2 Vinkeveen			A27 plusstrook open		
	links	midden	rechts	links	midden	rechts
0 - 3600	29%	19%	5%	10%	18%	12%
3600 - 4500	37%	23%	6%	13%	21%	13%
4500 - 5400	43%	27%	7%	17%	23%	14%
A27 voorsituatie (2 stroken)						
rijbaanintensiteit	links	midden	rechts			
0 - 2400	28%	-	8%			
2400 - 3000	36%	-	9%			
3000 - 3600	42%	-	13%			

### Time-to-collision

Deze indicator voor veiligheid wordt berekend uit de combinatie van volgtijd en snelheidsverschil tussen twee opeenvolgende voertuigen. Naarmate de TTC kleiner wordt zal het risico toenemen. TTC-waarden kleiner dan 2.5 sec worden algemeen beschouwd als risicovol.

In het evaluatieonderzoek van de plusstrook A27 is - ten opzicht van een reguliere driestrooks rijbaan - een afname van kritische TTC-waarden gevonden op zowel de linker als rechter rijstrook. De middelste rijstrook vertoonde geen verandering [lit 2]. Dit zou een aanwijzing kunnen zijn voor een lichte verbetering van de verkeersveiligheid. Overigens was de afname niet in alle gevallen significant vanwege een geringe celvulling.

### Laterale positie

De laterale positie van voertuigen in de rijstroken en de standaard deviatie daarvan zegt iets over de veiligheid.

In paragraaf 3.2 zijn reeds enkele resultaten van het onderzoek met de rij simulator genoemd. Zoals verwacht nam de laterale positie af naarmate de rijstroken smaller werden. Ook de standaard deviatie van de laterale positie (de mate van slingeren binnen de rijstrook) nam af en bedroeg in de simulator op de smalle linker rijstrook (2.50 m) ongeveer 0.17 m; dit is ca. 30% lager dan bij een dwarsprofiel met normale rijstroken van 3.50 meter.

Uit praktijkmetingen op de plusstrook van de A27 blijkt de gemiddelde laterale positie van voertuigen in de smalle linker rijstrook van 2.50 meter op ongeveer 0.15 meter links van het hart van de rijstrook te liggen [lit 4, 5]. Dit komt bij een gangbare voertuigbreedte van een personenauto van 1.80 meter overeen met een afstand van de rechter zijde van het voertuig tot de deelstreep van ruim 0.40 m. In de in paragraaf 3.2 genoemde duurproef in de rij simulator bedroeg deze waarde ca 0.34 meter.

Bijzondere aandacht vraagt de interactie tussen breedte van de rijstroken, vluchtstrookbreedte en profiel van vrije ruimte. Uit video-waarnemingen is gebleken dat weggebruikers de neiging hebben om op een veilige maat vanaf een fysieke begrenzing van de verkeersruimte (rand verharding / barrier) te blijven [lit 4, 5]. Dit effect is met name waargenomen op de smalle linker strook van een werkvak op de A12 bij de Meern, waar bij een gelijke rijstrookbreedte als die op de plusstrook van de A27 de gemiddelde positie van voertuigen in de strook ongeveer 0.15 meter meer naar rechts lag dan op de plusstrook van de A27.

Een opvallend en zorgwekkend punt vormt het grote aantal kantstreepoverschrijdingen aan de vluchtstrookzijde op de plusstrook van de A27. Ruim 50% van de voertuigen in de rechter rijstrook overschreed hier de kantstreep, terwijl dat bij een normale autosnelweg ligt tussen de 0 en 5%. Op

---

het werkvak van de A12 bij de Meern bedroeg dit gemiddeld 8%. Kennelijk vindt er op de rijbaan van de A27 (plusstrook) een verschuiving van het verkeer naar rechts plaats, waarbij de vluchtstrook aan de rechter zijde door het verkeer voor een deel wordt 'meegenomen' in de verkeersruimte. Een en ander kan consequenties hebben voor de verkeersveiligheid indien er zich op de vluchtstrook een voertuig bevindt. Als kanttekening bij bovenstaande conclusie geldt wel dat de kantstreepoverschrijdingen uit het onderzoek alleen geanalyseerd zijn tijdens combinaties van twee of drie voertuigen naast elkaar en dat de kantstreepoverschrijdingen niet rechtstreeks zijn waargenomen, maar zijn afgeleid uit de laterale positie van het voertuig op de rechter strook, door de positie van het hart van het betreffende voertuig in de rijstrook te bepalen en deze vervolgens te vermeerderen met de halve standaardbreedte van het (ontwerp)voertuig. Dat neemt echter niet weg dat de uitkomsten dermate opmerkelijk zijn dat een nadere analyse noodzakelijk wordt geacht.



---

## 4 Wegbouwkundige aspecten

---

### 4.1 Inleiding

Bij een (praktijkproef met) flexibele rijbaanindeling zijn een aantal wegbouwkundige zaken van belang. Hieraan liggen zowel directe als indirecte factoren ten grondslag. De belasting van de verhardingsconstructie en met name die van de funderingsconstructie kan door de gewijzigde rijstrookindeling veranderen.

Door de verandering van de positie van voertuigen in het dwarsprofiel en met name in de rechter rijstrook (vrachtverkeer) zal de rijlijn en dus de belasting van de rechter wielen van vrachtauto's komen te liggen op een deel van de bestaande vluchtstrook. Deze moet daar qua draagkracht wel op zijn berekend. In het algemeen zal dit geen problemen opleveren. De verandering van rijlijnen zal ook leiden tot een gewijzigde belasting ten opzichte van langsnaeden in de wegconstructie. Bij kunstwerken kan de verschuiving van de rijlijn naar de buitenzijde leiden tot een asymmetrische belasting. Aanbevolen wordt om bij de selectie van een geschikte locatie voor een proef met flexibele rijbaanindeling een analyse te laten uitvoeren naar de wegbouwkundige en constructieve aspecten.

### 4.2 Wegconstructie

In het algemeen zou de toepassing van een flexibele rijbaanindeling geen problemen mogen opleveren met betrekking tot de verhardings- en funderingsconstructie van de rijbaan. Wel gaat de toepassing van flexibele rijbaanindeling gepaard met een wijziging van de plaats van de rijstroken in het dwarsprofiel. Hierdoor zullen de rijlijnen verschuiven en kunnen deze mogelijk in de directe nabijheid van langsnaeden in de verhardingsconstructie komen te liggen [lit 30]. Met name de eerste langsnaed in de onderlagen, rechts van de rechter kantstreep, is bij het berijden van een deel van de oude vluchtstrook in de spits problematisch. Bij het basisontwerp (figuur 2) zal de rechter kantstreep ongeveer 0.25 meter naar rechts opschuiven om ruimte te bieden voor het driestrooks profiel. Hierdoor zal de rijlijn van de rechter wielen van het vrachtverkeer dichtbij de langsnaed komen te liggen. Dit is in principe een ongewenste situatie. Bij dit laatste moet worden opgemerkt dat de kennis over veel verhardingstechnische verschijnselen nog sterk empirisch is en daarmee moeilijk te vertalen valt naar situaties waarmee nog geen ervaring is opgedaan. Dit neemt niet weg dat niet valt uit te sluiten dat deze situatie op de langere duur kan leiden tot intensivering van het onderhoud.

Bij smallere rijstroken zal de zogenaamde versporingsbreedte (afwijking t.o.v. de voertuigbaan) afnemen. Dit wordt bevestigd door metingen van de laterale positie van voertuigen op smalle rijstroken (zie 3.4.3). Hierdoor zal de spoorvorming toenemen [lit 22]. Ook een lagere snelheid werkt ongunstig op de spoorvorming. Volgens een voorzichtige schatting van de Dienst Weg en Waterbouwkunde geeft een versmalling van een rijstrook tot 3.00 meter bij een snelheidsverlaging tot 70 km/uur een relatieve toename van de spoorvorming van ongeveer 2 à 3%. Het is echter de vraag of het probleem wel zo groot is als hier wordt geschetst. Immers de belasting in de rijsporen wordt bij een

dynamisch gebruik van de rijbaan in de tijd over een grotere oppervlakte van de verharding verdeeld. Dit werkt nu juist weer gunstig uit op de spoorvorming. Nader onderzoek zal moeten uitwijzen wat het overall effect van toepassing van een flexibele rijbaanindeling op de spoorvorming zal zijn. Mogelijk dat ook voor dit aspect de maatregel gevolgen kan hebben voor het onderhoud.

Bij een afstand tussen hart rijspoor en rand verharding van 0.70 meter gaan randeffecten een rol spelen [lit 30]. Geadviseerd wordt deze afstand in geen geval kleiner dan 0.50 m te laten worden (ook niet tijdelijk). Hierbij mag worden uitgegaan van de beschikbare breedte aan de onderzijde van de asfaltverharding. Aangezien dit probleem zich hoofdzakelijk voordoet bij vrachtverkeer en de linker rijstrook in het concept van een flexibele rijbaanindeling voor brede voertuigen is gesloten, is dit aspect hier niet van belang.

Bij kunstwerken dient vooraf te worden nagegaan of de constructie geschikt is voor de optredende veranderingen in verkeersbelasting in het dwarsprofiel. Hiervoor wordt aanbevolen contact op te nemen met de Bouwdienst van Rijkswaterstaat.

Vooralsnog wordt er vanuit gegaan dat wegbouwkundige aspecten geen blokkade hoeven te vormen voor de uitvoering van een proef met flexibele rijbaanindeling. Empirisch onderzoek zal t.z.t. moeten uitwijzen in hoeverre er wellicht toch sprake is van wezenlijke problemen met betrekking tot de verhardingsconstructie. Ook in dat opzicht zal dus de nodige ervaring moeten worden opgedaan. Overigens is de Dienst Weg en Waterbouwkunde reeds betrokken bij het project en zal ook bij het vervolg betrokken blijven.

#### 4.3 Dynamische markering

Het instrument dynamische markering is op dit moment nog steeds in ontwikkeling. Na de proef met dynamische markering op de A15 is de industrie volop bezig met het zoeken naar verdere verbeteringen van dit instrument. Het prototype dat op de A15 is toegepast kende een aantal problemen voor wat betreft de mechanische sterkte. Dit werd met name veroorzaakt door de verschillen in materiaaleigenschappen van asfaltverharding en dynamische markering.

Inmiddels heeft Rijkswaterstaat functionele eisen opgesteld die er voor moeten zorgen dat een volgende generatie van dynamische markering de problemen van de A15 niet meer vertoont [lit 19]. De noodzaak van een minimale inbouwdiepte van dynamische markering in het wegdek kan zorgen voor problemen bij toepassing van dit middel op kunstwerken. In de eerder genoemde functionele eisen is een maximale inbouwdiepte genoemd met als kanttekening dat het positief is als de lichtlijn zo min mogelijk in de verhardingsconstructie behoeft te worden ingebouwd. De meest ideale vorm zou een lichtstreep zijn die op het wegdek wordt aangebracht. Hierbij moet dan wel weer aan de eis van voldoende hoogte boven het wegdek worden voldaan.

Alvorens een pilot met flexibele rijbaanindeling te starten wordt aanbevolen om een volgende generatie van dynamische markering eerst in een minder risicovolle situatie te testen. De directie Utrecht heeft het voornemen om een dergelijke test in het voorjaar van 2001 op de parallelbaan van de A12 uit te voeren. De aldaar opgedane ervaringen zullen van grote waarde zijn voor de vervolgstap naar een flexibele rijbaanindeling.

Op dit moment ligt er dus voor wat betreft dit aspect een zeker afbreukrisico in de tijd. De verwachting is echter dat de industrie, gezien het veelbelovende



---

concept van een dynamisch dwarsprofiel, veel effort zal steken in een goed en duurzaam functionerend systeem.

Tenslotte wordt nog gewezen op de problematiek van de langsnaden in de deklaag die normaliter onmiddellijk naast de markeringen worden gekozen [lit 30]. Voor dynamische markeringen die waarschijnlijk over grotere diepte in het asfalt moeten worden ingefreesd, lijkt het echter aantrekkelijker de langsnaden te laten samenvallen met de plaats van de in te frezen markering. In elk geval is het ongewenst de langснаad direct naast een in te frezen markering te kiezen. Een en ander is overigens ook vastgelegd in de functionele eisen van dynamische markering [lit 19].

---

## 5 Milieu aspecten

---

### 5.1 Inleiding

In het eindrapport "Milieueffecten van benuttingsmaatregelen" wordt ingegaan op de effecten die een tijdelijke capaciteitsuitbreiding heeft op het milieu [lit 16]. De belangrijkste conclusie is dat een capaciteitsuitbreiding in de vorm van benutting tezamen met snelheidsregulerende maatregelen duidelijk minder negatieve milieueffecten heeft dan een volwaardige traditionele uitbreiding van infrastructuur. Benutting leidt bovendien tot een kleiner ruimtebeslag, lagere CO<sub>2</sub>-emissies en een lagere geluidsemissie. Naast snelheid, intensiteit en aandeel vrachtverkeer speelt de ritdynamiek een belangrijke rol bij de beïnvloeding van de geluid- en luchtverontreinigende emissies. Een lagere ritdynamiek leidt tot lagere emissies. Uit de eerste resultaten van recent onderzoek, waarbij de effecten van ritdynamiek op de luchtkwaliteit worden onderzocht, blijkt de ritdynamiek een belangrijke factor te zijn voor de hoogte van de emissies en het brandstofverbruik.

Verkeersmaatregelen die toch al vanuit verkeersveiligheidsoverwegingen worden getroffen bij de maatregel flexibele rijbaanindeling (zoals een snelheidsverlaging) verlagen de ritdynamiek en zullen dus relatief gunstig uitpakken voor het milieu.

