

# Ontwerp en uitvoering van veilige fietsvoorzieningen

A.A. Vis



# Ontwerp en uitvoering van veilige fietsvoorzieningen

*Een kwalitatieve beschrijving van de belangrijkste gezichtspunten op basis van bestaande kennis*

R-94-56

A.A.Vis

Leidschendam, 1994

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV  
Postbus 170  
2260 AD Leidschendam  
Telefoon 070-3209323  
Telefax 070-3201261

## Samenvatting

Dit rapport geeft een kwalitatieve beschrijving van de belangrijkste gezichtspunten op het gebied van speciale voorzieningen voor het fietsverkeer, ten behoeve van het ontwerp en de aanleg van een in Zuid-Holland geprojecteerde fietstunnel.

Het besturen en voortbewegen van een fiets vereist aanmerkelijke vaardigheden en inspanning. Vooral ouderen presteren in dit opzicht minder en kunnen gecompliceerde taken minder goed aan. Bij het formuleren van uitgangspunten voor ontwerpbeisen dienen de beperkingen van de oudere fietser als maatgevend te worden aangehouden.

De stabiliteit en het remvermogen van de fiets zijn met het oog op de veiligheid belangrijke factoren. Er bestaat op deze punten een grote variatie tussen verschillende typen fiets.

De beoordeling of een bepaald hellingspercentage voor fietsers nog acceptabel is, wordt in het algemeen afhankelijk gesteld van het vermogen dat nodig is om de betreffende helling op te fietsen zonder te hoeven afstappen. Alles pleit er echter voor dit oordeel te baseren op verkeersveiligheidsaspecten. Een geschikt criterium is de voorwaarde dat men zijn vervoermiddel op een veilige wijze tot stilstand moet kunnen brengen.

Terwijl de problematiek met betrekking tot stijgende hellingen vooral een kwestie van comfort betreft, verdienen vanuit het oogpunt van verkeersveiligheid vooral ook dalende hellingen de aandacht. Het is opmerkelijk dat de literatuur ter zake zich bijna uitsluitend concentreert op stijgende hellingen.

Aan de maatvoering voor fietsvoorzieningen, zoals verkeerstunnels, zijn minimum-eisen te stellen. Bepalende factoren zijn daarbij de benodigde spoorbreedte, de overweging dat fietsers veelal naast elkaar rijden en het feit dat er sprake is van zowel gemengd als tweerichting-gebruik. Van invloed op de keuze van de juiste breedtemaat zijn bovendien het aandeel bromfietsers en de spitsuur-intensiteit. Rekening moet worden gehouden met een minimale vrije ruimte ten opzichte van de tunnelwand.

Enkele suggesties worden gedaan voor markering en kleurgebruik op het wegdek. In het eerste geval gaat het om scheiding van beide rijrichtingen en accentuering van de rand van het rijgedeelte, in het tweede geval om de scheiding van de (brom)fietsers en voetgangerszone. Verder wordt ingegaan op de betekenis van zichtafstanden. Enkele indicatieve waarden worden aangegeven. Voorts worden enkele eisen waaraan tunnelverlichting moet voldoen, toegelicht.

Aan gemengd gebruik door bromfietsers en fietsers zijn, vooral bij verkeer in beide richtingen, uit oogpunt van verkeersveiligheid bezwaren verbonden. Mogelijke gevaarlijke situaties die het gevolg kunnen zijn, worden toegelicht.

Sociale veiligheid ten slotte, is vooral bij afzonderlijk gesitueerde langzaamverkeer-tunnels in het geding. Een tunnel waarin de gebruikers zich niet veilig voelen zal sommige groepen potentiële gebruikers weerhouden er gebruik van te maken. Vooral voor ouderen betekent dit vaak een ongewilde beperking in hun mobiliteit.

De notitie wordt afgesloten met enkele voorlopige conclusies en een (vanwege de beperkte beschikbare gegevens over het ontwerp) uiterst globale toetsing van de geprojecteerde tunnel aan de beschreven uitgangspunten.

## Summary

This report offers a qualitative description of the principal perspectives in the field of special infrastructural facilities for cycle traffic, to assist in the design and construction of a cycle tunnel to be located in the province of South Holland.

The steering and propelling of a cycle demands considerable skill and effort. The elderly in particular perform less well in this respect and are less able to carry out complex tasks. In formulating principles for design requirements, the limitations of the older cyclist should be adhered to as normative.

The stability and the braking capacity of the cycle are important factors with a view to safety. In this regard, there is a great diversity in the various bicycle types.

The assessment of whether a certain gradient is still acceptable for cycles is generally considered to be dependent on the strength needed to cycle up the incline in question without having to get off the bicycle. However, everything argues in favour of basing this assessment on road safety considerations. One suitable criterion is that the road user should be able to bring his vehicle to a stop in a safe manner.

While the problem with respect to steeper gradients is particularly a question of comfort, descending slopes also demand attention, particularly from the point of view of road safety. It is interesting to note that in this respect, the literature concentrates almost exclusively on ascending slopes.

The dimensions for cycle facilities, such as traffic tunnels, are subject to minimum requirements. Determinant factors in this regard are the requisite track width, the consideration that cyclists generally drive alongside each other and the fact that there is question of both mixed and two-way traffic. Also influencing the choice of the correct width is the proportion of moped riders and the intensity of use at peak times. A minimal margin of space should be included with respect to the tunnel wall.

Several suggestions have been made for markings and use of colour on the road surface. In the first case, with regard to dividing both directions of traffic flow and accentuating the edge of the driving strip, in the second case to delineate the separation between mopeds and cycles and the pedestrian zone. Furthermore, the importance of the viewing distance is considered. Some indicative values are given. In addition, several requirements which tunnel lighting must satisfy are explained.

The mixed use of the road by moped riders and cyclists, particularly with two-way traffic, is associated with objections from the perspective of road safety. The potentially hazardous situations which may result are described.

Finally, social safety, particularly with isolated slow traffic tunnels is at issue. If people do not feel safe in a certain situation, this will prevent some groups of potential users from using the facility. Particularly for the elderly, this often means an unwelcome restriction in their mobility.

The note closes with several interim conclusions and (due to the limited amount of available data on the subject) a very broad assessment of the projected tunnels with respect to the principles described above.

# Inhoud

<i>Voorwoord</i>	7
1. <i>Inleiding</i>	9
2. <i>De fietser</i>	11
2.1. <b>Taken en gedrag</b>	11
2.2. <b>Belastbaarheid en energie-overdracht</b>	12
3. <i>De fiets</i>	14
3.1. <b>Stabiliteit en stuurgeometrie</b>	14
3.2. <b>Remmen</b>	15
3.3. <b>Kwaliteit en onderhoudstoestand nationale fietsenpark</b>	16
4. <i>Voorzieningen voor fietsers</i>	19
4.1. <b>Benodigde ruimte</b>	19
4.2. <b>Stijgende en dalende hellingen</b>	20
4.3. <b>Suggesties voor markeringen en kleurgebruik op wegdek</b>	21
4.4. <b>Gemengd gebruik door bromfietzers en fietsers</b>	21
4.5. <b>Zichtafstanden en openbare verlichting</b>	22
5. <i>Sociale veiligheid</i>	23
6. <i>Conclusies en globale toetsing ontwerp variant 'C+'</i>	25
6.1. <b>Conclusies</b>	25
6.2. <b>Globale toetsing ontwerpvariant 'C+'</b>	27
<i>Literatuur</i>	29





## Voorwoord

Nederland is een fietsland bij uitstek. Vrijwel iedere inwoner kan fietsen en bezit wel één of ander type fiets. Bijna éénderde van de verplaatsingen vindt plaats met de fiets. Als alternatief voor het gebruik van bijvoorbeeld de auto zijn aan het gebruik van de fiets allerlei positieve aspecten verbonden: fietsen is in het algemeen gezond, relatief goedkoop, beter voor het milieu, leidt niet tot verkeersopstoppingen, legt een relatief beperkt beslag op de openbare ruimte en tast - met name in woongebieden - de leefbaarheid nauwelijks aan.