Lokale oplossingen kunnen in sommige gevallen wel leiden tot een toename van de problemen elders in het netwerk zo wees b.v. een studie uit in het gebied rond Arnhem.

Voor meer gedetailleerde informatie wordt verwezen naar bovengenoemd rapport.

### 5.2 Lucht

Een hogere snelheid leidt tot ca 80 km/uur tot een lagere emissie van CO<sub>2</sub>. Daarna neemt de CO<sub>2</sub>-emissie toe. Een toename van de spitsintensiteit leidt ook tot een toename van CO<sub>2</sub>. Echter een afname van de ritdynamiek leidt tot een vermindering van CO<sub>2</sub>. Bij een flexibele rijbaanindeling zal de gemiddelde snelheid in de spits niet veel hoger zijn dan bovengenoemde drempelwaarde. Bovendien mag worden verwacht dat de maatregel een sterk homogeniserende werking heeft op de verkeersstroom en dat de ritdynamiek t.o.v. de uitgangssituatie (met congestie) zal afnemen. Verwacht wordt dat (zeker over het etmaal gezien) de CO<sub>2</sub>-emissie per saldo licht zal afnemen.

De relatie tussen de snelheid en de emissie van NO<sub>x</sub> vertoont een ander beeld. Een hogere snelheid leidt hier ook bij lagere snelheden dan 80 km/uur al snel tot een toename van NO<sub>x</sub>-emissie. Dit kantelpunt wordt echter in belangrijke mate bepaald door het aandeel vrachtverkeer.

### 5.3 Geluid

De geluidsemissies bij toepassing van een flexibele rijbaanindeling zullen sterk afhankelijk zijn van de ingestelde snelheidslimiet. Bij 70 km/uur zal ondanks de hogere intensiteit in de spits toch sprake zijn van een licht positief effect. Bij een snelheid van 90 km/uur scoort de maatregel voor dit aspect min of meer neutraal



Door de verschuiving van de rijsporen naar buiten als gevolg van de gewijzigde rijbaanindeling zal de geluidsproducerende bron dichterbij eventuele geluidsgevoelige objecten komen te liggen. Bij spitsstroken speelt dit meer dan bij de onderhavige oplossing. Bij de oplossing met flexibele rijbaanindeling is echter ook in de nachtperiode sprake van een kleinere afstand tussen geluidsbron en -ontvanger. Een akoestisch onderzoek zal duidelijk moeten maken in hoeverre geluidwerende voorzieningen zullen moeten worden getroffen.

Het verdient aanbeveling om bij de voorbereiding van een pilot met flexibele rijbaanindeling en in het bijzonder bij de locatiekeuze rekening te houden met de geluidsaspecten. Immers het kan zijn dat er op een specifieke locatie bij het toepassen van de Wet Geluidhinder sprake is van een verslechterde geluidssituatie (meer dan 2dB(A) toename), omdat er in het verleden langs het traject een ten hoogste toelaatbare geluidsbelasting is vastgesteld waar thans of over 10 jaar niet meer aan wordt voldaan (zie ook paragraaf 7.2). Momenteel vindt overleg plaats tussen de ministeries van VROM en Verkeer en Waterstaat hoe hiermee moet worden omgegaan.

#### **5.4 Bodemkwaliteit**

Autoverkeer produceert milieubelastende stoffen (zware metalen, PAK's en minerale oliën) die voor een deel op het wegdek terecht komen en via afstromend regenwater de zogenaamde 'run-off' in de berm en het oppervlaktewater terecht komen. De kwaliteit van deze run-off wordt bepaald door het type verharding, de aanwezigheid van de vluchtstrook en de oppervlakte van het bereden deel van de verharding. Bij het concept van een flexibele rijbaanindeling blijft er een vluchtstrook aanwezig en zal er dus weinig of geen verschil zijn met een normale autosnelweg. Wel zijn de rijstroken in de spits smaller en zal er door het geringere beschikbare verharde oppervlak minder regenwater beschikbaar zijn om de verontreiniging op te nemen. De run-off zal dus meer verontreinigd zijn. Bij een gelijkblijvende Per saldo zal er een licht negatief effect zijn op de bodemkwaliteit.

#### **5.5 Natuur en Landschap**

De algemene natuur- en landschapskwaliteit kenmerkt zich in belangrijke mate door de aanwezigheid van vrije ruimte in de bermen en de afstand van de rijbaan tot natuurgevoelige gebieden. Bij een flexibele rijbaanindeling wordt geen aanslag gepleegd op de beschikbare bermbreedte en ook blijft de vluchtstrook als 'buffer' behouden. Er worden derhalve geen negatieve effecten op natuur en landschap verwacht. Het beperken van de snelheid (in de spits) heeft een licht positief effect.

#### **5.6 Ruimtegebruik**

Een flexibele rijbaanindeling vereist in vergelijking met een traditionele driestrooks rijbaan volgens ROA-ontwerpnormen minder ruimtegebruik. In die zin biedt een flexibele rijbaanindeling dus voordelen.

#### **5.7 Grondstoffengebruik**

Vanuit het grondstoffengebruik zijn aspecten van duurzaam bouwen relevant. Uitgangspunt hierbij vormt het Nationaal Pakket Duurzaam bouwen GWW. Dit nationale pakket wordt door RWS onderschreven en is bedoeld om het grondstoffengebruik op een verantwoorde wijze voor de bouw van

---

infrastructuur in te zetten [lit 28]. Daarbij zijn twee aspecten van belang, te weten energie en materialen. Het ligt voor de hand dat bij een flexibele rijbaanindeling door een omvangrijker (dynamisch) instrumentarium meer directe energie wordt gebruikt dan bij een traditionele autosnelweg. Daar staat tegenover dat bespaard wordt op energie die nodig is om de uitbreiding naar drie rijstroken te realiseren. In het huidige programma van eisen wordt slechts summier aandacht besteed aan dit onderwerp. Het verdient aanbeveling om bij de nadere uitwerking tot definitieve functionele eisen dit aspect meer aandacht te geven.

## 5.8 Externe veiligheid

De externe veiligheid wordt bepaald door de grootte van risico's die zijn verbonden aan transporten van gevaarlijke stoffen per atmosferische tankauto (b.v. benzine) of per druktankauto (b.v. LPG). Bij een ongeval bestaat bij dergelijke transporten de kans op het vrijkomen van de gevaarlijke lading met als gevolg een vuurbal, explosie of toxische wolk [lit 28].

De grootte van het externe risico is recht evenredig met de frequentie van ongevallen waarbij vrachtwagens zijn betrokken. De belangrijkste weg- en verkeerskenmerken die van invloed zijn op de ongevalskans zijn het verkeersaanbod, de snelheid en het profiel van vrije ruimte. Bekend is dat het ongevalsrisico bij hoge intensiteiten toeneemt en dat het aantal ongevallen sterk toeneemt bij een verkeersaanbod dat groter is dan de capaciteit. Bij laatstgenoemde omstandigheid vertaalt zich dat met name in een oververtegenwoordiging van het aandeel kop-staart ongevallen. Door de maatregel flexibele rijbaanindeling wordt de congestie opgelost of sterk verminderd. Dat heeft per definitie een positief effect op de externe veiligheid. De snelheid tijdens de spits wordt bij toepassing van een flexibele rijbaanindeling verlaagd. Dit heeft een positief effect. Bovendien wordt verwacht dat de maatregel ook een homogeniserende werking heeft waardoor grote snelheidsverschillen binnen rijstroken worden verminderd en de kans op ongevallen afneemt. De beperking van de vrije ruimte geeft daarentegen een grotere kans op onderlinge conflicten en daarmee op een toename van het aantal flankaanrijdingen.

Vooralsnog wordt er vanuit gegaan dat de grootte van het externe risico niet of nauwelijks zal verschillen ten opzichte van een reguliere driestrooks rijbaan.



---

## 6 Beheersaspecten

---

### 6.1 Inleiding

De inspanningen ten aanzien van beheer en onderhoud zullen bij toepassing van een flexibele rijbaanindeling groter zijn dan bij reguliere wegvakken van autosnelwegen. Dit wordt veroorzaakt door de noodzaak van een groter arsenaal aan verkeers(beheersings)systemen die een toename van frequentie en omvang van het onderhoud tot gevolg hebben. Anderzijds biedt een dynamische indeling ook voordelen. Zo is het mogelijk om bij bepaalde werkzaamheden op de rijbaan of vluchtstrook toch twee (smalle) rijstroken te behouden, hetgeen een verruiming geeft van de periode waarbinnen filevrij onderhoud kan worden gepleegd. Deze voordelen zullen zich met name voordoen bij kleinschalig onderhoud aan wegmeubilair en wegwantsystemen. Hierbij moet wel worden aangetekend dat de huidige generatie van dynamische markering (nog) niet volledig dynamisch in de ruimte is, maar op een vaste plaats in het dwarsprofiel wordt aangebracht. Dit beperkt de mogelijkheden van een volledig dynamische indeling ten behoeve van het onderhoud. Zo zal b.v. de breedte van de middelste rijstrook van het spitsprofiel moeten zijn afgestemd op de aanwezigheid van vrachtverkeer indien bij onderhoud op de vluchtstrook de rechter rijstrook uit veiligheidsoverwegingen niet kan worden opengesteld. Alhoewel smallere rijstroken op zich een toename van het wegonderhoud betekenen vanwege een geringere versporing, zal dit probleem bij een dynamisch dwarsprofiel minder ernstig zijn, doordat de wielbelasting van het vrachtverkeer in de tijd meer gespreid wordt over de rijbaan (in de spits een andere dwarspositie dan buiten de spits). Het verdient aanbeveling om de lokatie van pechhavens te combineren met de plaats van (onderhoudsgevoelige) wegwantsystemen, zodat vanaf deze pechhavens zonder veel verkeershinder onderhoud aan deze systemen kan worden verricht. Tenslotte verdient het aanbeveling om onderhoudswerkzaamheden goed te plannen en op elkaar af te stemmen, zodat verkeershinder tot een minimum wordt beperkt.

### 6.2 Handhaving

Een belangrijk aspect bij toepassing van een flexibele rijbaanindeling vormt de handhaving van de snelheid alsmede de breedtebeperking op de smalle rijstroken voor het weren van brede voertuigen. Het verdient sterk aanbeveling om hierover goede afspraken te maken met politie en Openbaar Ministerie. Daarbij zal tevens het ontwerp en de bijbehorende verkeersmaatregelen moeten worden betrokken opdat een goede naleving (en dus een minimale handhavingsspanning) is gewaarborgd. Alhoewel de naleving van de snelheid zoveel mogelijk door het ontwerp zelf moeten worden bewerkstelligd, zal dit vermoedelijk niet volledig lukken. Een adequate handhaving wordt dan ook gezien als voorwaarde voor een veilige verkeerssituatie in de spitsperiode. Bij voorkeur wordt hiervoor een elektronisch handhavingssysteem toegepast. Gezien de positieve resultaten van recente proeven met trajectcontrole wordt hieraan de voorkeur gegeven. Vooral nog wordt er vanuit gegaan dat er geen afwijkende snelheidslimiet wordt ingesteld buiten de spits, ondanks het feit dat de vluchtstrook geen standaard ROA-

breedte heeft. Zoals wordt aangegeven in paragraaf 7.3 zal de rode rand bij een uitvoeringsvariant waarbij de snelheidslimiet in de signaalgevers van de verkeerssignalering is opgenomen vrijwel zeker een harde voorwaarde zijn voor medewerking van politie en Openbaar Ministerie aan een proef met flexibele rijbaanindeling [lit 6].

Op dit moment zijn er in de praktijk nog geen elektronische systemen operationeel die een automatische handhaving van een breedtebeperking mogelijk maken. Technisch gezien zou een dergelijk systeem vermoedelijk wel op korte termijn op de markt moeten kunnen worden gebracht. De vraag is echter of een dergelijk systeem ook voldoende nauwkeurig is om juridisch gezien (qua bewijslast voor het OM) effectief te kunnen opereren. Zo niet dan zal een en ander al gauw leiden tot een overbelasting van het Openbaar Ministerie vanwege een te groot aantal bezwaarschriften van verbalisanten.

### 6.3 Incident Management

Incident management is het geheel van maatregelen dat erop is gericht het aantal incidenten te minimaliseren en de afhandelingsduur van incidenten zo kort mogelijk te houden. Als hoofddoel geldt hierbij het minimaliseren van voertuigverliesuren door files. Hiertoe worden tussen wegbeheerder, politie en hulpverleningsinstanties afspraken gemaakt, worden functie-eisen opgesteld en worden verschillende instrumenten ingezet. Genoemde afspraken en eisen liggen op het vlak van infrastructuur (ontwerp) techniek (systemen) en organisatie (convenanten). Een uitgebreid overzicht van deze eisen is te vinden in het rapport 'Incident Management Basiskwaliteit Autosnelwegen' [lit 31].

Voor incident management blijkt bij de beoordeling van een dynamisch dwarsprofiel de aanwezigheid van een vluchtstrook essentieel. De vluchtstrook biedt een functie voor voertuigen met pech en dient als aanrijroute voor hulpverleningsvoertuigen bij een ongeval. Bij het basisontwerp van een flexibele rijbaanindeling is één van de uitgangspunten dat de vluchtstrook behouden blijft. In die zin lijken er dus geen aanvullende maatregelen op het gebied van incident management noodzakelijk te zijn. Om ruimte te creëren voor de drie versmalde rijstroken in de spits zal de vluchtstrook bij een verhardingsbreedte van 11.50 meter moeten worden versmald tot 2.75 meter. (zie paragraaf 2.2.3. en figuur 2). Deze breedte wordt nog juist voldoende geacht voor het met aangepaste snelheid berijden van deze strook door hulpverleningsvoertuigen, maar is feitelijk geen volwaardige vluchtstrook. Om die reden wordt dan ook aanbevolen om de 500 à 1000 meter pechhavens te realiseren door plaatselijk de vluchtstrook te verbreden tot ca. 4.00 meter, zodat gestrande voertuigen zich daar veilig buiten de verkeersstroom kunnen opstellen. Deze pechhavens dienen bij voorkeur te worden voorzien van een praatpaal.

Behalve de aanwezigheid van een vluchtstrook en pechhavens zijn er ook nog andere factoren binnen het concept 'flexibele rijbaanindeling' die van invloed zijn op (de afhandeling van) incidenten. Zo geven smallere rijstroken en een smallere vluchtstrook in beginsel een grotere kans op incidenten. Daar staat tegenover dat door het elimineren van (structurele) congestie de kans op incidenten als gevolg van kop-staart aanrijdingen afneemt. Bovendien zal door de snelheidsverlaging de ernst van ongevallen afnemen hetgeen weer een positieve invloed heeft op de afhandelingsduur van dergelijke incidenten. Hoe een en ander per saldo uitwerkt is nog onzeker, maar aan de belangrijkste voorwaarde voor een adequaat incident management wordt voldaan, namelijk de aanwezigheid van een vluchtstrook. In het eerder genoemde onderzoek 'Incident Management Basiskwaliteit Autosnelwegen' zijn verschillende



dwarsprofielen onderzocht op het aspect Incident Management. Hierbij zat ook een variant die voor wat betreft het dwarsprofiel vrijwel overeen kwam met het dwarsprofiel (in de spits) van een flexibele rijbaanindeling. Op grond van de bevindingen uit genoemd rapport kan worden geconcludeerd dat een flexibele rijbaanindeling uit een oogpunt van Incident Management een acceptabele oplossing is. Voor een nadere toelichting wordt verwezen bovengenoemde studie [lit 31].

#### **6.4 Wegonderhoud**

Binnen dit project wordt onder wegonderhoud verstaan alle werkzaamheden die nodig zijn om de functie van de weg blijvend in stand te houden. De belangrijkste activiteiten zijn daarbij

- Inspectiewerkzaamheden
- Bermonderhoud en onderhoud aan wegkantsystemen
- Onderhoud aan de dynamische markering
- Kleinschalig onderhoud aan de verharding (reparatiewerkzaamheden)
- Groot onderhoud (rijbaanbrede overlaging)
- Gladheidsbestrijding

##### **6.4.1 Inspectiewerkzaamheden**

Het dwarsprofiel bij een flexibele rijbaanindeling zal voor wat betreft inspectiewerkzaamheden geen grote consequenties hebben ten opzichte van een reguliere autosnelweg. De vluchtstrook blijft beschikbaar zij het dat deze smaller is dan bij een reguliere twee-strooks autosnelweg.

##### **6.4.2 Onderhoud aan bermen en wegkantsystemen**

Bij deze vorm van onderhoud zullen aan de betreffende rijbaanzijde (links of rechts) minimaal twee stroken moeten worden afgezet. Bij onderhoud in de (rechter) zijberm zullen veelal onderhoudsvoertuigen op de vluchtstrook aanwezig zijn en dient daarvoor de rechter rijstrook te worden afgezet. Wanneer dit buiten de spitsperiode wordt gedaan, zal er geen verschil zijn met het normale tweestrooks dwarsprofiel van een autosnelweg. De dynamiek van een flexibele rijbaanindeling biedt echter meer mogelijkheden om werkzaamheden in de berm uit voeren en daarbij twee rijstroken (zij het versmald) in stand te houden. Door het 'spitsprofiel' in te schakelen en de rechter rijstrook af te kruisen, kan het verkeer op de middelste en linker rijstrook tijdens de werkzaamheden met aangepaste snelheid worden afgewikkeld. Dit geeft de wegbeheerder de mogelijkheid deze werkzaamheden in kritische tijdsmomenten voor wat betreft de verkeersbelasting toch uit te voeren. Hierbij wordt als voorwaarde gesteld dat de middelste rijstrook een minimale breedte krijgt van 2,85 m zodat vrachtverkeer tijdens de onderhoudswerkzaamheden nog redelijk veilig kan worden afgewikkeld. Dit betekent dat de benodigde verhardingsbreedte van 11,50 meter (paragraaf 2.2.3. figuur 1) moet worden vergroot tot minimaal 11,65 meter. Indien dat niet mogelijk is, zal moeten worden geaccepteerd dat bermonderhoud alleen nog in de 'stille uren' mogelijk is of dat de afzetting ca. 0,50 m meer naar rechts wordt geplaatst waardoor het vrachtverkeer met de linker wielen enigszins binnen de eigen rijstrook kan blijven.

Het verdient aanbeveling om de pechhavens (plaatselijke verbreding van de vluchtstrook) zoveel mogelijk te combineren met aanwezige verkeerssignaleringsportalen zodat onderhoud gemakkelijk en zonder veel verkeershinder kan worden uitgevoerd.

#### 6.4.3 Onderhoud aan dynamische markering

In de functionele eisen van dynamische markering wordt gesteld dat er slechts één maal per jaar groot onderhoud aan de markering mag worden gepleegd. De aard van dergelijk onderhoud ligt in het vervangen van bepaalde componenten van het systeem. Daarnaast dient periodiek kleinschalig onderhoud plaats te vinden door het schoonhouden van (de lenzen van) de dynamische markering. De praktijkproef zal moeten uitwijzen of en in welke mate dynamische markering extra onderhoud vergt. Zeker is wel dat vervanging van (delen van) dit type markering relatief veel tijd vraagt en bovendien een afzetting van minimaal twee rijstroken vergt.

#### 6.4.4 Kleinschalig onderhoud aan de verharding

Zoals is gesteld in paragraaf 4.2 wordt aangenomen dat het concept flexibele rijbaanindeling geen ingrijpende consequenties zal hebben voor het onderhoud van de deklagen. De negatieve gevolgen van een kleinere versporingsbreedte (grotere rijspoordiepte) wordt gecompenseerd door het dynamische gebruik van het dwarsprofiel in de tijd waardoor een langdurige kritische belasting uitblijft en rafeling, spoorvorming en polijsting over de verharding worden gespreid [lit 22]. Dit geldt met name voor het rijspoor van vrachtauto's in de rechter rijstrook. Uitgaande van een min of meer normale verdeling van het vrachtverkeer over het etmaal zal iets meer dan de helft van de etmaalintensiteit van het vrachtverkeer zich in de spits afwickelen. Lokale omstandigheden kunnen tot een enigszins andere verdeling leiden.

Een bijzonder aandachtspunt vormt de aanwezigheid van langsnaden in de verhardingsconstructie [lit 30]. Bij een flexibele rijbaanindeling is de plaats van de langsnaden een punt van aandacht. Met name de eerste langснаad in de onderlagen, rechts van de rechter kantstreep, kan bij dit concept kritisch worden. Doordat het rijspoor in de rechter rijstrook meer naar rechts komt te liggen - afhankelijk van de aanwezige rijbaanindeling - tussen de 0,25 en 0,75 meter - bestaat de kans dat het rijspoor op of vlakbij een langснаad in de verharding komt te liggen. Voor dynamische markeringen die over grotere diepte in het asfalt moeten worden ingefreesd, lijkt het aantrekkelijker de langsnaden te laten samenvallen met de plaats van de in te frezen markering; in elk geval is het ongewenst de langснаad direct naast een in te frezen markering te kiezen.

#### 6.4.5 Groot onderhoud

Een rijbaanbrede overlaging van het wegdek zal op een wegvak met flexibele rijbaanindeling lagere kosten met zich meebrengen dan bij een reguliere driestrooks rijbaan. De besparing op deze onderhoudskosten is evenwel niet evenredig met de afname van de verhardingsbreedte. Het beschikbare materieel voor de asfalteringswerkzaamheden (breedte van de asfaltmachines) en het personeel bepalen mede de omvang van de kostenbesparing. Een voorlopige inschatting van deze kostenbesparing valt af te leiden uit het rapport "Beheer en onderhoud op smalle rijstroken van autosnelwegen" in het kader van het project 'Basiskwaliteit Autosnelwegen' [lit 30]. Een vergelijkbaar dwarsprofiel als bij flexibele rijbaanindeling geeft een globale kostenbesparing te zien van ca. 25% ten opzichte van een reguliere driestrooks rijbaan.

Groot onderhoud in de vorm van een volledige overlaging van de rijbaan heeft tot gevolg dat de dynamische markering uit het oude wegdek moet worden verwijderd. Dit heeft ingrijpende consequenties zowel in tijd als in kosten. Daarbij is het de vraag of de oude dynamische markering zonder schade in de nieuwe deklaag kan worden aangebracht. Op dit moment is daar nog geen duidelijkheid over te geven.



---

De mogelijkheid om bij groot onderhoud de gehele rijbaan af te sluiten en het verkeer met behulp van een contra-flow systeem op de andere rijbaan af te wikkelen is in vergelijking met een reguliere driestrooks rijbaan volgens ROA-profiel beperkt. Immers de beschikbare breedte voor een contra-flow systeem bij een flexibele rijbaanindeling maakt het gezien de (veel) kleinere verhardingsbreedte dan bij een ROA-driestrooks profiel niet mogelijk om meer dan vier rijstroken (4-0 systeem) te realiseren. Dit betekent dat niet voldaan kan worden aan het uitgangspunt van filevrij wegonderhoud.

Tenslotte wordt nog aandacht gevraagd voor de problematiek van het vervangen van voegovergangen bij kunstwerken. De bitumineuze rubbers welke de afgelopen jaren worden toegepast zijn gevoelig voor niet versporend verkeer (lees smalle rijstroken). Ervaring van wegbeheerders leert dat de levensduur halveert in het geval van weinig versporing. In hoeverre dit negatieve aspect wordt gecompenseerd door de dynamiek in het dwarsprofiel (verschillende rijsporen over de dag) is moeilijk te voorspellen. Hiervoor is nader onderzoek noodzakelijk.

Voor een meer uitgebreide beschouwing over de onderhoudsaspecten bij versmalde rijstroken wordt verwezen naar de eerder genoemde studies inzake beheer en onderhoud en verhardingstechnische aspecten in het kader van het project "Basiskwaliteit Autosnelwegen" [lit 30].

---

## 7 Juridische aspecten

---

### 7.1 Inleiding

Een flexibele rijbaanindeling heeft juridische consequenties. Deze liggen in eerste instantie op het terrein van wetgeving, maar ook (inter)nationale afspraken kunnen invloed hebben op de vorm waarin en de wijze waarop de maatregel wordt gerealiseerd [lit 9, 32].

Voor wat betreft voorgeschreven procedures zal de wegbeheerder zich moeten houden aan de regelgeving die daarvoor in diverse wetten is verankerd. De belangrijkste daarvan zijn de Tracéwet (in combinatie met de Milieu-effectrapportage), de Wet beheer Rijkswaterstaatwerken (Wbr), de Wet geluidhinder (Wgh) en de Wet op de Ruimtelijke Ordening (Wro). Het ontwerp en de inrichting van de infrastructuur is gebonden aan wetgeving in het kader van de Wegenverkeerswet (WVW). Een aantal hoofdlijnen uit deze wet is uitgewerkt in een Algemene Maatregel van Bestuur met als belangrijkste het Reglement Verkeersregels en Verkeerstekens (RVV 1990) en het Besluit Administratieve Bepalingen inzake het Wegverkeer (BABW).

Tenslotte heeft de wegbeheerder een verantwoordelijkheid jegens weggebruikers waar het gaat om een veilige afwikkeling van het verkeer op haar wegen. Rijkswaterstaat is als wegbeheerder derhalve verplicht de weg te laten voldoen aan de eisen die men gegeven de omstandigheden hieraan mag stellen. Als kader dient hiervoor het Burgerlijk Wetboek. Zeker daar waar een nieuw instrument als b.v. dynamische markering wordt toegepast, zal de aansprakelijkheid door de wegbeheerder goed moeten zijn afgedekt. Dit is het geval wanneer de wegbeheerder zich terdege op een eventuele pilot heeft voorbereid, alle mogelijke risico's in kaart heeft gebracht en de noodzakelijke maatregelen heeft genomen om deze risico's tot een minimum te beperken. De rechter zal daarbij zoveel mogelijk gebruik maken van bestaande richtlijnen, zoals ROA, de houding en mening van (maatschappelijke) organisaties en ook het aspect handhaving in ogenschouw nemen.

### 7.2 Bestuurlijk-Juridische zaken

#### Milieu-effectrapportage

In artikel 7.2 van de Wet milieubeheer is de zogenaamde onvoorwaardelijke m.e.r.-plicht geregeld. Met name onderdeel C (bijzondere bepalingen) van genoemd artikel is voor de realisering van flexibele rijbaanindeling interessant. In 1998 is het ontwerpbesluit "wijziging Besluit milieu-effect rapportage 1994" gepubliceerd. Aanleiding hiervoor vormde een richtlijn van de Raad van de Europese Gemeenschappen van 3 maart 1997 waarin een wijziging betreffende de milieu-effectbeoordeling van bepaalde openbare en particuliere projecten werd voorgesteld. Een en ander heeft uiteindelijk geleid tot een nieuw Besluit m.e.r. dat begin 1999 in werking is gesteld. In het aangepaste onderdeel C worden twee gevallen expliciet genoemd waarbij in het kader van reconstructie, uitbreiding of verandering anderszins een milieu-effectrapportage verplicht is. Deze zijn:

- De verbreding van een weg met één of meer rijstroken en het te verbreden weggedeelte twee knooppunten of aansluitingen met elkaar verbindt.
- De ombouw van een weg tot autosnelweg



Niet onbelangrijk is de 'automatische' koppeling van m.e.r.-plicht en tracéwet. Dit betekent dat wanneer een maatregel m.e.r.-plichtig is dan ook automatisch een tracéwet-procedure moet volgen inclusief de daarbij behorende (meestal langdurige) termijnen.