Aan de andere kant zijn aan fietsen ook nadelen verbonden: fietsen bij slechte weersomstandigheden is niet aantrekkelijk, fietsen vergt van de berijder (spier)inspanning, het manoeuvreren vereist vanwege het op zichzelf instabiele karakter van de fiets onder diverse omstandigheden nogal wat fysieke vaardigheden, fietsen kost - zeker over enige afstand - relatief veel tijd en last but not least, de fietser is relatief kwetsbaar in het verkeer, vooral bij conflicten met gemotoriseerde verkeersdeelnemers. Met name het laatste aspect dient in het verkeersveiligheidsbeleid speciale aandacht te krijgen.

Mogelijk mede onder invloed van de zorg om het milieu en de leefbaarheid zijn zowel de populariteit als de verkoopcijfers van de fiets de laatste jaren weer stijgende. Ook de overheid stimuleert vanwege de vele positieve aspecten het gebruik van de fiets van harte. In verschillende beleidsplannen is dit inmiddels tot uitdrukking gekomen. Zo zijn in het Tweede Structuurplan Verkeer en Vervoer beleidsvisies weergegeven op het gebied van bevordering en de veiligheid van het gebruik van de fiets. Nadere uitwerking hebben deze visies gekregen in het Masterplan Fiets. De belangrijkste doelstelling daarin is een toename van het gebruik van de fiets te realiseren - met name als alternatief voor het gebruik van de auto - onder voorwaarde dat de kans op ongevallen met fietsers tegelijkertijd drastisch vermindert. Deze doelstelling is eveneens, zij het niet uitsluitend voor fietsers, als uitgangspunt verwerkt in een recent ontwikkelde nieuwe benadering van de verkeersonveiligheid, welke tot doel heeft een 'duurzaam-veilig' verkeers- en vervoerssysteem te realiseren. De kerngedachte achter deze benaderingswijze is dat binnen een dergelijk systeem de kans op ongevallen vooraf al drastisch beperkt is en de kans op letsel veel kleiner dan in de huidige situatie.

Een belangrijke bijdrage aan zowel toename van het gebruik en vergroting van de verkeersveiligheid van de fiets kan gerealiseerd worden door de infrastructuur zodanig aan te passen, dat ook voor fietsers een betere kwaliteit van verkeersafwikkeling ontstaat. In de praktijk betekent dit minimaal scheiding van het gemotoriseerde verkeer bij snelheidsniveaus van 30 km/uur of hoger. Waar ontmoetingen niet te vermijden zijn, moet een laag snelheidsniveau desnoods door vormgeving van de infrastructuur worden afgedwongen. Aanleg van speciale tunnels voor fiets- respectievelijk bromfietsverkeer maken deel uit van genoemde verbetering van de infrastructuur voor langzaam verkeer.

In verband met ontwerp en aanleg van een langzaamverkeerstunnel 'Heinenoord' heeft de Directie Zuid-Holland van Rijkswaterstaat de SWOV verzocht over dit onderwerp een notitie op te stellen waarin de belangrijkste gezichtspunten die bij ontwerp van een dergelijke tunnel aan de orde zijn op basis van bestaande kennis kwalitatief worden beschreven.



# 1. Inleiding

De fiets heeft een ontwikkelingsfase van een kleine honderd jaar achter de rug. Een globale blik op literatuurverwijzingen in de meest bekende 'standaardwerken' over de fiets, leert dat er sprake is van een omvangrijke verzameling literatuur, die evenwel niet altijd even recent is. Het betreft publikaties over technische ontwikkelingen op het gebied van de fiets, over ontwerp en uitvoering van voor fietsers bestemde infrastructurele voorzieningen, en over fysiologische en ergonomische aspecten die van belang zijn ter bepaling van de acceptabele belasting van fietsers en ter beoordeling van het gedrag van de combinatie fiets/berijder. Een aanzienlijk deel van deze literatuur heeft betrekking op onderzoek en op beschouwingen van fundamentele en theoretische aard. Deze publikaties beperken zich tot één van bovengenoemde aspecten; dit is zichzelf niet zo verwonderlijk, omdat de verschillende aspecten van de fiets tot zeer uiteenlopende vakgebieden van diverse disciplines behoren.

Een veilige, comfortabele en ook nog aantrekkelijke afwikkeling van het fietsverkeer is een uiterst complex gebeuren. Het is daarvoor noodzakelijk de zojuist genoemde afzonderlijke aspecten met elkaar in verband te brengen. Dit vraagt in de eerste plaats om ordening van al het beschikbare relevante materiaal. De voornamelijk theoretische kennis op deelgebieden dient te worden geïntegreerd en de resultaten en consequenties dienen te worden 'vertaald' in ontwerpeisen die in de praktijk kunnen worden gehanteerd.

Gezien de achtergrond (en daarmee samenhangend de omvang, de beperkingen en het karakter) van deze notitie, zal de hiernavolgende bespreking zeker niet deze integratie tot stand kunnen brengen; een formulering van pasklare ontwerprichtlijnen voor veilige, comfortabele en aantrekkelijke infrastructurele voorzieningen voor fietsers kan in dit kader nog niet worden gegeven. Wel wordt in deze notitie gestreefd naar het geven van een zo compleet mogelijk overzicht van alle relevante aspecten die bij ontwerp en aanleg een rol spelen en - voorzover dat op grond van direct beschikbare kennis en inzichten mogelijk is - wat de onderlinge relaties zijn.

Fietsvoorzieningen dienen aantrekkelijk en comfortabel te zijn en moeten een vlotte en vooral veilige afwikkeling van het fietsverkeer waarborgen. Teneinde deze uitgangspunten bij ontwerp en uitvoering inhoud te kunnen geven, is niet alleen voldoende fundamentele kennis nodig over kenmerken en eigenschappen van de fiets, zijn berijder en de combinatie van beide, maar ook inzicht in aspecten die bepalend zijn voor het *gedrag* van fietsers, het *gebruik van de voorzieningen* en de *veiligheid*.

Bij dit laatste aspect, de veiligheid van de fiets, kan dan nog nader onderscheid worden gemaakt in objectieve, subjectieve en sociale veiligheid. De veiligheid van de fiets wordt mede bepaald door begrippen als weerstanden, stabiliteit, stuurgeometrie, remmen en overbrengingsverhoudingen. Deze begrippen hangen sterk samen met het type en de onderhoudstoestand van de fiets. Aan berijderskant zijn van belang het gedrag, vaardigheden, fysiologische eigenschappen en daarmee samenhangend de acceptabele belasting. Dit laatste is dan weer mede afhankelijk van leeftijd, geslacht, conditie en lichaamsgewicht en -afmetingen.

In deze notitie zal globaal eerst de fiets, daarna de berijder en vervolgens de combinatie nader worden bekeken. Vervolgens zal het verband worden gelegd met de infrastructuur. Daarna zal nader worden ingegaan op het aspect sociale veiligheid. Op basis van de beschreven gezichtspunten zal worden getracht het voorkeursplan voor de tunnel aan de belangrijkste (voorlopige) uitgangspunten voor ontwerp en uitvoering van veilige fietsvoorzieningen globaal te toetsen.

## 2. De fietser

### 2.1. Taken en gedrag

De taken van een fietser kunnen globaal onderscheiden worden in een *rijtaak* (het besturen en voortbewegen van het vervoermiddel) en in meer algemene zin een *verkeerstaak*. Tot de eerste kunnen handelingen worden gerekend die specifiek zijn voor het betrokken type vervoermiddel: voortbewegen, evenwicht bewaren, sturen, koershouden en dergelijke. Deze handelingen hangen sterk samen met zowel de eigenschappen, kwaliteit en onderhoudstoestand van de fiets en met het type fiets.

In veel sterkere mate dan bijvoorbeeld bij automobilisten zijn bij fietsers de rijtaak en de verkeerstaak nauw met elkaar verbonden. Zo is de vaardigheid een duidelijke koers te houden ook van belang voor de overige verkeersdeelnemers, want het schept duidelijkheid en verhoogt de voorspelbaarheid van de positie van de fietser ten opzichte van het overige verkeer.

Een aantal verkeershandelingen waarvoor een automobilist gemakkelijk te bedienen voorzieningen aan zijn voertuig heeft, moet de fietser zelf uitvoeren, zoals richting aangeven bij afslaan (waarbij één van de handen van het stuur moet worden genomen en achterom moet worden gekeken). Het koershouden en handhaven van de stabiliteit van de fiets/berijder combinatie wordt hier veelal in negatieve zin door beïnvloed. Ook de wankelende positie en het feit dat de fietser in de buitenlucht zit speelt hem parten. Hij is daardoor in het algemeen kwetsbaarder dan verkeersdeelnemers in andere categorieën voertuigen omdat hij de bescherming van een omvattende carrosserie mist en in het algemeen meer en eerder last heeft van invloed die wind en passerende motorvoertuigen op zijn koersvastheid uitoefenen. Kortom, de taak van de fietser *lijkt* minder gecompliceerd dan die van bijvoorbeeld een automobilist, maar is dat zeker niet.