Op grond van het hierboven genoemde eerste geval is er een discussie ontstaan m.b.t. de definitie van het begrip "verbreding". Uiteindelijk is na uitvoerig juridisch beraad binnen Verkeer en Waterstaat hieraan de definitie van "fysieke verbreding" gegeven.

Ter beantwoording van de vraag of een milieu-effect rapportage moet worden opgesteld bij de realisering van een flexibele rijbaanindeling zijn dus de volgende twee vragen relevant.

1. Is er sprake van een fysieke verbreding van de weg, met andere woorden komt er asfalt bij? **en**
2. Verbindt het verbrede weggedeelte twee knooppunten of aansluitingen met elkaar?

Bovenstaande houdt in dat wanneer een rijbaan waar de maatregel 'flexibele rijbaanindeling' wordt toegepast hiervoor niet hoeft te worden verbreed, er geen verplichting ligt tot het opstellen van een milieu-effectrapportage en de daaraan gekoppelde tracéwet-procedure niet hoeft te worden doorlopen.

#### **Wet beheer rijkswaterstaatwerken (Wbr)**

Wanneer geen milieu-effectrapportage nodig is betekent dat nog niet dat er geen inzicht moet worden gegeven in de gevolgen voor het milieu. Ook bij het opstellen voor een plan voor flexibele rijbaanindeling zullen de milieugevolgen in kaart moeten worden gebracht. Dit gebeurt in een vergunning *ex Wet beheer rijkswaterstaatwerken*.

Deze vergunning wordt in dit bijzondere geval aangevraagd door de eigen dienst van Rijkswaterstaat waar de maatregel wordt ingesteld en verleend door het bevoegd gezag in Den Haag. In deze vergunning dient een omschrijving te zijn opgenomen van de voorgenomen maatregel en een inventarisatie van de (verwachte) milieu-effecten.

Op dit moment wordt door AVV gewerkt aan het project "Checklist milieueffecten van benuttingsmaatregelen" met als doel een blauwdruk voor een milieutoets van benuttingsmaatregelen.

#### **Wet geluidhinder (Wgh)**

De Wet geluidhinder is van toepassing op benuttingsmaatregelen en geldt daarmee ook voor een maatregel als flexibele rijbaanindeling. Hiertoe moet tenminste een standaard akoestisch onderzoek worden uitgevoerd. Een (meer uitgebreid) akoestisch onderzoek is noodzakelijk wanneer sprake is van een reconstructie. Dit is het geval wanneer aangrenzende woningen of andere geluidgevoelige gebouwen een verhoging van de geluidsbelasting ondervinden van 2dB (A) of meer. Hierbij is opvulling tot 50dB (A) zonder meer toegestaan.

Of bij een flexibele rijbaanindeling sprake is van een reconstructie in de zin van de wet geluidhinder is mede afhankelijk van de bestaande situatie waar de maatregel wordt uitgevoerd en van de vraag en of er sprake is van in het verleden reeds vastgestelde waarden voor het geluid. Het is strek aan te bevelen om dit aspect bij de uiteindelijke locatiekeuze mee te laten wegen.

#### **Wet op de ruimtelijke ordening (Wro)**

Wanneer er vanuit wordt gegaan dat voor de maatregel flexibele rijbaanindeling geen verbreding van de weg noodzakelijk is, zal de strook "verkeersdoeleinden" in een bestemmingsplan zich niet wijzigen. Een

uitzondering daarop vormt de situatie waarbij het bestaande aantal rijstroken exact in het bestemmingsplan is vastgelegd. In dat geval zal een artikel 19 procedure moeten worden doorlopen.

### 7.3 Wegenverkeerswet (WVW)

Om een flexibele rijbaanindeling te realiseren zijn een aantal aanvullende maatregelen nodig. Deze maatregelen betreffen zowel de bebording als de signalering en de markering. Voor een gedetailleerde beschrijving van deze maatregelen wordt verwezen naar paragraaf 2.2.

Hier wordt volstaan met een opsomming van die maatregelen die raakvlakken hebben met de wegenverkeerswet (RVV of BABW).

#### Snelheidslimiet

In artikel 21 van het RVV is de maximum snelheid voor op autosnelwegen vastgesteld op 120 km/uur. Binnen de krachtens het BABW aangegeven grenzen kunnen door middel van borden (RVV A1) wel afwijkende maxima worden vastgesteld. De wegbeheerder is hiertoe bevoegd om redenen van veiligheid en/of milieu. Dit kunnen in beginsel evenwel geen andere snelheden zijn dan 100 km/uur, aldus de uitvoeringsvoorschriften BABW. Uitzonderingen daarop zijn tijdelijke situaties zoals b.v. wegwerkzaamheden en opdooi. Hiervoor is dan geen verkeersbesluit nodig. In het basisontwerp is uit een oogpunt van verkeersveiligheid een verlaging van de maximum snelheid tot 90 of 70 km/uur voorgesteld. Deze snelheidsverlaging zou derhalve binnen de huidige regelgeving (uitvoeringsvoorschriften BABW) niet zonder meer mogelijk, tenzij men de maatregel interpreteert als zijnde een tijdelijke situatie. Vooralsnog wordt er vanuit gegaan dat een flexibele rijbaanindeling als een tijdelijke maatregel kan worden beschouwd en dat geen wijziging van het BABW nodig is.

#### Matrixborden met rode rand

Wanneer wordt gekozen voor de inrichtingsvariant waarbij gebruik wordt gemaakt van vrij-programmeerbare flexibele panelen boven de rijbaan, dan wordt zoals gezegd de voorkeur gegeven aan een snelheidsaanduiding op losse wisselborden in de berm. De rijstrook-gebonden informatie (strook-aanduiding en breedtebeperking) komt dan op het paneel boven de rijbaan. Wanneer echter uit kostenoverwegingen wordt gekozen voor een snelheid in de bestaande signaalgevers, dan is het tonen van de rode rand op de signaalgevers een voorwaarde. Deze voorwaarde vloeit zowel voort uit de (nog te ratificeren) Conventie van Wenen alsook uit de nadrukkelijke wens van het Openbaar Ministerie inzake de handhaving van de maximum snelheid. In het kader van het opstellen van een blauwdruk voor een proef met dynamische snelheidsverlaging hebben vertegenwoordigers van dit ministerie namelijk de eis gesteld dat deelname aan een dergelijke proef vanuit een adequate (electronische) handhaving alleen aan de orde kan zijn wanneer een rode rand op de matrix-signaalgevers kan worden getoond. Reden hiervoor is dat een groot deel van de weggebruikers de huidige snelheden op de matrix-signaalgevers niet beschouwd als maximum snelheden maar als een adviessnelheid [16].

Opname van de rode rand in de signaalbeelden vereist wel een aanpassing van het RVV, waarbij het onderscheid tussen advies- en maximum snelheden wederom wordt ingevoerd. De huidige snelheidsbeelden ten behoeve van de AID-functie in de verkeerssignalering (filewaarschuwing) zullen dan de status van een adviessnelheid krijgen.

Een dergelijke RVV-wijziging zal een doorlooptijd van ca. 9 maanden vergen. Indien de betreffende regionale directie van Rijkswaterstaat de proef



met een flexibele rijbaanindeling op een kortere termijn wil houden, dan zal zij de voordelen van een dergelijke proef moeten afwegen tegen de nadelen van een eventuele precedentwerking die het gevolg is van inconsistent gebruik van snelheidsaanduidingen in de verkeerssignalering op de rest van het wegennet.

#### **Breedtebeperking**

Artikel 6 van het RVV geeft de wegbeheerder de mogelijkheid om zich deels te onttrekken aan de verplichting om alle verkeer op zijn weg toe te laten. Het weren van brede voertuigen op rijstroken die daarvoor te smal zijn kan worden geregeld met bord C18 al of niet in combinatie met bord L11. Hiervoor is wel een verkeersbesluit nodig.

#### **Breedte van de rijstroken**

In principe bestaan er internationale afspraken die uitgaan van een minimum breedte van 3.50 m voor rijstroken op wegen die behoren tot het Europese hoofdwegennet. Deze zijn vastgelegd in de zogenaamde TERN-richtlijn. Deze afspraak is gemaakt om een zekere kwaliteit van de verbinding te garanderen. Wanneer de beoogde kwaliteit op een andere wijze - b.v. met flexibele rijbaanindeling - kan worden gerealiseerd en de wegbeheerder dat vergezeld laat gaan van een uitgebreid pakket van aanvullende veiligheidsmaatregelen, dan is er naar de mening van juristen bij het Hoofdkantoor geen risico.

#### **Breedte van de vluchtstrook**

Hiervoor zijn geen wettelijke belemmeringen. In de wegenverkeerswet is geen verplichting van een vluchtstrook nog van pechhavens opgenomen. Ook in internationale afspraken en in de ROA-richtlijnen is deze verplichting niet opgenomen.

### **7.4 Aansprakelijkheid**

De aansprakelijkheid van de wegbeheerder doet zich voor ten aanzien van een tweetal aspecten namelijk de aansprakelijkheid jegens de weggebruiker en de aansprakelijkheid ten aanzien van het eigen (onderhouds)personeel (en indirect dat van de aannemer).

Zoals hiervoor besproken heeft het concept van flexibele rijbaanindeling op zich zuiver juridisch gezien niet al te grote consequenties. Het aanpassen van het wegontwerp en de specifieke inrichting en uitrusting heeft echter wel gevolgen voor de algehele veiligheid. Het Burgerlijk wetboek geeft in artikel 6:174 de risicoaansprakelijkheid voor de wegbeheerder. Rijkswaterstaat is als wegbeheerder verplicht de weg te laten voldoen aan de eisen die men gegeven de omstandigheden hieraan mag stellen. Voorwaarden voor aansprakelijkheid zijn, dat is gehandeld in strijd met de zorgvuldigheidsnorm, dat de onrechtmatige daad aan de schuld van de Staat te wijten is of op andere gronden aan de Staat kan worden toegerekend en dat er een causaal verband bestaat tussen de onrechtmatige daad en de geleden schade.

Toepassing van flexibele rijbaanindeling waarbij sprake is van smallere rijstroken en een versmalde vluchtstrook hoeft op zich nog niet te leiden tot een vermindering van de veiligheid voor weggebruikers. Door het treffen van compenserende verkeersmaatregelen, zoals bijvoorbeeld het verlagen van de maximum snelheid en het weren van risicovolle voertuigen op de smalste rijstroken, kan de veiligheid voor weggebruikers tot een aanvaardbaar niveau worden teruggebracht. Hierdoor wordt de aansprakelijkheid voor de wegbeheerder in principe weggenomen.

---

De vraag wanneer een situatie ontstaat waarbij de wegbeheerder niet meer voldoet aan zijn verplichting te voorzien in een veilige weg, is gezien het karakter van het artikel in het Burgerlijk Wetboek en de samenhang tussen de verschillende ontwerp- en inrichtingsaspecten niet eenduidig te beantwoorden. Het uiteindelijke oordeel in deze ligt bij de rechter.

In verband met de eerder genoemde zorgvuldigheid is het van groot belang dat er (uitvoerings)voorschriften komen voor het instellen van een flexibele rijbaanindeling. Afhankelijk van de status en kwaliteit van deze voorschriften zal achteraf door de rechter worden beoordeeld in hoeverre de staat zich onzorgvuldig heeft gedragen, indien zich een ongeval heeft voorgedaan en twijfel ontstaat of er wel volgens de voorschriften is gehandeld.

De aansprakelijkheid ten aanzien van veilige werkomstandigheden voor het eigen personeel en dat van de aannemer ligt verankerd in de Arbowet. Artikel 3 van deze wet bevat een nadere uitwerking van deze verplichting. Het is verder van belang dat indien er systemen worden ingezet en dit consequenties heeft voor de veiligheid, gezondheid en welzijn van werknemers er duidelijke afspraken met opdrachtnemers (zoals bijvoorbeeld de aannemer en de ANWB) worden gemaakt, die als doel hebben zoveel mogelijk tegemoet te komen aan de bepalingen van de Arbowet. In elk geval moet worden vastgesteld op welke plaatsen veilig hulp kan worden verleend. Verder is het zaak dat er voor alle betrokken partijen duidelijke voorschriften in de vorm van draaiboeken beschikbaar zijn op grond waarvan gehandeld moet worden.

Voor meer gedetailleerde informatie over dit onderwerp wordt verwezen naar het deelrapport "Haalbaarheid Pilot Flexibele Rijbaanindeling" [lit 9] en het rapport "Juridische consequenties Basis Kwaliteit Autosnelwegen" [lit 32].



---

## 8 Locatie aspecten

---

### 8.1 Inleiding

Alhoewel het concept van een flexibele rijbaanindeling in algemene zin tot de beschreven effecten leidt, zal voor het realiseren van een proef toch moeten worden voldaan aan bepaalde voorwaarden voor wat betreft een geschikte lokatie. Bij de locatiekeuze spelen de volgende factoren een rol:

- Verkeerskenmerken
  - Intensiteit en samenstelling van het verkeer
  - Herkomst en bestemmingsrelaties
- Wegkenmerken
  - De verhardingsbreedte
  - Het alignement
  - Knooppunten en aansluitingen
- Overige voorzieningen
  - Verkeerssignalering
  - Bewegwijzering
  - Incident management

De lengte van het wegvak waarover flexibele rijbaanindeling wordt toegepast, wordt in eerste instantie bepaald door de herkomst- en bestemmingsrelaties binnen het (deel)netwerk. Toch lijkt het verstandig om voor een pilot te kiezen voor een beperkte trajectlengte. Dit om twee redenen.