Daarbij komt nog dat verkeersdeelname van de fietser aanzienlijke auditieve en visuele inspanning vereist. Daar allerlei weersinvloeden toch al vaak een aanslag op de visuele prestaties van de fietser doen, dienen alle verdere zichtbelemmeringen te worden voorkomen. In het algemeen is het zo dat hoe complexer de gecombineerde rij- en verkeerstaak is, des te groter de kans is op fouten en mede daardoor op ongevallen. Gezien de hiervoor besproken 'dubbeltaak' van de fietser, dienen voor hem beide taakonderdelen zo gemakkelijk mogelijk te worden gemaakt.

Naarmate de taken die men als verkeersdeelnemer moet uitvoeren gecompliceerder zijn, neemt de kans op fouten en ongevallen toe. Voor oudere verkeersdeelnemers gaat dit nog sterker op. Bekend is dat oudere fietsers verkeerssituaties minder goed en minder snel kunnen inschatten. Zij hebben vaak meer manoeuvreerruimte nodig en het fietsen op zichzelf vereist ook meer inspanning. Er blijft dan minder aandacht voor de verkeerstaak over. Ook kunnen oudere fietsers minder informatie tegelijk opnemen en verwerken. Bij voorkeur moeten ze niet met ingewikkelde situaties worden geconfronteerd. Oudere fietsers moeten in de gelegenheid zijn hun eigen tempo aan te houden; ze reageren nu eenmaal langzamer. Vooral in situaties die minder tot routine kunnen worden gerekend zodat

het handelen minder automatisch verloopt - en tunnels vallen onder deze situaties - zullen de reacties trager zijn. Bij het opstellen van uitgangspunten voor ontwerprichtlijnen van fietsvoorzieningen zullen de vaardigheden en kenmerken van deze meest kwetsbare groep maatgevend moeten zijn.

## 2.2. Belastbaarheid en energie-overdracht

De berijder van een fiets moet zijn vervoermiddel overeind houden en met eigen kracht voor de voortbeweging zorgen. Deze door spierkracht opgewekte energie wordt via pedaalbewegingen overgebracht en omgezet in een (voornamelijk) voorwaartse beweging. De optimale frequentie van de pedaalbeweging zou tussen de 40 tot 60 per minuut liggen; dit hangt samen met het nog comfortabel afwisselend spannen en strekken van de beenspieren. Minder dan 30 wisselingen per minuut (overeenkomend met een snelheid van circa 10 km/uur) zou niet meer comfortabel te noemen zijn. Als maximale pedaalkracht wordt in diverse literatuur ongeveer het gewicht van de berijder aangehouden.

De resultante van het fysiologisch proces waarin hartslag en zuurstofuitwisseling bepalend zijn voor levering van de spierarbeid, is begrensd. We kunnen in dit verband spreken van de 'absolute belastbaarheid'; dit is het maximale vermogen dat gedurende een periode van circa 4 minuten door een fietser kan worden geproduceerd. Bij belasting gedurende een langere tijd neemt dit vermogen af. In dat geval spreekt men van 'relatieve belastbaarheid'. Het gedurende enige tijd door een fietser te leveren uitwendig vermogen onder belasting, zou met '(netto) functionele belasting' aangeduid kunnen worden. Genoemde grootheden hangen samen met lichaamsafmetingen, leeftijd, geslacht, training en conditie van betrokken fietsers. Een uitgebreide beschouwing over deze materie is te vinden in een studie van Van Laarhoven (Van Laarhoven, 1984). Ook in *Bicycling Science* (Whitt & Wilson, 1982) wordt uitgebreid op deze materie en de daarop betrekking hebbende berekeningsmethoden ingegaan.

In beide genoemde publikaties worden formules gepresenteerd en uitgewerkt voor de berekening van het maximale vermogen dat door een bepaalde categorie fietsers (gemiddeld) kan worden geproduceerd gedurende een bepaalde tijd en bij een bepaald hellingspercentage. Er wordt ook ingegaan op de relatie tussen (optimale) trapfrequentie, pedaalkrachten en opgewekt vermogen. Het is duidelijk dat het type fiets ook hierin een rol speelt.

Daarnaast worden ook formules gegeven en uitgewerkt voor de berekening van het benodigde uitwendige vermogen (uitgedrukt in Watt) om tegen een bepaalde helling op te kunnen fietsen. Aspecten zoals hellingspercentage, gezamenlijke massa van berijder + fiets, de versnelling van de zwaartekracht (component), rol-, wrijvings- en windweerstand en frontaal oppervlak van de combinatie fiets/berijder, zijn in deze laatste formules verwerkt. Als uitgangspunt wordt in diverse publikaties gehanteerd dat een bepaalde helling (hellingspercentage en lengte) acceptabel is als de maximale hoeveelheid vermogen die door een fietser in de betrokken situatie kan worden opgebracht, groter is dan het benodigde vermogen om de betrokken helling op te kunnen rijden (zonder af te hoeven stappen). Deze maximale hoeveelheid vermogen wordt bepaald voor een fietser die behoort tot een als maatgevend te hanteren leeftijdscategorie.

Een indicatie voor de orde van grootte van de absolute belastbaarheid van bijvoorbeeld vijftig- tot zestigjarigen is circa 100 Watt. Piekbelastingen tot circa 200 Watt zijn gedurende korte tijdsintervallen acceptabel. Over een wat langere periode is voor mannen uit de genoemde categorie circa 80 Watt nog acceptabel, voor vrouwen 60 tot 70 Watt. De feitelijke belastbaarheid blijkt overigens sterk individueel gebonden te zijn. Als uitgangspunt voor ontwerp van fietsvoorzieningen dienen in principe de waarden van de gebruikersgroep met de laagste belastbaarheid te worden gehanteerd (in dit geval dus die van vijftig jaar en ouder!).

Het valt buiten het kader van een kwalitatieve beschrijving van aspecten, om nader op de details van de genoemde rekenmethoden in te gaan. Temeer omdat in dat geval overwogen moet worden of een deel van de substitutiewaarden in de formules niet geactualiseerd moet worden. De meeste publikaties dateren van begin van de jaren tachtig of eerder. Aangenomen mag worden dat de inmiddels plaatsgevonden ontwikkelingen, bijvoorbeeld op het gebied van de fiets (ATB's, mountainbikes) tot herziening van sommige waarden aanleiding kunnen zijn. Tevens is duidelijk geworden (zie ook § 3.3) dat de gemiddelde onderhoudstoestand van het nationale fietsenpark niet optimaal is. Maatregelen ter verbetering zullen naar verwachting slechts marginaal effect hebben. Een APK voor fietsen lijkt nu niet erg realistisch. Bij alle rekenvoorbeelden zal er dus rekening mee moeten worden gehouden dat de feitelijke waarden in de dagelijkse praktijk aanzienlijk kunnen afwijken van de tot dusver in de literatuur aangehouden substitutiewaarden in de uitgewerkte formules.

Behalve deze onzekerheden doet zich nog een tweede moeilijkheid voor: het vermoeden bestaat dat de problemen die dalende hellingen met zich meebrengen (problemen die meer de verkeersveiligheid dan het comfort raken) een beperkende factor zullen vormen bij het vaststellen van het nog acceptabele hellingspercentage. Later in deze notitie (zie § 4.2) wordt hierop nog nader ingegaan.

## 3. De fiets

### 3.1. Stabiliteit en stuurgeometrie

De fiets als 'lijn'voertuig is in principe instabiel. Handhaving van de stabiliteit (overeind blijven) en besturing vragen van de berijder gecompliceerde handelingen die voornamelijk door ervaring worden aangeleerd. De rijnsnelheid is voor een belangrijk deel bepalend voor de stabiliteit. Bij een geringe snelheid van bijvoorbeeld 4 km/uur ontstaat al gauw de neiging tot 'omvallen', bij relatief hoge snelheden - 30 km/uur of meer - kunnen zich weer andere verstoringen in de stabiliteit voordoen. Binnen een snelheidsgebied van circa 16 tot 22 km/uur blijkt de stabiliteit het gemakkelijkst te handhaven te zijn. Tot zo'n 30 km/uur zijn de verstoringen in de stabiliteit gewoonlijk relatief eenvoudig door stuurcorrecties en verplaatsingen van het lichaamsgewicht van de berijder op te vangen.

Handhaving van de stabiliteit is uiteraard mede afhankelijk van vaardigheden, gewicht, ervaring etc. van de berijder. De 'surplace' van de sprinter en afdalingen van de tour de france-renner met snelheden boven de 70 km/uur zijn bekend, maar die zijn niet representatief voor de 'gemiddelde' fietser die van de bedoelde fietsvoorzieningen gebruik moet gaan maken.

Behalve door het rijden met een uiterst lage snelheid kan de stabiliteit ook nog worden verstoord door het 'shimmy'- en 'wobble'-verschijnsel. Het eerste uit zich in sterke oscillatorische bewegingen (trillingen) van het voorwiel, het tweede in de vorm van 'golvende' bewegingen in het fietsframe (dit zou dus kunnen ontstaan bij ongecontroleerde afdalingen met hoge snelheid). Snelheid speelt bij verstoring van de stabiliteit dus een cruciale rol.

Teneinde enig inzicht in genoemde verschijnselen te krijgen is nadere beschouwing gewenst van de stuurgeometrie en de constructie van de fiets in het algemeen. De stuurkarakteristiek van een fiets wordt feitelijk beheerst door variaties van hoeken in drie vlakken.

De *eerste* belangrijke hoek is die de lijn door de (verlengde) stuurpen maakt met het wegdek (gewoonlijk tussen de 68 en 75 graden). De *tweede* is de (stuur)hoek die het stuur maakt ten opzichte van de positie van het stuur in de rechtdoor-stand en de *derde* belangrijke hoek is die tussen het vlak waarin het frame 'ligt' en het verticale vlak. Verder is de 'voorloop' van de voorvork van invloed op het 'sporen' (rechtuit gaan) van de fiets. Ook spelen de van het type fiets afhankelijke traagheidsmomenten rond wiel- en stuuras, wielbasis, stijfheid van het frame, vork en wielen, vering en karakteristiek van de banden een rol in het geheel. Ten slotte is de positie van het zwaartepunt (en in de praktijk in combinatie met de positie van het zwaartepunt van de berijder) van invloed op de stabiliteit.

Uit de literatuur blijkt dat er in de loop der jaren diverse typen en modellen fietsen zijn ontwikkeld, waardoor een grote variatie in de hiervoor besproken stuurgeometrie en -eigenschappen ontstond. Ook op dit moment is er een aantal populaire fietstypen in gebruik die onderling afwijkende stureigenschappen hebben, die speciaal zijn afgestemd op het



(bedoelde) gebruik van deze fietstypen. Zo zijn er vrij sterke verschillen in stuurkarakteristiek tussen de zogenoemde standaardfiets, de racefiets en de vooral op dit moment bij de jeugd populaire mountain- respectievelijk citybike.

Stabiliteit en wendbaarheid blijken in de praktijk een relatie te hebben: Stabiliteit (waardoor gemakkelijk koers kan worden gehouden) en wendbaarheid (bijvoorbeeld van koersfietsen) gaan ten koste van elkaar. Het is ook duidelijk dat de stabiliteit van de combinatie fiets/berijder mede wordt bepaald door kenmerken van de berijder, wiens gewicht en houding invloed hebben op de ligging van het zwaartepunt en de waarde van de traagheidsmomenten van de combinatie.

Uitgangspunt voor ontwerp en uitvoering van fietsvoorzieningen (waaronder viaducten, tunnels en fly-overs) dient te zijn dat de berijders van het type met de ongunstigste stureigenschappen (waarbij dan ook nog aanwezigheid van meegevoerde bagage in aanmerking moet worden genomen) zonder (extra) gevaar van de bedoelde voorzieningen gebruik moeten kunnen maken.

### 3.2. Remmen

Bij het formuleren van uitgangspunten voor het ontwerpen van hellingen (meer speciaal: het bepalen van het nog acceptabele hellingspercentage) wordt relatief veel aandacht besteed aan de problematiek die met de *stijgende* helling samenhangt. Ook in de literatuur ter zake ligt de nadruk op de stijgende helling (zie ook § 2.2). Aan de ene kant is dit wel begrijpelijk, want een stijgende helling die nauwelijks kan worden 'genomen' door de fietser, noodzaakt tot afstappen en staat daardoor een functioneel gebruik in de weg.

Echter, het accent ligt hier toch meer op comfort dan op veiligheid. Vanuit verkeersveiligheidsstandpunt is het hellingspercentage en de lengte van de *dalende* helling belangrijker. Immers, de gebruikers moeten onder alle omstandigheden veilig tot stilstand kunnen komen. Het is dan ook zinvol wat nader op aspecten in te gaan die bij het tot stilstand komen van de fiets/berijder-combinatie een rol kunnen spelen.

Het remvermogen wordt in de eerste plaats bepaald door de wrijving tussen band en wegdek, die afhankelijk is van de wrijvingscoëfficiënt. Het sterkste remmende effect ontstaat juist vóór het moment van slippen. Van invloed zijn hierbij materiaal en eigenschappen van band en wegdek, de grootte van het contactvlak weg/band en het remmend oppervlak. Verder zijn van invloed het toegepaste remsysteem, het al dan niet beremd zijn van beide wielen, de onderhoudstoestand van het remsysteem, het gewicht van de combinatie fiets/berijder, de ligging van het zwaartepunt van de combinatie, en het type fiets.

Het nationale fietspark is voor een deel uitgerust met trommelremmen (op beide wielen), terugtraprem (uitsluitend op het achterwiel; dit systeem loopt eerder warm en is bij kettingbreuk buiten werking), schijfrem (deze komt zelden voor en is vochtgevoelig) en tal van uitvoeringsvormen van velgremmen (op beide wielen; de kwaliteit is hier afhankelijk van het materiaal van de velg en de remblokken, het systeem is watergevoelig en kan warmlopen). In de paragraaf 'Kwaliteit en onderhoud nationale fietspark' (zie § 3.3.) gaan we nader op een en ander in.

Uiteraard speelt ook het hellingspercentage een belangrijke rol, want dat bepaalt de extra bijdrage aan de snelheid door de zwaartekracht-component langs het wegdek.

Voor het (veilig) remmen van fietsers zijn twee aspecten van groot belang: (a) de *remstabiliteit* (longitudinale stabiliteit) en (b) de minimale *stopafstand*.

Ad (a). Bij een bepaalde rijsnelheid zal plotseling (en maximaal) remmen de druk die het achterwiel op de weg uitoefent sterk doen afnemen (de reactiekracht band/wegdek kan bij sterk remmen wel tot één tiende worden gereduceerd). Onder ongunstige condities kan dit zelfs betekenen dat de combinatie fiets/berijders om het contactpunt voorwiel/wegdek gaat kantelen (populair gezegd: over de kop slaat). De grenswaarde waarbij dit gaat gebeuren kan voor diverse rijsnelheden en condities worden berekend. Een remkracht van circa 0,5 g is wel het maximum (bij een hogere waarde is er een grote kans op over de kop slaan). Het is duidelijk dat bij de keuze van de hellingshoek en -lengte er terdege rekening mee moet worden gehouden onder welke condities (aard wegdek, remsysteem en te verwachten rijsnelheden) dit effect kan optreden.

De zwaartekracht-component langs het wegdek neemt sterk toe bij toename van het hellingspercentage. Ook moet in aanmerking worden genomen dat een aanzienlijk deel van het nationale fietspark is uitgerust met uitsluitend een beremd *achterwiel*. Dit beperkt het maximale remvermogen. Ook de onderhoudstoestand is lang niet altijd optimaal. Beide gegevens zijn een argument om bij bepaling van het maximale hellingspercentage een ruime veiligheidsmarge in acht te nemen.