Ten eerste zullen de kosten voor een dergelijke praktijkproef hoog zijn en kunnen bij een lang traject behoorlijk oplopen zeker wanneer er in het traject meerdere aansluitingen moeten worden gepasseerd.

Ten tweede zijn er duidelijke aanwijzingen dat een profiel met (zeer) smalle rijstroken over een grote lengte een aanzienlijke verzwaring van de rijtaak met zich mee brengt [lit 3, 20, 37, 39]. Het lijkt niet verstandig om deze veiligheidsrisico's op voorhand in een praktijkproef mee te nemen.

De voorkeur gaat uit naar een lokatie waar bij de deelnemende instanties voldoende draagvlak bestaat voor een dergelijke proef. De betrokken partijen dienen zich vooraf te committeren aan de proef. Dit geldt in het bijzonder voor de wegbeheerder (dienstkring en verkeerscentrale), de politie, het openbaar ministerie alsmede de hulpverleningsdiensten (ANWB, bergers, brandweer, ambulance). De juridische randvoorwaarden voor het houden van een proef met flexibele rijbaanindeling zijn hard. Zonder een goed doordacht juridisch kader zal de proef niet slagen omdat de handhaving een essentieel onderdeel van de proef uitmaakt.

### 8.2 Verkeerskenmerken

Het verdient aanbeveling om de proef te houden op een wegvak waar sprake is van structurele congestie van enige omvang zodat de effecten ook duidelijk 'zichtbaar' worden voor de weggebruiker. Vooraf dient goed in beeld te worden gebracht of er door de tijdelijke capaciteitsuitbreiding in de spits stroomafwaarts geen nieuw, en mogelijk groter afwikkelingsprobleem ontstaat.

Er zal stroomafwaarts van het proefvak - daar waar het dynamisch dwarsprofiel wordt beëindigd - voldoende restcapaciteit aanwezig moeten zijn om het doorgaande verkeer vlot af te wikkelen. Een locatie waar sprake is van relatief veel invoegend verkeer en waar stroomafwaarts ook veel verkeer weer de autosnelweg verlaat lijkt in beginsel een geschikt wegvak.

Gestreefd wordt naar een locatie met een niet al te groot aandeel vrachtverkeer, anders bestaat de kans dat de rechter rijstrook overbelast raakt als gevolg van de breedtebeperking op de middelste rijstrook. Een aandeel van maximaal 20% vrachtverkeer in de spits lijkt een goed uitgangspunt. Aanbevolen wordt om bij de selectie van potentiële trajecten voor een proef met flexibele rijbaanindeling een analyse van het verkeersproces uit te voeren binnen dat deel van het netwerk waarvan door de maatregel uitstralingseffecten worden verwacht. In eerste instantie kan een goed beeld worden verkregen op basis van MARE-data uit het verkeerssignaleringssysteem. Bij twijfel kan zo nodig een aanvullende modelstudie worden uitgevoerd.

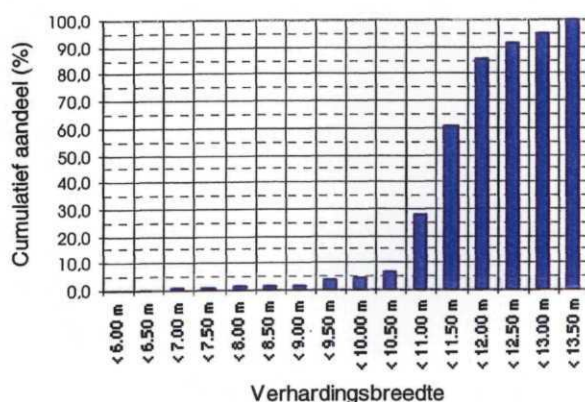
### 8.3 Wegkenmerken

#### Verhardingsbreedte

De noodzakelijke verhardingsbreedte dient minimaal 11,50 meter en bij voorkeur 11,65 meter te bedragen. Deze laatste maat in verband met de eerder genoemde mogelijkheid om werkzaamheden op de vluchtstrook te verrichten en toch nog twee rijstroken voor het verkeer beschikbaar te houden. Indien er op een locatie sprake is van veel invoegend verkeer en om die reden wordt gekozen voor de samenvoegvariant (figuur 1), dan dient de verhardingsbreedte minimaal 11,80 meter te bedragen.

Bij een inventarisatie in het kader van een verkennende studie naar de mogelijkheden van een 4-0 systeem op het Nederlandse autosnelwegennet zijn enkele jaren terug de verhardingsbreedten op alle 2\*2 strooks autosnelwegen in kaart gebracht [1it 20]. In figuur 7 is de cumulatieve verdeling van deze verhardingsbreedten weergegeven.

figuur 7  
Cumulatieve verdeling van  
verhardingsbreedten op 2-strooks rijbanen  
van autosnelwegen (gegevens 1998)

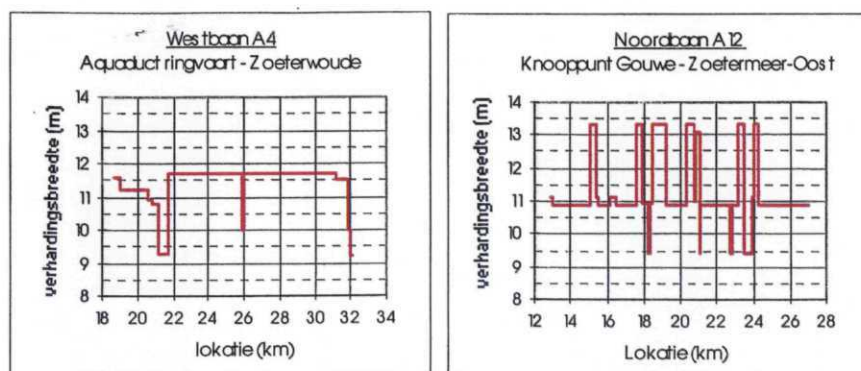


Uit de grafiek blijkt dat het aandeel wegvakken op 2-strooks autosnelwegen met een breedte van minder dan 11,50 meter ca 60% bedraagt. Ongeveer 85% van de wegvakken heeft een verhardingsbreedte van minder dan 12,00 meter. Voor Zuid-Holland bedragen deze waarden respectievelijk 64% en 84%. Voor het vinden van een geschikte locatie voor een proef met flexibele rijbaanindeling is het verloop van de verhardingsbreedte over een traject interessant. Dit zegt iets over de mogelijkheid om het benodigde dwarsprofiel over grotere lengte te continueren. In figuur 8 is als voorbeeld voor twee voorbeeld trajecten in Zuid-Holland het verloop van de verhardingsbreedte weergegeven.



figuur 8

Verloop van de verhardingsbreedte op twee trajecten in Zuid-Holland (gegevens 1998)



Uit deze figuren is af te leiden dat de minimale verhardingsbreedte van 11,50 m dan wel 11,65 m alleen op de A4 over een substantiële lengte aanwezig is. Ook valt uit de figuren af te leiden dat in beide trajecten enkele kunstwerken de vereiste breedte niet hebben.

Het verdient sterk aanbeveling om bij de voorbereiding van een pilot met flexibele rijbaanindeling zo snel mogelijk een goed beeld te verkrijgen van (het verloop van) de beschikbare verhardingsbreedte op een potentieel traject

In een wegvak met flexibele rijbaanindeling kunnen ook *kunstwerken* voorkomen. Uit een oogpunt van verkeersveiligheid is het van belang dat deze kunstwerken qua dwarsprofiel niet te veel afwijken van dat van het voorliggende wegvak. Sterke discontinuïteiten dienen juist bij een toch al krap dwarsprofiel zo veel mogelijk te worden vermeden; dat wil zeggen dat sterke insnoeringen ter plaatse van een viaduct moeten worden voorkomen. Op het kunstwerk dient de vluchtstrook dan ook bij voorkeur te worden gecontinueerd. Indien dit niet mogelijk is, dan zal de minimale breedte tussen de schampkanten van een viaduct minimaal 9.05 meter moeten bedragen en dient bijzondere aandacht te worden besteed aan de overgang van het dwarsprofiel op de aardebaan naar die op het kunstwerk. Tenslotte dient vooraf in beeld te worden gebracht of er consequenties ten aanzien van de draagkracht van het viaduct zijn verbonden. Hiervoor kan contact worden opgenomen met de Bouwdienst.

Op het traject waar een flexibele rijbaanindeling wordt uitgevoerd, dient fysieke ruimte aanwezig te zijn voor het aanbrengen van plaatselijke verbredingen van de vluchtstrook, zodat de *pechhavens* kunnen worden gerealiseerd.

#### Alignement

Bij het alignement van een wegvak waar flexibele rijbaanindeling wordt toegepast zal de beschikbare zichtafstand na realisering van het aangepaste dwarsprofiel voldoende moeten zijn om veilig en comfortabel tot stilstand te komen. De situatie in de spits zal daarbij in het algemeen niet tot kritische omstandigheden hoeven te leiden, aangezien er dan een lagere snelheidslimiet geldt (70 of 90 km/uur). Wel kunnen zich mogelijk in het horizontaal alignement zichtproblemen voordoen indien vaste elementen in de (midden)berm het zicht op het stroomafwaarts gelegen wegvak en het daarop aanwezige verkeer beperken. Dit geldt dan met name voor de linker rijstrook. Nadere informatie inzake deze zichtproblematiek is te vinden in het hoofdstuk 'Alignement' van de ontwerprichtlijnen voor autosnelwegen (ROA).

### Knooppunten en aansluitingen

Bij de beschrijving van het basisontwerp in hoofdstuk 2 wordt er vanuit gegaan dat een wegvak met flexibele rijbaanindeling begint bij een zware invoegende verkeersstroom en wordt beëindigd op het moment dat er voldoende verkeer de autosnelweg heeft verlaten en de capaciteit van de hoofdrijbaan na dit punt voldoende is om het doorgaande verkeer te verwerken. Het kan zijn dat tussen het begin van het dynamische wegvak (toerit) en het einde daarvan (afrit) één of meer aansluitingen of verzorgingsplaatsen zijn gelegen. Dit hoeft in principe geen bezwaar te zijn. Er wordt vanuit gegaan dat er op het onderhavige wegvak verkeerssignalering aanwezig is en dat deze ter plaatse van de afritten wordt gecombineerd met hoge *bewegwijzering*. Dit is in de huidige praktijk immers ook het geval. Het systeem van hoge bewegwijzering - het aangeven van bestemmingen met vallende pijlen boven alle rijstroken - heeft wel consequenties in die zin dat er dan afhankelijk van het actuele dwarsprofiel een dynamisch deel (met de vallende pijlen) in het bewegwijzeringspaneel zou moeten worden opgenomen. Er kan worden overwogen een alternatief systeem van aanduiden toe te passen waarbij de signaalgevers in de verkeerssignalering de functie van de vallende pijl in de bewegwijzering zouden kunnen overnemen. Dit zou een belangrijke besparing in de kosten kunnen betekenen.

### 8.4 Overige voorzieningen

In hoofdstuk 2 is het benodigde instrumentarium reeds uitgebreid behandeld inclusief de eventuele terugvalopties. Het wegvak waar een proef met flexibele rijbaanindeling wordt gehouden moet zijn voorzien van *verkeerssignalering*. Bij voorkeur dienen de signaalgevers in staat te zijn een rode rand te tonen, wanneer wordt besloten om de snelheidslimiet boven de rijbaan aan te geven. Anders dient de groen pijl getoond te kunnen worden.

Het verdient aanbeveling om voor de praktijkproef een wegvak te kiezen waar reeds *openbare verlichting* aanwezig is. Niet zozeer vanwege de geleiding van het wegverloop - dit zou door de dynamische markering voldoende duidelijk moeten zijn - als wel vanwege de vrij complexe verkeerssituatie, met name in de spitsperiode.

In het proefvak dient ZOAB aanwezig te zijn. Bij natte weersomstandigheden zal hierdoor de hoeveelheid 'splash and spray' tot een minimum worden beperkt, hetgeen de verkeersveiligheid in positieve zin beïnvloed.

Tenslotte verdient het aanbeveling om een traject te kiezen waar op het gebied van *incident management* reeds goede afspraken zijn gemaakt tussen betrokken partijen. Zie hiervoor ook paragraaf 6.3.



---

## 9 Kosten en baten

---

### 9.1 Inleiding

De kosten van een traject met flexibele rijbaanindeling worden in sterke mate bepaald door de trajectlengte en de uitvoeringsvorm. De investeringskosten bestaan uit de directe kosten die voortvloeien uit de herindeling van het dwarsprofiel. De toepassing van dynamische markering en de inzet van DVM-systemen zijn daarvan een wezenlijk onderdeel. De exploitatiekosten bij toepassing van een flexibele rijbaanindeling zullen naar verwachting hoger liggen dan die van een traditionele autosnelweg. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de hogere kosten voor het onderhoud aan de systemen. De afschrijvingsperiode van de relatief dure dynamische markering kan niet langer zijn dan de levensduur van de verharding.

De baten zijn sterk afhankelijk van de lokatie waar de maatregel wordt toegepast en bestaan uit een besparing van kosten ten gevolge van voertuigverliesuren door congestie en eventuele baten die het gevolg zijn van een reductie van ongevalskosten.

Het is op dit moment nog niet mogelijk om een exacte kosten-baten analyse van de maatregel 'flexibele rijbaanindeling' uit te voeren, vanwege de onzekerheden over de prijsontwikkeling van met name de dynamische markering en de kosten die gemoeid zijn met het onderhoud en de exploitatie. Bovendien zal de kosten-baten verhouding sterk afhangen van de omvang van de congestie in de voorsituatie. Tenslotte is het van belang om de kosteneffectiviteit van een korte-termijn maatregel als flexibele rijbaanindeling af te zetten tegen die van een traditionele uitbreiding die pas verder in de toekomst kan worden geëffectueerd.