Ad (b). Voor berekening van het tweede aspect - de minimale remafstand (dit is de minimale afstand waarbinnen onder de geldende condities tot stilstand kan worden gekomen) - zijn betrekkelijk eenvoudige formules beschikbaar. De rijsnelheid en remvertraging zijn daarin bepalende grootheden. Een relatie met de hiervoor besproken remstabiliteit is aanwezig, in die zin dat nagegaan dient te worden of de kans op rotatie rond het contactpunt voorwiel/wegdek onder de gegeven omstandigheden (vrijwel) is uitgesloten. Fietsen met uitsluitend beremming op het achterwiel zijn ook hier weer in het nadeel: de mogelijke remkracht is geringer, de remmen worden sneller warm en de kans op 'onderuit gaan' is groter. Bovendien is bij optredende kettingbreuk een fiets met uitsluitend een terugtraprem niet tijdig en veilig tot stilstand te brengen. Globaal is de minimale remweg voor dergelijke fietsen tweemaal zo lang als voor fietsen met twee beremde wielen, tenminste als de snellere warmteontwikkeling buiten beschouwing blijft. Ten slotte heeft ook het wegdek een belangrijke invloed: een nat wegdek verlengt de minimale stopafstand aanzienlijk. Ook in tunnels is daarvoor extra aandacht gewenst.

### 3.3. **Kwaliteit en onderhoudstoestand nationale fietsenpark**

Diverse kenmerken van de fiets hebben invloed op het koershouden, op de stuureigenschappen en op de hoeveelheid energie die nodig is voor de voortbeweging. Het is opvallend dat bij berekeningen op dit punt zoals we die in de literatuur aantreffen, doorgaans de 'ideale' waarden van nieuwe fietsen als uitgangspunt worden aangehouden. Uit tal van onderzoekjes naar de onderhoudstoestand van fietsen is al gebleken dat een dergelijk uitgangspunt voor de dagelijkse praktijk niet representatief is.

Zo heeft de SWOV recentelijk in het kader van het Masterplan Fiets een studie uitgevoerd naar de invloed die fietseigenschappen hebben op het ontstaan en de afloop van ongevallen (Van Kampen, 1993). Binnen dit onderzoek is gekeken naar de kwaliteit en onderhoudstoestand van essentiële onderdelen van de fiets, verdeeld naar type fiets. In bijna driekwart van de gevallen ging het om 'gewone' gebruiksfietsen; 14% betrof sport-en/of racefiets, 11% ATB-fietsen (mountain- & citybikes) en 1% overige.

Bij een ander onderzoek, naar de aanwezigheid van zijreflectie bij een steekproef van fietsen in stallingen van bedrijven, scholen en stations (Varkevisser, 1993), bleek eveneens dat ruim driekwart van het nationale fietsenpark uit 'normale' fietsen bestaat. Dit betekent overigens niet dat zowel het aandeel sport- en racefietsen als het aandeel ATB-fietsen te verwaarlozen zou zijn. Vooral onder scholieren is het bezit en gebruik van ATB-fietsen (mountain- en citybikes) aanmerkelijk hoger.

Uit laatstgenoemd onderzoek bleek dat een kwart van het gebruik van de fiets woon/werk-verkeer betrof en eveneens een kwart schoolbezoek. De andere 50% betrof gecombineerd gebruik. De conclusie is dus dat ongeveer tweederde van het gebruik van de fiets woon/werk-verkeer of schoolgang betreft.

Een uiterst belangrijke - voor de veiligheid relevante - voorziening op de fiets is het *remsysteem*. Bij eerder genoemd onderzoek is gekeken welk type remsysteem toegepast was, of het systeem uitsluitend op het achterwiel of op beide wielen werkte, of de rem(men) goed functioneerde(n) en ten slotte hoe de staat van onderhoud was. Een kleine meerderheid (56%) van de fietsen bleek uitgerust met zowel voor- als achterrem (44% uitsluitend achterrem). Van de remmen was 44% een terugtraprem, 28% een velgrem en 28% een trommelrem. Bijna tweederde van de remsystemen bleek in principe van goede tot redelijke kwaliteit. Echter, een kwart werkte matig tot slecht en in bijna de helft van de fietsen bleek de onderhoudstoestand onvoldoende. Bijna de helft van de fietsen wordt dus uitsluitend via het achterwiel geremd, een kwart van de remmen functioneert slecht en bijna de helft is slecht onderhouden! Bij de substitutie van de uitgangswaarden in de diverse formules met betrekking tot berekening van uitwendige vermogens, rem- en zichtafstanden zal hier dan ook rekening mee moeten worden gehouden.

Met de onderhoudstoestand van andere voor de veiligheid relevante fietsdelen is het in het algemeen wat beter gesteld. Echter, bij ruim éénderde van de fietsen heeft het balhoofd te veel speling (hetgeen ten koste kan gaan van de stabiliteit); bij ruim 10% is er sprake van frameschade en bij éénderde van fietsen is het frame niet voldoende onderhouden.

In éénderde van de gevallen is de kwaliteit van frame en vork bovendien niet voldoende. Eénendertig procent van de lagers is slecht (hetgeen betekent: grotere weerstanden) en bij een kwart zijn de trappers en cranks slecht tot matig (hetgeen betekent: optimale pedaalrequentie waarschijnlijk niet haalbaar).

Als eindoordeel kwam uit de bus dat in ruim de helft van de gevallen het onderhoud en in bijna 40% de kwaliteit slecht tot matig waren. Aangenomen dat het hier om een redelijk representatieve steekproef zou gaan, geven deze cijfers wel te denken. Hoewel wettelijk is voorgeschreven dat ook een 'volksvervoermiddel' als de fiets compleet en in goede onderhoudsstaat hoort te verkeren, kan bij het ontwerpen van fietsvoorzieningen

- en dan met name van hellingen naar beneden - aan deze feitelijke situatie niet voorbij worden gegaan (onder andere bij berekening veilige beschikbare remafstand en daarmee samenhangend de lengte en het hellingspercentage).

## 4. Voorzieningen voor fietsers

### 4.1. Benodigde ruimte

Elke verkeersvoorziening vereist ruimte. Ruimte, die in de Nederlandse situatie over het algemeen schaars mag worden genoemd. De fietsers blijken in de praktijk een relatief beperkt ruimtebeslag te leggen. De richtwaarden die in deze paragraaf aan de orde komen zijn, op een enkele na, ontleend aan *Tekenen voor de fiets; ontwerpwijzer voor fietsvriendelijke infrastructuur*, publikatie nr. 74 van het CROW te Ede.

Doordat de combinatie fiets/berijder in principe niet stabiel is, heeft de fietser manoeuvreerruimte nodig om zich 'overeind te kunnen houden'. De zogenoemde 'vetergang' (dit is een soort zig-zaggend voortgaande beweging) van de fietser vereist een extra 'spoorbreedte'. De benodigde extra spoorbreedte is onder andere afhankelijk van eventuele zijwind, het al dan niet 'heuvel op' moeten rijden en de kwaliteit van het wegdek - allemaal factoren die de rijsnelheid en de stabiliteit beïnvloeden. Bij een snelheid omstreeks de 10 km/uur is de benodigde extra breedte ongeveer 0,2 m. Bij lagere snelheden (bijvoorbeeld beneden 5 km/uur kan dat oplopen tot 0,8 m; bij hogere snelheden kan het misschien weer wat minder zijn. Zijwind en windzuiging door passerend gemotoriseerd verkeer kunnen er de oorzaak van zijn dat de vereiste spoorbreedte weer wat groter wordt. Bovendien kan deze benodigde manoeuvreerruimte per individu of per groep nog wat verschillen. Ouderen bijvoorbeeld, hebben in de regel wat meer ruimte nodig; zij rijden in het algemeen ook wat langzamer. Hetzelfde geldt voor jongeren, die elkaar nogal eens afleiden. In het bijzonder is dat het geval bij groepjes scholieren. Van belang is in dit verband ook, dat fietsers 'sociale' verkeersdeelnemers zijn, in de zin dat zij veelal met zijn tweeën naast elkaar rijden (groepen scholieren waaieren zelfs nog wel breder uit en houden daarbij nauwelijks rekening met andere weggebruikers!). Dit betekent dat een fietspad bij éénrichting-gebruik minimaal 1,5 m, maar bij voorkeur 2 m breed dient te zijn. Wanneer de te verwachten passeerfrequentie hoog is, zou een ruimere maat moeten worden aangehouden. Richtlijnen voor fietsvoorzieningen die in twee richtingen en ook door bromfietsers zullen worden gebruikt, adviseren afhankelijk van het aandeel bromfietsers en de intensiteit zelfs aanzienlijk ruimere maatvoering (bijvoorbeeld bij 10 % bromfietsers en een spitsuur-intensiteit van boven de honderd: 4 m.).