### 9.2 De kosten

#### Investeringskosten

De integrale kosten voor een flexibele rijbaanindeling bestaan uit investeringskosten, exploitatielasten en afschrijving.

De investeringskosten zijn zoals gezegd sterk afhankelijk van de lengte van het traject en de uitvoeringsvorm.

De kosten van een praktijkproef moeten worden beschouwd in het kader van het innovatieve karakter van de maatregel. De kosten die hiervoor worden gemaakt zijn voor een deel 'terug te verdienen' bij toekomstige projecten met een dergelijke dynamische weginrichting. Een praktijkproef hoeft in dat opzicht dus niet persé kostendekkend te zijn.

Er is door de Bouwdienst samen met AVV voor de maatregel 'flexibele rijbaanindeling' een schatting gemaakt van de *investeringskosten* voor een aantal uitvoeringsvormen. Hierbij zijn de volgende elementen meegenomen.

- Markering
- Portalen
- Verharding

- Rijstrooksignalering
- Electronische handhaving
- Bebording en aanduidingen
- Camerabewaking
- Systeemsoftware

In tabel 4 is een overzicht gegeven van de geschatte investeringskosten voor een wegvak dat is voorzien van een flexibele rijbaanindeling. Hierbij is uitgegaan van de invoegvariant met een verhardingsbreedte van 11,50 meter. De lengte van het wegvak bedraagt ca. 9 km.

In tabel zijn drie scenario's voor de uitvoeringsvorm opgenomen. Deze drie scenario's verschillen qua uitvoeringsvorm op belangrijke onderdelen.

#### Scenario 1

- Dynamische markering met 4 markeringslijnen over het gehele traject
- Toepassing van vrij programmeerbare multi-functionele info-panelen z.g. VIP (zie figuur 3)
- Alle portalen vervangen
- Wisselborden met snelheid in de berm.
- Groene pijl en breedtebeperking in de VIP

#### Scenario 2

- Dynamische markering met 3 markeringslijnen over het gehele traject
- Bestaande portalen handhaven
- Bijplaatsen 2 extra signaalgevers per portaal inclusief nieuwe achtergrondschilden (zie figuur 4)
- Wisselborden breedtebeperking in de berm (zie figuur 5)
- Snelheid met Rode rand in signaalgevers (zie figuur 4)

#### Scenario 3

- Dynamische markering alleen bij de overgangen
- Keuzemarkering op de rest van het wegvak
- Bestaande portalen handhaven
- Bijplaatsen 2 extra signaalgevers per portaal inclusief nieuwe achtergrondschilden (zie figuur 4)
- Wisselborden met breedtebeperking in de berm (zie figuur 5)
- Snelheid met Rode rand in signaalgevers (zie figuur 4)

Bij alle scenario's is uitgegaan van een electronisch handhavingssysteem voor de snelheid (trajectcontrole) alsmede camerabewaking middels CCTV en pechhavens.

Voor de posten elektronische handhaving van de breedtebeperking en voor de systeemsoftware kunnen op dit moment geen betrouwbare schattingen worden gegeven. Deze zijn als p.m.-post in de berekeningen opgenomen.

Er is bij de kostenberekening van uit gegaan dat er op het betreffende wegvak reeds ZOAB en openbare verlichting aanwezig is.

De berekeningen betreffen een wegvak van totaal ca. 9 km waarvan ca. 4,2 km wegvak en 3,8 km in- en uitleiding. Uitgangspunt is het basisontwerp dat in de rij simulator van TNO is getest.



**tabel 4**

Investeringskosten van drie scenario's voor flexibele rijbaanindeling op een wegvak met een lengte van ca. 9 km.

Onderdeel	uitvoeringsvariant / opmerking	Scenario		
		1	2	3
Markering	Dynamische markering	9141	6839	215
	Hermarkeren	261	352	176
	Keuzemarkering	-	-	248
Aanduidingen	DRIP	300	300	300
	Vrij programmeerbare panelen (VIP)	7000	500	500
	Signaalgevers incl. RR	60	390	390
	(wissel)borden in de berm	375	865	865
	Overige bebording	18	18	18
Portalen	Nieuwe portalen	2340	270	270
	Bestaande liggers vervangen	0	103	103
Systemen	Electronische trajectcontrole	2225	2225	2225
	Electronische controle breedtebeperking	p.m.	p.m.	p.m.
	Camerasbewaking CCTV	1246	1246	1246
	Software aansturing FBI	p.m.	p.m.	p.m.
Infrastructuur	Pechhavens	160	160	160
	Geleiderail verplaatsen (optioneel)	125	125	125
Verkeersmaatregelen	Huur barriers, etc,	441	331	100
Primaire kosten ex. BTW	Kale kosten van hard- en software	23692	13724	6940
Bijkomende kosten (6%)	Bouwvergunningen, onderzoek, K&L	1422	823	416
Diversen (10%)	Nadere detaillering op primaire kosten	2511	1455	736
Onvoorzien (30%)	Bijzondere gebeurtenissen, nadere eisen opdrachtgever, statistische onzekerheid.	8287	4801	2428
Totale kosten ex. BTW		35912	20803	10520
BTW (19%)		6823	3952	1999
Totale kosten incl. BTW		42735	24755	12519
Engeneering (20%)	DUU's	8547	4951	2504
Totale kosten PU+DUU	in Kf	51282	29706	15023

Bij bovenstaande schattingen moet rekening worden gehouden met een marge van ongeveer 35 % naar boven of naar beneden.

Wat opvalt is dat er grote verschillen bestaan tussen de investeringskosten van de verschillende scenario's. Deze verschillen vloeien in hoofdzaak voort uit de hoge kosten voor dynamische markering, de geavanceerde aanduidingen (vrij programmeerbare flexibele informatiepanelen) en de kosten van nieuwe portalen. De meest eenvoudige uitvoering met toegevoegde signaalgevers en wisselborden in de berm, tezamen met een beperkt gebruik van dynamische markering (alleen de overgangen) en verder keuzemarkering op het wegvak zelf (scenario 3), geeft een besparing van ruim 70% ten opzichte van de kosten van de meest geavanceerde uitvoering (scenario 1).

Omgerekend per kilometer rijbaan bedragen de gemiddelde kosten voor de scenario's 1 t/m 3 respectievelijk 5.6 , 3.3 en 1.7 miljoen per km rijbaan.

#### Exploitatiekosten

De *exploitatiekosten* zullen sterk afhangen van de (kwaliteit van de) gebruikte systemen en de wijze en frequentie waarop in het wegvak met flexibele rijbaanindeling beheer en onderhoud kan worden gepleegd. Extra kosten (ten opzichte van een reguliere uitbreiding) zijn te verwachten voor het beheer en onderhoud van de DVM-systemen. Hoe hoog deze kosten zullen zijn is nu nog niet aan te geven. In het kader van het project 'Basiskwaliteit Autosnelwegen' is een zeer ruwe schatting gedaan van de extra kosten voor afzettingen van een variant die enigszins vergelijkbaar is met die van het basisontwerp in dit project. De jaarlijkse kosten zouden per kilometer rijbaan ongeveer fl 1000,- dunder

zijn (ca. 5%) dan bij een normale autosnelweg [lit 30]. Het is echter zeer de vraag of deze schatting ook geldt voor een dynamische dwarsprofiel. Enerzijds zou het aantal afzettingen groter kunnen zijn dan bij een permanente indeling, vanwege een hogere onderhoudsfrequentie van het totale systeem. Anderzijds is het door het dynamisch gebruik van de rijbaan en het behoud van twee smalle rijstroken mogelijk om ook onderhoud op drukker momenten van de dag te plegen, waardoor geen dure nachtafzettingen nodig zijn. Hoe een en ander per saldo uitwerkt is gezien de vele onzekerheden nu niet te zeggen. Hiervoor is een nadere analyse nodig.

De jaarlijkse exploitatiekosten voor een systeem van trajectcontrole bedragen ca. 35 Kf per kilometer rijbaan [lit 29]. Wanneer openbare verlichting wordt geplaatst en ZOAB moet worden gedraaid zullen de onderhoudskosten stijgen.

### 9.3 De baten

De baten van een flexibele rijbaanindeling bestaan uit twee belangrijke componenten.

- Besparing van voertuigverliesuren
- Besparing van ongevalskosten

De besparing van voertuigverliesuren hangt sterk af van het 'congestie-oplossend' vermogen van de maatregel. Wanneer een flexibele rijbaanindeling wordt uitgevoerd in een wegvak met zware congestie, dan zullen de baten uiteraard hoger zijn dan wanneer dit niet het geval is.

Bij de huidige knelpunten op het Nederlandse autosnelwegennet variëren de jaarlijkse kosten ten gevolge van congestie tussen de 1 en 5 miljoen gulden afhankelijk van de zwaarte van het knelpunt. Het is overigens van belang om de 'afwikkelingswinst' niet alleen op het wegvak zelf te beschouwen maar ook verderop in het netwerk de effecten in beeld te brengen.

Het is nog onzeker in hoeverre er sprake is van een besparing van kosten door een verbeterde verkeersveiligheid. In hoofdstuk 3 is aangegeven dat de uiteindelijke verkeersveiligheidseffecten sterk afhankelijk zijn van de mate waarin de snelheid door het ontwerp zelf wordt afgedwongen en de manoeuvreerruimte van voertuigen binnen het dwarsprofiel. Daarnaast speelt de snelheidshandhavingsinspanning een belangrijke rol. Tenslotte zal het elimineren van de congestie een positief effect hebben op de ongevalskosten. Een pilot met flexibele rijbaanindeling zal nader inzicht moeten verschaffen in de werkelijke baten.



---

## 10 Conclusies en aanbevelingen

---

### 10.1 Algemeen

Op basis van de uitkomsten van dit onderzoek kan worden gesteld dat het concept van een flexibele rijbaanindeling als benuttingsmaatregel een bruikbaar concept is dat perspectief biedt. Gezien het politieke klimaat ten aanzien van benutting als alternatief voor uitbreiding en de vertaling daarvan in het NVVP biedt een dergelijke oplossing goede mogelijkheden om de doorstroming op congestiegevoelige wegvakken op korte termijn te verbeteren. Een praktijkproef met flexibele rijbaanindeling lijkt op korte termijn haalbaar. Verwacht wordt dat in de loop van dit jaar voldoende duidelijkheid bestaat over een aantal essentiële zaken die een succesvolle proef garanderen. De werkgroep acht een uitvoering van de proef op een termijn van één tot twee jaar haalbaar en acceptabel onder de conditie dat de voorbereiding zo spoedig mogelijk ter hand wordt genomen. In dat geval moet het mogelijk zijn om medio 2002 een proef met flexibele rijbaanindeling te starten. Gezien de aard en omvang van een dergelijke proef en de daaraan gerelateerde risico's, is het noodzakelijk dat de projectorganisatie rond deze proef een stevige verankering krijgt in de bestaande RWS-organisatie en dat vooraf volledige duidelijkheid bestaat over de verantwoordelijkheden en bevoegdheden (rollen en taken) van de betrokken diensten. Daarbij is een heldere communicatie over de doelstellingen van het project, zowel voor wat betreft de uitvoering als de evaluatie van groot belang. Alleen dan is het mogelijk om een proef binnen harde randvoorwaarden van tijd en geld succesvol voor te bereiden en uit te voeren.

De belangrijkste *aandachtspunten* die uit deze studie naar voren gekomen zijn liggen op het vlak van de verkeersveiligheid, de handhaving en de bedrijfszekerheid van de gebruikte techniek.

De eerste twee lijken oplosbaar door tijdens de voorbereiding van de proef een ontwerpssessie te organiseren met als doel het opstellen van verkeerskundige specificaties op grond waarvan een optimalisatie van het ontwerp en het bijbehorende instrumentarium kan plaats vinden. De risico's ten aanzien van handhaving dienen door middel van goede afspraken met politie en openbaar ministerie te worden afgedekt, waarbij het niveau van handhaving in samenhang met het ontwerp en de inrichting wordt bepaald.

In verband met de bedrijfszekerheid van dynamische markering wordt aanbevolen om parallel aan de voorbereiding van een praktijkproef met flexibele rijbaanindeling fabrikanten van dynamische markering uit te nodigen hun produkt in een 'risicovrije omgeving' te laten testen. Dit zou dan tevens een goede gelegenheid bieden om de bestaande functionele eisen aan te scherpen en/of bij te stellen. Een eerste stap hiertoe is reeds gezet door het houden van een proef op de parallelbaan van de A12 ter hoogte van Utrecht.

Als belangrijkste *randvoorwaarde* voor het concept van een flexibele rijbaanindeling geldt dat deze maatregel uit een oogpunt van verkeersveiligheid vooralsnog alleen mogelijk is op een verhardingsbreedte van minimaal 11.50 meter. Uit een oogpunt van wegonderhoud wordt evenwel een breedte van 11.65 meter aanbevolen.

Voor wat betreft het ontwerp en het bijbehorende instrumentarium is in dit onderzoek een voorlopig ontwerp beoordeeld. Dit ontwerp heeft nadere detaillering en uitwerking in verkeerskundige specificaties. Aanbevolen wordt om op korte termijn - als voorbereiding op een praktijkproef - het ontwerp en de inrichting (verder) te optimaliseren, waarbij rekening wordt gehouden met de conclusies en aanbevelingen uit het gedragsonderzoek. In deze ontwerpssessie kunnen tevens oplossingen worden aangedragen die een substantiële besparing van de kosten voor de praktijkproef kunnen betekenen. Het accent ligt daarbij vooral op een besparing van de kosten van dynamische markering (aantal strepen), de toepassing van keuzemarkering en een vereenvoudigde uitvoering van de aanduidingen boven de rijbaan. De in hoofdstuk 9 van dit rapport beschreven ontwerpsscenario's geven daartoe een eerste aanzet.

## 10.2 Specifiek

Een overzicht van de belangrijkste conclusies die uit de verschillende deelstudies naar voren kwamen en die ingaan op de afzonderlijke deelaspecten van een flexibele rijbaanindeling volgt hieronder.

De *capaciteit* van een dwarsprofiel op een verhardingsbreedte met flexibele rijbaanindeling (11.65 m) wordt op basis van onderzoek (o.a. plusstrook A27) en een expert-opinion geschat op ongeveer 6400 pae's/uur. Dit betekent een winst ten opzichte van een reguliere tweestrooks autosnelweg van 35 à 40%. De reductie ten opzichte van een volwaardige uitbreiding naar drie rijstroken bedraagt ongeveer 12%.

In hoeverre de bovengenoemde capaciteitswinst in de praktijk wordt gerealiseerd hangt mede af van de capaciteit die elders in het netwerk (stroomafwaarts) beschikbaar is. Het verdient sterk aanbeveling om vooraf een netwerkanalyse uit te voeren binnen het gebied waar de proef wordt gehouden. Het is uit een oogpunt van publiciteit uiterst ongewenst dat er na openstelling van de proeflokatie terugslag vanaf een stroomafwaarts gelegen (nieuwe) bottleneck optreedt.

Bij de evaluatie van de proef is het interessant om te kijken naar de doorstromingseffecten over een langere periode. Op die wijze wordt meer inzicht verkregen in de betrouwbaarheid van de maatregel.

De *verkeersveiligheid* vormt een belangrijk aandachtspunt bij flexibele rijbaanindeling. Gebleken is dat binnen het gekozen concept een volledig dynamische omschakeling van het dwarsprofiel in vol verkeer te hoog gegrepen is. De risico's met betrekking tot de begrijpelijkheid en de werklust van automobilisten zijn daarvoor te groot. Voorgesteld wordt om in het voorbereidingstraject van een proef met flexibele rijbaanindeling na te gaan of er mogelijkheden zijn tot een versimpelde uitvoering van het ontwerp en de inrichting die de geconstateerde nadelige gedragseffecten weg kan nemen. Indien dat niet mogelijk blijkt, wordt voorgesteld om het schakelen in één fase uit te voeren, waarbij met behulp van een speciaal daarvoor in te zetten 'pace-car' een gat in de verkeersstroom wordt gerealiseerd van ongeveer 300 meter. Vervolgens kan met het verkeer mee steeds in één keer een wegsectie van 300 meter worden omgeschakeld. Een mobiele DRIP achterop een dergelijk voertuig zal automobilisten adequate gedragsinstructies moeten geven over de maatregel en de reden voor de noodzakelijke snelheidsingreep.

Een tweede aandachtspunt vormt de lengte waarover de maatregel wordt ingesteld. De eerder uitgesproken verwachting dat bij langere wegvakken met



een versmald dwarsprofiel de rijtaakbelasting sterk toeneemt, wordt op basis van recent onderzoek nogmaals bevestigd. Een dwarsprofiel zoals mogelijk is op een verhardingsbreedte van 11.50 meter blijkt op grond van een duurproef in een rijnsimulator te leiden tot een verhoogd risico. Dit manifesteert zich met name in de duur tot- en de duur van lijnoverschrijdingen.

Het verdient dan ook aanbeveling om een eventuele praktijkproef niet over een lang traject te houden, maar te beperken tot een lengte van maximaal 8 km. Uit een analyse van videobeelden van de plusstrook op de A27 blijkt bij dat specifieke dwarsprofiel sprake te zijn van een verhoogd aantal kantstreepoverschrijdingen aan de vluchtstrookzijde. Dit wijst erop dat er een verband bestaat tussen het profiel van vrije ruimte en de breedte van de rijstroken. Het verdient aanbeveling geen lokatie te kiezen met een al te kleine obstakelafstand aan de middenbermzijde (geleiderail) gezien de sterke interactie met de (zeer) smalle linker rijstrook en het 'domino-effect' op de positie van voertuigen op de overige rijstroken.

Naast de genoemde negatieve effecten zijn ook positieve effecten op de veiligheid te verwachten, althans wanneer deze worden vergeleken met de bestaande situatie. Zo zal het elimineren van de congestie leiden tot een vermindering van het aantal ongevallen. De spitsstrook op de A28 gaf over een periode van drie jaar een reductie van het aantal ongevallen met ongeveer 70%. Daarnaast blijkt uit de evaluatie van de plusstrook op de A27 dat de afwikkelingsindicatoren die een directe relatie hebben met de veiligheid zoals volgtijd en (spreiding van) snelheid een positief beeld laten zien. Er is sprake van een homogener verkeersproces, een evenwichtiger verdeling van het verkeer over de rijstroken en een kleinere spreiding van de snelheid.

Hoe bovengenoemde elementen per saldo op de verkeersveiligheid zullen uitwerken is nog niet met zekerheid te zeggen. Indien we er echter in slagen om de gewenste snelheidsverlaging goed nageleefd te krijgen, dan wordt verwacht dat flexibele rijbaanindeling als benuttingsmaatregel positieve effecten op de veiligheid kan hebben. Een goede handhaving is daarbij van essentiële betekenis.

De toe te passen *techniek* brengt zekere risico's met zich mee. Op dit moment liggen er weliswaar functionele eisen voor dynamische markering, maar deze eisen zijn voornamelijk afgeleid uit die van traditionele markeringen. Het is nog niet zeker of deze eisen door de industrie ook kunnen worden vertaald in een levensvatbaar en verantwoord produkt. Het ontbreken van voldoende praktijkervaring met dit instrument is daar debet aan. In het voorjaar van 2001 zal op de noordelijke parallelbaan van de A12 een tweede experiment (na de A15) met dynamische markering plaats vinden. Alhoewel de verwachtingen hoog gespannen zijn, lijkt het verstandig om ook andere fabrikanten in de gelegenheid te stellen hun produkt te demonstreren. Voorgesteld wordt om op korte termijn - parallel aan de voorbereiding van een praktijkproef met flexibele rijbaanindeling - een proefvak in te richten waarbij een aantal fabrikanten wordt uitgenodigd hun produkt te laten testen. Als referentie kan daarbij dienen het huidige programma van eisen van dynamische markering. Een dergelijke test kan het beste geschieden op een rijbaan waar betrekkelijk weinig risico wordt gelopen, maar waar de gebruiksomstandigheden wel zodanig zijn dat er goed inzicht wordt verkregen in de mechanische en optische eigenschappen van het materiaal onder (zware) verkeerscondities. Gedacht kan worden aan een verbindingsweg op een drukke verzorgingsplaats.

Een bijzonder punt van aandacht vormt het aspect *handhaving*. Het concept flexibele rijbaanindeling vergt een goede naleving van de snelheidslimiet. Een

goede naleving is zelfs een voorwaarde voor het welslagen van de proef. Uit een oogpunt van verkeersveiligheid dient de snelheid te worden verlaagd. In welke mate dit moet gebeuren is nog niet zeker, mede gezien in het licht van de eisen met betrekking tot de doorstroming. Vooralsnog wordt een snelheid van 80 km/uur als optimale snelheid aanbevolen. Mede tegen de achtergrond van de geconstateerde capaciteitseffecten lijkt een lagere snelheid contraproductief.

Een absolute voorwaarde voor het slagen van de proef is de medewerking van politie en openbaar ministerie. Handhaving mag geen sluitpost zijn, maar zal in samenhang met de inrichting en het ontwerp moeten worden gezien.

Aanbevolen wordt gebruik te maken van reeds gelegde contacten met politie en openbaar ministerie in het kader van een voorgenomen praktijkproef met dynamische snelheidsverlaging (project DYVERS).

Toepassing van elektronische handhaving van de snelheid door middel van trajectcontrole wordt sterk aanbevolen. Op die wijze kan een adequate handhaving vanwege de grote pakkans succesvol verlopen.

Wanneer wordt besloten tot het gebruik van maximum snelheden in de verkeerssignalering, is een rode rand noodzakelijk zo heeft de politie en het OM kenbaar gemaakt.

Op dit moment is nog geen geschikt instrument op de markt beschikbaar ten behoeve van een elektronische handhaving van de breedtebeperking op de smalle rijstroken

Ten aanzien van de *bestuurlijk-juridische aspecten* kan worden gesteld dat er voor wat betreft de procedures en de wegenverkeerswet geen barrières liggen. Voorwaarde hierbij is dat de proef wordt gehouden op een bestaand wegvak zonder dat daarvoor de verharding moet worden uitgebreid. In dat geval is immers geen m.e.r.-procedure nodig. Voordat een proef wordt gestart moet er een verkeersbesluit ten aanzien van het instellen van de maximum snelheid en de breedtebeperking op de daarvoor in aanmerking komende rijstroken worden genomen.

In het kader van de Wet beheer Rijkswaterstaatwerken (eigen vergunning) is het noodzakelijk om de milieu-effecten in kaart te brengen. Een standaard akoestisch onderzoek behoort daartoe te worden uitgevoerd. Het valt niet uit te sluiten dat de uitkomst van een dergelijk onderzoek in een enkel geval kan leiden tot omvangrijke en kostbare geluidwerende voorzieningen.

Versmalling van rijstroken tot minder dan 3.50 meter brengt mogelijk Europese subsidiëring voor internationale routes in gevaar. Onzeker is of dit ook geldt voor een proef. Overigens zal de maatregel flexibele rijbaanindeling op zich een kwaliteitsverbetering inhouden (de congestie wordt immers verminderd) en zal het pakket van aanvullende voorzieningen in ruime mate het verlies aan kwaliteit compenseren. Dit neemt niet weg dat het verstandig is om bij de keuze van een lokatie de voorkeur te geven aan een wegvak dat geen onderdeel uitmaakt van het Europese hoofdwegenet.

Er bestaat onzekerheid over de risico's inzake *aansprakelijkheid* voor de wegbeheerder. Zoals reeds vermeld bij het aspect techniek zijn er op dit moment nog onzekerheden rond de bedrijfszekerheid van dynamische markering. In verband met de aansprakelijkheid van de wegbeheerder is het gewenst dat deze zoveel mogelijk zijn afgedekt door gedegen testresultaten. In dat verband wordt nogmaals gewezen op het belang van een aanvullend testprogramma dat op korte termijn parallel aan het voorbereidingstraject van een praktijkproef wordt uitgevoerd.

De begrijpelijkheid van de dynamische markering en de (variabele) aanduidingen boven de rijbaan bij toepassing van een flexibele rijbaanindeling is eveneens een belangrijk punt inzake de aansprakelijkheid van de



wegbeheerder. Uit het onderzoek van TNO naar de begrijpelijkheid en rijtaakbelasting van een volledig dynamische schakeling in vol verkeer, blijkt dat er sterke aanwijzingen zijn dat een dergelijke uitvoeringsvorm tot problemen bij weggebruikers leidt. De eerder aanbevolen ontwerpessie voor nadere uitwerking van een veilig ontwerp en bijbehorende inrichting, kan hierin een belangrijke bijdrage tot verbetering leveren. Hierbij wordt nogmaals gewezen op de eerder genoemde aanbeveling voor een omschakeling in blokken waarbij met behulp van een speciaal daarvoor in te zetten 'pace-car' een gat in de verkeersstroom wordt gerealiseerd en waarmee achtereenvolgens een wegsectie met het verkeer mee in één keer kan worden omgeschakeld. De eventuele toepassing van keuzemarkering als alternatief voor een dynamische markering brengt een verhoogd risico inzake de aansprakelijkheid met zich mee. Op dit moment is nog onvoldoende bekend over de begrijpelijkheid en daaruit voortvloeiende veiligheidsproblemen van een dergelijke markeringsvorm. Hiervoor is nader onderzoek nodig. Dit onderzoek zal nog dit jaar worden uitgevoerd parallel aan het voorbreidingstraject van een praktijkproef met flexibele rijbaanindeling. Tenslotte wordt aanbevolen om een draaiboek voor calamiteiten op te stellen waarin alle mogelijke scenario's van incidenten en calamiteiten inclusief de daarbij behorende regel- en beheerstaken zijn opgenomen.

Een integrale koppeling van de programmatuur ten behoeve van de *aansturing* van het systeem van flexibele rijbaanindeling aan het bestaande MTM-systeem in de praktijkproef wordt afgeraden. De risico's in termen van tijd en kosten zijn hiervoor te groot. Aanbevolen wordt om het systeem als 'Stand Alone' systeem uit te voeren, echter wel met de noodzakelijke functies die ook in het MTM-systeem aanwezig zijn zoals filebeveiliging en rijstrooktoewijzing en -afsluiting bij incidenten en werk-in-uitvoering. Een eventueel vervolgetraject met flexibele rijbaanindeling zal onderdeel moeten gaan uitmaken van de architectuur voor verkeersbeheersing. Dan zal ook nadrukkelijk moeten worden gekeken naar de afstemming met andere verkeersbeheersingsmaatregelen.