Naast een fietspad dient voorts een obstakelvrije ruimte te worden gehandhaafd. Een aanvaardbare norm is hiervoor in het algemeen circa 0,5 m. Voor onderdoorgangen en tunnels geldt een norm van 0,7 tot 0,8 m. Fietsers rijden meestal ook niet vlak langs de rand van het pad. De afstand die zij gemiddeld aanhouden vanaf de zijkant hangt mede af van de hoogte van objecten direct naast het fietspad. Bij zeer geringe hoogte (lager dan 0,05 m) wordt gemiddeld 0,25 voldoende geacht, bij wat grotere hoogte in de regel 0,5 m en staan er palen, bomen of zijn er auto's aanwezig dan circa 0,75 m. Tot vaste wanden, zoals die in onderdoorgangen en tunnels worden aangetroffen, moet worden uitgegaan van een vrije ruimte van ongeveer 1,0 m (op arm/schouder-hoogte). In verband

met dit uitgangspunt worden tunnelwanden naar boven toe wel wijkend aangelegd.

#### 4.2. Stijgende en dalende hellingen

Hellingen kunnen worden onderscheiden in stijgende en dalende. Bij hellingen die in fietsvoorzieningen zijn opgenomen spelen twee belangrijke aspecten een rol: comfort en veiligheid.

Bij de opgaande helling ligt het accent doorgaans meer op overwegingen ten aanzien van het comfort. Immers, een helling die van de fietser een niet al te grote inspanning vraagt is prettiger dan een helling waarbij de fietser 'de longen uit zijn lijf' moet rijden om boven te komen, of waarbij men zelfs voortijdig moet afstappen om lopend zijn weg naar boven te vervolgen.

Veiligheid is hier echter evenzeer een factor van belang. Een breeduit slingerende fietser of een fietser met zijn vervoermiddel aan de hand kan namelijk een obstakel voor afdalende tegenliggers vormen, of extra problemen veroorzaken als zijn tegenligger ingehaald wordt door een achterop komende medetunnelgebruiker (die op zijn beurt weer op de helft van de moeizaam klimmende tegenliggers kan komen). In zulke gevallen kan een relatief gevaarlijke situatie ontstaan. Deze kwestie speelt met name in tunnels waar fietsers in beide richtingen gebruik van maken. Gemengd gebruik door fietsers en bromfietsers versterkt dit probleem. Conflicten tussen in brede vetergang klimmende fietsers (die vanwege de geleverde inspanningen ook al minder aandacht voor de overige tunnelgebruikers hebben) en snel afdalende en eventueel inhalende (brom)-fietsers (die bovendien nog een extra lange stopafstand hebben) kunnen ongevallen veroorzaken.

Dergelijke mogelijke conflictsituaties illustreren dat met name in tunnels die door gemengd (brom)fietsverkeer in twee richtingen worden benut het hellingspercentage niet alleen het comfort bepaald, maar - belangrijker nog - ook de verkeersveiligheid.

Het acceptabele hellingspercentage dient dan ook niet, zoals nu gebruikelijk is, voornamelijk te worden afgestemd op het uitwendig vermogen dat moet worden geleverd om de helling te kunnen bestijgen (volgens de gangbare bepaling van hellingspercentages moet dit vermogen altijd kleiner zijn dan het beschikbare vermogen dat een fietser uit de groep met de laagste belastbaarheid nog kan opbrengen). Veeleer zou het acceptabele hellingspercentage afhankelijk worden gesteld moeten worden van de mogelijkheid om nog *op een veilige manier tot stilstand te kunnen komen* bij eventuele calamiteiten. Op grond van betrekkelijk eenvoudige (bewegings-)formules kan de relatie tussen hellingspercentage, minimale stopafstand en te ontwikkelen snelheid worden berekend.

Het is zoals gezegd opmerkelijk dat de problemen die samenhangen met de dalende helling in de publikaties en beschouwingen over uitgangspunten voor ontwerpisen voor hellingen in fietsvoorzieningen naar verhouding zo weinig aandacht krijgen. Het risico bestaat dat aldus de gevaren van een te grote 'daalsnelheid' worden onderschat. Het is niet denkbeeldig dat fietsers deze daalsnelheid zelfs extra opvoeren om daarvan bij het oprijden van de helling te kunnen profiteren. Overigens geven de RONA-richtlijnen aan dat met één helling bij voorkeur geen grotere hoogteverschillen dan 5 m moeten worden overwonnen.

Bij een groter te overwinnen hoogteverschil wordt aanbevolen de helling in delen te splitsen, waarbij tussen elk deel een vlak stuk wordt ingelast van 25 à 30 m (om op adem te komen!).

#### 4.3. Suggesties voor markeringen en kleurgebruik op wegdek

In het algemeen verdient het de voorkeur om de aanleg van (brom)-fietsvoorzieningen voor gebruik door twee rijrichtingen zoveel mogelijk te vermijden. Dit omdat tweerichtingsverkeer de kans op conflicten vergroot. Er kunnen echter zwaarwegende argumenten zijn om toch te kiezen voor twee rijrichtingen: overwegingen van financiële aard, overwegingen met betrekking tot het ruimtebeslag of overwegingen van verkeerstechnische aard (bijvoorbeeld een gewenste beperking van het aantal kruisingen met wegen voor het gemotoriseerde verkeer).

Wanneer op grond van zulke overwegingen aan de keuze voor twee rijrichtingen blijkbaar niet kan worden ontkomen, verdient het aanbeveling een *overrijdbare visuele middenmarkering* aan te brengen. Richtlijnen stellen hiervoor een onderbroken streep van 0,1 m breedte en een lengte per blok van 0,3 m voor, aangebracht om de 2,7 m. Als kantstreep wordt een doorgetrokken streep (aan beide zijanten) met een breedte van 0,1 m voorgesteld. Bij ontbreken van een fysieke scheiding tussen het (brom)fietsers en voetgangers weggedeelte kan worden overwogen een kleurverschil in wegdek aan te brengen. Een nadeel zou kunnen zijn dat een tunnelbuis daardoor optisch smaller lijkt, vooral bij donkere kleurstelling.

#### 4.4. Gemengd gebruik door bromfietzers en fietsers

De opvatting dat bromfietzers dichterbij het overige gemotoriseerde verkeer staan dan bij de fietsers, wint de laatste jaren steeds meer terrein - in ieder geval voor zover het gaat om situaties binnen de bebouwde kom. Met de slogan 'bromfietzers op de rijbaan' zijn recent enkele experimenten uitgevoerd en geëvalueerd, waarbij de bromfietser van het fietspad werd geweerd, en werd verwezen naar de rijbaan. Tijdens het voorbereidingstraject van het nieuwe RVV 1990 is er zelfs even sprake van geweest een dergelijke regel op te nemen. Op dat moment was er vanwege de beperkte omvang van genoemde experimenten nog onvoldoende evidentie dat algemene invoering van deze regel de verkeersveiligheid ten goede zou komen.

Inmiddels is op basis van deze experimenten (Hagenzieker, 1993) wel duidelijk geworden dat bromfietzers en fietsers elkaar op het fietspad niet zo goed 'verdragen'. De kans is niet uitgesloten dat aanvullend onderzoek voldoende argumentatie oplevert om de bromfietser binnen de bebouwde kom op grond van verkeersveiligheidsoverwegingen definitief naar de rijbaan te verwijzen.

Analoog hieraan is het aannemelijk dat het gemengd gebruik van één tunnelbuis door zowel bromfietzers, fietsers als voetgangers over niet-gescheiden weggedeelten, en dit dan bovendien in twee rijrichtingen, aanleiding kan geven tot verkeersonveilige situaties, conflicten en zelfs ongevallen. Of en hoe vaak dergelijke gevolgen zich daadwerkelijk zullen voordoen, hangt samen met optredende snelheidsverschillen tussen de verschillende categorieën gebruikers, met de frequentie van het gebruik, met het hellingspercentage en met de mogelijkheden tot passeren of uitwijken (dat wil zeggen: hoe groot de totale breedte is, of er uitsluitend

sprake is van een visuele overrijdbare scheiding tussen beide rijrichtingen en of er voor fietsers een mogelijkheid bestaat uit te wijken naar het voetgangersgedeelte).