Een proef met flexibele rijbaanindeling zal relatief hoge *kosten* met zich meebrengen. De investeringskosten blijken sterk afhankelijk van de uitvoeringsvorm. Bij de meest geavanceerde uitvoeringsvorm met dynamische markering over het gehele traject en het gebruik van vrij programmeerbare informatiepanelen over de gehele rijbaan (scenario 1) bedragen de totale investeringskosten inclusief BTW ongeveer 51 miljoen gulden voor een wegvak van ca. 9 km. Bij deze 'dure' variant maakt de dynamische markering 40% en de vrij programmeerbare panelen ca. 30% uit van de totale kosten. Een vermindering van het aantal dynamische strepen (van 4 naar 3) en een eenvoudiger uitvoering van de aanduidingen boven en naast de rijbaan (scenario 2), geeft een besparing op de totale investeringskosten van ruim 40% en brengt de investeringskosten op een niveau van ongeveer 30 miljoen gulden. Een verdere besparing op de totale investeringskosten kan worden verkregen wanneer de dynamische markering alléén wordt toegepast bij de overgangen en de rest van het wegvak met behulp van keuzemarkering wordt uitgerust (scenario 3). In dat geval worden de totale investeringskosten geraamd op ongeveer 15 miljoen gulden. Omgerekend per kilometer rijbaan bedragen de gemiddelde investeringskosten voor de scenario's 1 t/m 3 respectievelijk fl 5.6, 3.3 en 1.7 miljoen per km. Andere oplossingen zijn uiteraard mogelijk, waarbij de totale kosten afhangen van de gebruikte modules uit de eerder beschreven scenario's.

Gezien de onzekerheden rond de bedrijfszekerheid en de relatief hoge kosten van een praktijkproef, is de kans op een negatieve pers in geval er tijdens de

proef (met name bij de dure uitvoering) problemen ontstaan vrij groot. Anderzijds is het evident dat een dergelijk concept dat ontstaan is vanuit het project 'Wegen naar de toekomst' een zekere innovatieve waarde heeft en binnen een proef niet persé kostendekkend behoeft te zijn. De perceptie op het resultaat mag wat dat betreft ook anders zijn dan bij traditionele wegenprojecten. Aanbevolen wordt om voor de praktijkproef te kiezen voor een uitvoeringsvorm volgens scenario 2. De meest eenvoudige uitvoeringsvorm met keuzemarkering kan pas worden overwogen nadat in het eerder genoemde parallelle onderzoekstraject de consequenties van deze vorm van markering voor wat betreft de gedragsaspecten (veiligheid) en juridische zaken (aansprakelijkheid) duidelijk zijn.

De *baten* van de maatregel worden sterk bepaald door de gekozen lokatie en de daar te behalen winst in doorstroming, en veiligheid. De gemiddelde filekosten van een knelpunt in het Nederlandse autosnelwegennet bedragen, afhankelijk van de zwaarte van het knelpunt ongeveer 1 tot 5 miljoen gulden per jaar. Met de maatregel flexibele rijbaanindeling zou een dergelijk bedrag jaarlijks kunnen worden bespaard, mits de congestie in de bottleneck volledig wordt opgelost en zich niet stroomafwaarts opnieuw manifesteert. De besparing in ongevalskosten is vooralsnog neutraal gezien de eerder genoemde positieve en negatieve effecten op de veiligheid.

Bij de *lokatiekeuze* van een wegvak waar een proef met flexibele rijbaanindeling kan worden gerealiseerd zal in eerste instantie moeten worden gekeken naar de fysieke mogelijkheden om het driestrooks profiel te kunnen aanbrengen. Hiertoe is, zoals reeds eerder vermeld, een minimale verhardingsbreedte van 11,50 meter noodzakelijk. Een breedte van 11,65 meter wordt aanbevolen in verband met wegonderhoud.

Het wegvak moet beschikken over verkeerssignalering en openbare verlichting. ZOAB is gewenst. Enige fysieke ruimte in de middenberm is gewenst, zodat obstakelvrees tot een minimum beperkt blijft en er ruimte is voor het plaatsen van de noodzakelijke aanduidingsborden.

De maatregel moet de congestie oplossen zonder dat stroomafwaarts nieuwe congestie ontstaat. Dit aspect zal grote invloed hebben op het welslagen van de proef. Aanbevolen wordt om vooraf een beperkte netwerkanalyse van de verkeersafwikkeling binnen het proefgebied uit te voeren.

De *organisatie* en *communicatie* rond een praktijkproef met flexibele rijbaanindeling zal goed moeten zijn geregeld. Dit geldt zowel voor de interne V&W-organisatie als voor de totale organisatie rond de proef. De bevoegdheden en verantwoordelijkheden van opdrachtgever en opdrachtnemer van de proef dienen helder en eenduidig te worden vastgelegd. Daarbij is een heldere communicatie over de doelstellingen van het project, zowel voor wat betreft de uitvoering als de evaluatie van groot belang. Alleen dan is het mogelijk om een proef binnen harde randvoorwaarden van tijd en geld succesvol voor te bereiden en uit te voeren.

De communicatie rond de proef moet goed worden verzorgd. De introductie van een dergelijk nieuw concept vereist een gedegen communicatietraject. Gedoeld wordt op voorlichting aan weggebruikers in de vorm van publicaties in de pers, billboards langs het traject en logische en heldere informatie tijdens de rit op tactisch en operationeel niveau van de rijtaak.

De proef zal alleen slagen als alle belanghebbenden en betrokkenen achter de proef staan en het belang daarvan inzien te beginnen bij de eigen V&W-organisatie. Een goed communicatieplan met een heldere boodschap over nut en noodzaak van de maatregel is daarbij onontbeerlijk. Het verdient



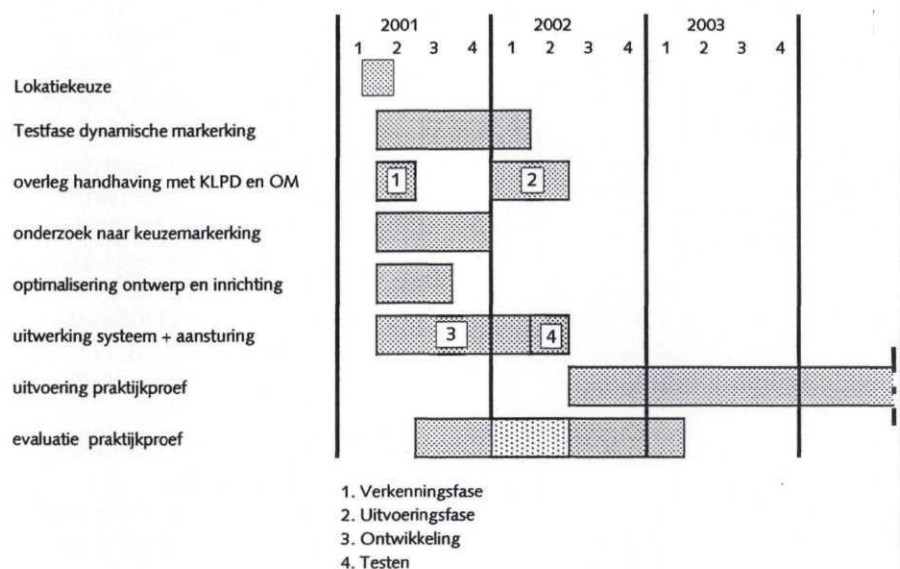
aanbeveling om deze activiteiten uit te besteden aan een (reclame)bureau met expertise op het vlak van consumentengedrag.

De *afbreukrisico's* in de tijd die nodig is ter voorbereiding van de proef liggen in hoofdzaak op het volgende vlak:

- Vertraging die het gevolg is van de uitkomsten van lopende innovaties op het gebied van de techniek en bedrijfszekerheid van dynamische markering.
- Vertraging die optreedt als gevolg van de uitkomsten van de ontwerpessie inclusief een nadere verkenning naar de mogelijkheid van keuzemarkering.
- De nog uit te voeren risico-analyse waarbij mogelijke foutbronnen worden getraceerd en worden vertaald in een draaiboek voor de exploitatie van het systeem.
- De organisatorische voorbereiding voor de proef inclusief het noodzakelijke overleg met politie, OM, regiopartners en hulpverleningsorganisaties.
- De ontwikkelingstijd ten behoeve van de soft- en hardware voor de aansturing van het systeem en de afstemming daarvan met het bestaande MTM-systeem.

### 10.3 Stappenplan

Op grond van een realistische inschatting van de noodzakelijke activiteiten om te komen tot een praktijkproef met flexibele rijbaanindeling, kan het volgende tijdspad dienen als richtsnoer voor de verdere planning.



---

## Geraadpleegde literatuur

---

1. AGV, Adviesgroep voor verkeer en vervoer, Nieuwegein, november 1997  
*Verkenning Dynamische Snelheidsverlaging*
2. AGV, Adviesgroep voor Verkeer en Vervoer, augustus 2000  
*Evaluatie plusstrook A27 en 2<sup>e</sup> Lekbrug A2, Integraal eindrapport*
3. AGV, Adviesgroep voor verkeer en vervoer, Nieuwegein, september 2000  
*Verkeerskenmerken versmald dwarsprofiel - literatuuronderzoek*
4. AGV, Adviesgroep voor verkeer en vervoer, Nieuwegein, september 2000  
*Verkeerskenmerken versmald dwarsprofiel - Praktijkanalyse*
5. Bosch, J. Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam, juni 2000  
*Het rij- en inhaalgedrag op versmalde rijstroken, afstudeerrapport TU-Delft.*
6. DHV & Kyber van Dijk, Amersfoort, november 2000  
*Blauwdruk Praktijkproef DYVERS (Dynamische verlaging maximum snelheden)*
7. DETR, Department of the Environment, Transport and the Regions, London, march 2000  
*New Directions in Speed Management, A Review of Policy*
8. Goudappel Coffeng, Deventer, september 1996  
*Evaluatie spitsstrook A28, Eindrapportage*
9. Haskoning, Nijmegen, december 2000  
*Haalbaarheid pilot flexibele rijbaanindeling, tussenrapportage.*
10. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag, november 2000  
*Van A naar Beter, Nationaal Verkeers- en Vervoersplan 2001 - 2020, deel A*
11. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag, januari 1995.  
*Reglement verkeersregels en verkeerstekens 1990 inclusief wijzigingen per 1-1-1995.*
12. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, 's-Gravenhage, november 1974.  
*ROA, Richtlijnen Ontwerp Autosnelwegen, hoofdstuk Dwarsprofielen*
13. Rijkswaterstaat, Dienst Verkeerskunde, 's-Gravenhage, februari 1989.  
*Onderzoek naar de mogelijkheden van capaciteitsuitbreiding van autosnelwegen door herindeling van het dwarsprofiel*
14. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, 's-Gravenhage, maart 1993.  
*ROA, Richtlijnen Ontwerp Autosnelwegen, hoofdstuk Dwarsprofielen*
15. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam, februari 1997.  
*Handboek Buffers en Pilot ontwerp*
16. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam, november 1999.  
*Milieueffecten van benuttingsmaatregelen, Eindrapport*



- 
17. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam, april 1999.  
*Handboek Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelwegen*
  18. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam, juni 2000.  
*Evaluatie gedrag weggebruikers op dynamische wegmarkering, Covernotitie*
  19. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, juli 2000.  
*Programma van eisen voor dynamische markering tijdens gebruik op de weg*
  20. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam, oktober 2000.  
*Contraflow systemen op 2 x 2 strooks autosnelwegen, aanvullend onderzoek en advies*
  21. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam, november 2000.  
*Blauwdruk Praktijkproef DYVERS*
  22. Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft, oktober 2000.  
*Basiskwaliteit Autosnelwegen, Effect van rijstrookbreedte en voertuigsnelheid op spoorvorming (niet gepubliceerd)*
  23. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam, december 2000.  
*Basiskwaliteit Autosnelwegen, hoofdrapport (niet gepubliceerd)*
  24. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam, december 2000.  
*Basiskwaliteit Autosnelwegen, Inrichting en Uitrusting (niet gepubliceerd)*
  25. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam, november 2000.  
*Basiskwaliteit Autosnelwegen, Verkeerssystemen (niet gepubliceerd)*
  26. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam, november 2000.  
*Basiskwaliteit Autosnelwegen, Ontwerp (niet gepubliceerd)*
  27. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam, oktober 2000.  
*Basiskwaliteit Autosnelwegen, Goederenvervoer (niet gepubliceerd)*
  28. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam, oktober 2000.  
*Basiskwaliteit Autosnelwegen, Milieu (niet gepubliceerd)*
  29. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam, oktober 2000.  
*Basiskwaliteit Autosnelwegen, Handhaving (niet gepubliceerd)*
  30. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam, september 2000.  
*Basiskwaliteit Autosnelwegen, Beheer en Onderhoud (niet gepubliceerd)*
  31. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam, oktober 2000.  
*Basiskwaliteit Autosnelwegen, Incident Management (niet gepubliceerd)*
  32. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam, december 2000.  
*Basiskwaliteit Autosnelwegen, Juridische consequenties (niet gepubliceerd)*
  33. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam, december 2000.  
*Basiskwaliteit Autosnelwegen, draagvlakanalyse (niet gepubliceerd)*
  34. Rijkswaterstaat, Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam, oktober 2000.  
*Basiskwaliteit Autosnelwegen, Wegbeeld (niet gepubliceerd)*

---

35. Stichting Werkgroep '2duizend, Amersfoort, november 1995.  
*Mag het ietsje minder snel ?*

36. TNO Technische Menskunde, Soesterberg, maart 1997  
*De begrijpelijkheid van een dynamisch dwarsprofiel*

37. TNO Technische Menskunde, Soesterberg, augustus 1998  
*4-0 en 3-1 contraflow-systemen; effecten op rijgedrag*

38. TNO Technische Menskunde, Soesterberg, juli 2000.  
*Effecten van een flexibele rijbaanindeling op begrijpelijkheid, werklast en rijgedrag*

39. TNO, Technische Menskunde, Soesterberg, november 2000  
*Evaluatie van versmalde dwarsprofielen op het hoofdwegenet*

40. TNO Inro, Delft, oktober 2000  
*Het effect van smalle rijstroken op de wegcapaciteit*

41. Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C., 1994  
*Highway Capacity Manual 1998, Special Report 209*

42. Witteveen-Bos, Den Haag, februari 2000  
*Evaluatie Dynamische Wegmarkering A15, Eindrapportage*