#### 4.5. Zichtafstanden en openbare verlichting

Het begrip 'zichtafstand' kan worden onderscheiden in de afstand die nodig is om de rijtaak veilig en comfortabel te kunnen uitvoeren (het *rijzicht*) en de afstand die vereist is om veilig tot stilstand te komen (het *stopzicht*; globaal gelijk aan de som van perceptie, reactietijd en remweg onder de gegeven omstandigheden).

Het rijzicht wordt in de regel aangegeven in seconden (voor fietsers is dat de afstand die gemiddeld in 10 seconden wordt afgelegd) en varieert afhankelijk van de rijnsnelheid. Voor fietsers komt dat bij een ontwerp-snelheid tussen 20 en 25 km/uur globaal neer op circa 50 m, voor bromfietsers ongeveer op 100 m.

De stopzichtafstand is uiteraard eveneens afhankelijk van de rijnsnelheid. Een gemiddelde waarde voor fietsers is ongeveer 40 m en voor bromfietsers (afhankelijk van hun snelheid) wat meer.

Tunnels en onderdoorgangen van enige lengte worden in de regel altijd van openbare verlichting voorzien. Aanbevolen wordt het verlichtingsniveau relatief hoog te maken. De kans op eventuele verblinding door bromfietsers wordt hierdoor verkleind. Behalve een relatief hoog niveau (een gemiddelde horizontale verlichtingswaarde van 7 lux bijvoorbeeld) is ook een goede gelijkmatigheid van belang, om te voorkomen dat er 'donkere' plekken in de tunnel ontstaan. Vanwege de sociale veiligheid wordt als eis ingebracht dat de verlichting herkenning van gezichten van tegenliggers (en eventueel omkijkende voorliggers) mogelijk moet maken op een afstand tussen 5 en 10 meter. Vanwege ditzelfde herkenningsaspect is monochromatisch licht ongewenst, maar dienen alle kleuren aanwezig te zijn. Onder andere op grond van efficiency-overwegingen is het gewenst aandacht te besteden aan de reflectie-eigenschappen van het aan te brengen wegdek (vanwege de invloed op de luminantie).



## 5. Sociale veiligheid

Sociale veiligheid roept sterke associaties op met leefbaarheid. Net als dit laatste begrip heeft sociale veiligheid subjectieve aspecten. Wat de één als bedreigend of 'gevaarlijk' ervaart, zal de ander wellicht geheel ontgaan. Sociale onveiligheid wordt vaak gevoed door berichtgeving in de media of gebeurtenissen die elders hebben plaatsgevonden. Soms is de aanleiding voor dat gevoel 'tastbaar' door de locatie van een voorziening (bijvoorbeeld afgelegen, in de naaste omgeving van een disco of horecagelegenheid).

Kortom, sociale veiligheid is een beladen en emotioneel onderwerp, dat uiterst complex in elkaar zit, maar waar wel degelijk rekening mee moet worden gehouden. Het is bekend dat voorzieningen voor kwetsbare weggebruikers (zoals voetgangers, maar ook fietsers) die aantoonbaar de objectieve verkeersveiligheid voor die categorie gebruikers verbeteren, door bepaalde groepen werden gemeden vanwege de sociale onveiligheid. Dit zou zelfs tot gevolg kunnen hebben dat men terugvalt op het gebruik van objectief verkeersgevaarlijker alternatieven of dat bepaalde groepen uit de samenleving ongewild in hun mobiliteit worden beperkt (bijvoorbeeld ouderen die dan maar thuisblijven!).

Het aspect sociale veiligheid komt met name aan de orde bij aanleg van voorzieningen voor voetgangers en fietsers waar sprake is van passages door parkachtige gebiedjes, viaducten, fly-overs en tunnels. De volgende beschouwing is gefocust op tunnels voor het langzaam verkeer.

Opname van tunnels in een bestaande en relatief drukke doorgaande route met een zekere concentratie van gebruikers, verdient de voorkeur.

De gedachte hierbij is, dat als maar veel mensen langskomen, er niet zo gauw iets zal gebeuren. Met andere woorden: *sociale controle* is een belangrijke factor.

Ligt de voorziening buiten de bebouwde kom, op een afgelegen plaats, in de nabijheid van een (min of meer 'slecht aangeschreven') horecagelegenheid, of is de gebruiksfrequentie laag, dan moet instellen van één of andere vorm van *toezicht* worden overwogen. Dat kan surveillance zijn of controle via monitoren. De effectiviteit moet dan wel aannemelijk zijn (dus: regelmatig zichtbare controleurs) en ingrijpen op korte termijn mogelijk maken. Voor het publiek moeten er goed waarneembare alarmeringsmogelijkheden zijn (met duidelijke verwijzingen en gebruiksvorschriften).

Andere belangrijke aspecten die als het ware het visitekaartje van de tunnel vormen zijn karakter, maatvoering, vormgeving en uitvoering van de *toeleidingsroute* en de *entree*. Beide moeten uitnodigend zijn, niet tot overbodig omlopen en omrijden aanleiding geven: doel (functie) en vormgeving moeten met elkaar in overeenstemming zijn.

De tunnel zelf dient ook *overzichtelijk* te zijn; liefst moet het eind vanaf het begin al te zien zijn en nissen en hoeken waar iemand zich zou kunnen verbergen moeten worden vermeden. De maatvoering moet niet de indruk wekken dat de tunnel nauw of laag is en de passeertijd moet zo kort mogelijk zijn. De sfeer die een tunnel uitademt wordt mede bepaald door esthetische aspecten, zoals vormgeving, decoraties, lichte kleurstelling en goed onderhoud. Dit laatste betekent toepassing van duurzame

materialen, regelmatig schoonhouden en onderhouden, vandalisme tegengaan en behoorlijke geluidsisolatie.

Technisch gezien moet het *wegdek zo vlak mogelijk* zijn (in verband met de stabiliteit van fietsers), voldoende stroef (in verband met het remmen) en vrij van condens en eventueel lekwater (idem) blijven.

*Liften* en eventueel *roltrappen* zijn een hoofdstuk apart. In de eerste plaats valt erover te discussiëren of het verstandig en nodig is genoemde voorzieningen te kiezen om de tunnel toegankelijk te maken. Nog afgezien van het kostenaspect, ontstaat bij passage door de tunnel tijdverlies en ongemak omdat er door (brom)fietsers moet worden afgestapt. Bovendien betreft het storingsgevoelige voorzieningen. Aan de andere kant biedt toepassing van roltrappen en/of liften de mogelijkheid de steilte van de (overblijvende) helling te verminderen of de lengte van de tunnel en de helling daarin te bekorten. Bovendien hoeft het hoogteverschil dat via genoemde voorzieningen wordt overwonnen niet op eigen kracht te worden gefietst. Dat kan in bepaalde gevallen als voordeel worden beschouwd. Ten slotte kunnen overwegingen die met de beschikbare ruimte en plaatselijke omstandigheden te maken hebben zwaarwegende argumenten zijn om bij de uiteindelijke keuze al dan niet van elementen als roltrappen en liften gebruik te maken. Gezien het algemene karakter van deze notitie gaan we daar op deze plaats niet verder op in.

Wordt er van roltrappen of liften gebruik gemaakt, dan zijn dit waarschijnlijk de meest kwetsbare en storingsgevoelige elementen van de tunnel. Roltrappen mogen niet te steil zijn en de indruk wekken dat de gebruikers naar beneden kunnen vallen. De liften moeten niet het gevoel opwekken 'opgesloten te zitten'. Door de liften 'open' te ontwerpen wordt weliswaar voorkomen dat claustrofobische angsten ontstaan, maar daarnaast moet ook weer met hoogtevrees rekening worden gehouden. Zowel trappensamenstel als liftbordessen moeten overzichtelijk zijn en de gebruiker niet het gevoel geven in 'een donker gat' af te dalen. Ook moeten nissen en donkere hoeken worden vermeden. In verband met mogelijke storingen, maar ook met het oog op de efficiency is aanbrengen van meerdere roltrappen respectievelijk liften te overwegen. Uiteraard moeten beide voorzieningen veilig functioneren en dienen eventuele noodknoppen die bij storingen door het publiek kunnen worden bediend en dus goed zichtbaar aanwezig te zijn.

## 6. Conclusies en globale toetsing ontwerp variant 'C+'

Het karakter van deze notitie in aanmerking nemend, is het niet mogelijk een definitief oordeel te vellen over de ontwerpvarianten voor de geprojecteerde langzaamverkeerstunnel Heinenoord, of om nu al conceptontwerpen te formuleren. Wel biedt de beschrijving van de belangrijkste uitgangspunten voldoende basis voor de volgende voorlopige conclusies respectievelijk uitspraken.

### 6.1. Conclusies

1. De overheid heeft duidelijke beleidsuitspraken gedaan over stimulering van het gebruik van de fiets en verbetering van de kwaliteit van de verkeersafwikkeling en de verkeersveiligheid voor fietsers. Om te voorkomen dat het bij uitspraken blijft, zullen inspanningen moeten worden gedaan en zullen voldoende middelen moeten worden vrijgemaakt ten behoeve van de infrastructuur voor fietsers, waartoe ook fietstunnels gerekend kunnen worden.

2. De in het voorgaande punt gesignaleerde aandacht van het beleid voor de fiets en de beleidsuitspraak het gebruik van harte te stimuleren lijkt niet direct te sporen met de relatief slechte onderhoudstoestand van het nationale fietsenpark, de povere kwaliteits- en uitrustings-eisen die (van overheidswege) aan fietsen worden gesteld en de matige controle op zowel aanwezigheid van voorgeschreven voorzieningen als de onderhoudstoestand in het algemeen. De hernieuwde en toegenomen belangstelling voor de fiets als belangrijk dagelijks vervoermiddel lijkt ook niet in recente literatuur te worden weerspiegeld. Veelal wordt teruggevallen op minder recente publikaties, waarin de meest recente ontwikkelingen op het gebied van de fiets en fietsvoorzieningen uiteraard niet verwerkt zijn.

3. De fietser blijkt vanwege het karakter en de eigenschappen van zijn vervoermiddel tijdens verkeersdeelname een vrij complexe taak (bestaande uit directe (fysieke) rijtaak en algemene verkeerstaak) te moeten uitvoeren. Behoudens enkele verkeerslessen en een verkeersexamen voor jeugdigen ontbreekt het deze categorie weggebruikers veelal aan elke elementaire vorm van verkeersopleiding. Op ontwerpers van fietsvoorzieningen rust dan ook de niet eenvoudige taak de fietsers te behoeden voor verdere taakverzwaring door het ontwerp van fietsersvoorzieningen zo simpel mogelijk te houden en optimale duidelijkheid na te streven.

4. Beschouwing van de fietserspopulatie en het huidige fietsenpark leert dat er zeker geen sprake is van een 'eenheidsfiets' of 'de fietser', en evenmin van een gemiddelde combinatie fiets/berijder. De variatie in kenmerken, vaardigheden en (verkeers)gedrag van fietsers en de eigenschappen van de diverse typen fietsen is groot. Aangezien als uitgangspunt is gesteld dat *alle groepen fietsers* veilig gebruik moeten kunnen maken van de voor hen ontworpen en aangelegde voorzieningen, en dat er voor bepaalde groepen geen beperkingen in mobiliteit mogen ontstaan, dienen de consequenties die een bepaald ontwerp heeft voor diverse categorieën gebruikers - zoals scholieren, woon/werk-gebruikers, ouderen en recreanten - te worden nagegaan en in het ontwerp te worden verwerkt.

Hetzelfde geldt voor het vervoermiddel: de eigenschappen en mogelijkheden (maar ook onmogelijkheden) van zowel de huidige gebruiksfiets, sportfiets als ATB-achtige fietsen dienen in aanmerking te worden genomen. Dit betekent tevens dat ook naar diverse combinaties van fiets/berijder zal moeten worden gekeken. In principe moeten de ontwerpeisen vervolgens worden afgestemd op de slechtst 'scorende' combinatie die nog als substantieel aandeel in de gebruikerspopulatie is vertegenwoordigd. Observaties (waaronder ook tellingen) van de huidige samenstelling van de gebruikers en verwachtingen omtrent de samenstelling in de toekomst kunnen hierin wellicht inzicht verschaffen. Voorzover de betrokken voorziening voor zowel fietsers als bromfietzers is bedoeld dient uiteraard ook rekening te worden gehouden met het gedrag en specifieke kenmerken van bromfietzers, die aanzienlijk afwijken van die van fietsers.

5. Bij beoordeling van het nog acceptabele hellingspercentage wordt - overigens niet geheel ten onrechte - relatief veel gewicht toegekend aan de problemen die de stijgende helling de gebruikers kan opleveren. Veelal wordt daarbij verwezen naar publikaties die vanuit voornamelijk theoretische achtergronden daar dieper op ingaan en tot gedetailleerde en nauwkeurige rekenmethoden zijn gekomen. Gezien de recente ontwikkelingen op velerlei gebied en de periode waarin veel van deze publikaties tot stand kwamen, is wellicht heroverweging van de destijds gehanteerde ontwerppunten voor fietsen en fietsvoorzieningen en capaciteitsnormen voor fietsers zinvol.

Een geheel andere zaak is het dat de problemen die aan de *dalende* helling kunnen zijn verbonden, juist veel minder of helemaal niet in de beschouwingen worden meegenomen, terwijl ze juist een veel directere invloed op de veiligheid hebben. Het is dan ook aan te bevelen deze problemen minstens even diepgaand te analyseren. Het zou wel eens kunnen blijken dat de daaruit voortkomende voorwaarden en beperkingen maatgevend zijn bij bepaling van het nog acceptabele hellingspercentage, respectievelijk de aanvaardbare (aaneengesloten) lengte van de helling. Dat lijkt zeker het geval te zijn in tunnels met tweerichtingsverkeer van bromfietzers en fietsers. In die gevallen dient ook onderzoek plaats te vinden naar de eventuele consequenties die te maken hebben met (het gedrag van) bromfietsen en hun berijders.

6. Uit oogpunt van verkeersveiligheid vormen gemengd gebruik van fiets-tunnels door bromfietzers en fietsers, gebruik in beide richtingen en de combinatie van beide, relatief ongunstige combinaties. Afhankelijk van de maatvoering, lengte van de helling en hellingspercentage ontstaan mogelijk aanzienlijke snelheidsverschillen en relatief veel passeer-manoeuvres. Hierdoor kunnen conflictsituaties ontstaan en daarmee zal de kans op ongevallen toenemen.

7. Absolute sociale veiligheid is een utopie. Sociale veiligheid is een vrij emotioneel beladen begrip waaraan tal van subjectieve aspecten kleven. Het gevoel van onveiligheid in tunnels hangt samen met vormgeving, lokatie, gebruiksfrequentie en nog vele andere factoren. Voor bepaalde potentiële gebruikersgroepen kan het gevoel van onveiligheid zodanige proporties aannemen dat van gebruik van de tunnel wordt afgezien. Dit kan weer betekenen dat objectief verkeersgevaarlijker alternatieven worden gekozen of - als deze niet aanwezig zijn - voor een andere wijze van

vervoer wordt gekozen of maar geheel afgezien van de voorgenomen verplaatsing. Dit laatste kan worden opgevat als een ongewilde beperking van de persoonlijke mobiliteit. Gegeven de lokale omstandigheden en beschikbare middelen zal de ontwerper naar een optimaal sociaal veiligheidsniveau moeten streven. Dit kan consequenties hebben voor zowel het ontwerp als de uitvoering en het kan aanleiding zijn tot aanbrengen van extra voorzieningen.

## 6.2. Globale toetsing ontwerpvariant 'C+'

De beschikbare gegevens over de aan de orde zijnde ontwerpvarianten voor de betrokken langzaamverkeerstunnel Heinenoord op het moment dat het concept van de voorliggende notitie werd afgesloten, waren summier. Werkelijke toetsing van de voorkeursvariant op grond van de eveneens globaal en kwalitatief beschreven uitgangspunten is niet verantwoord. Desondanks wordt hier een poging gedaan, maar wel in zeer globale zin en op enkele punten zelfs speculatief.

### ● *Hellingspercentage*

Volgens de geleverde tekening zijn de hellingen in beide richtingen ruim 400 meter lang. Het hellingspercentage bedraagt ongeveer 3,33 % (1:30) en de (hoofd)helling verwerkt zonder onderbreking een hoogteverschil van ruim 15 meter. Het is duidelijk dat dit niet strookt met het uitgangspunt dat de RONA-richtlijnen hanteert, waaraan in § 4.2 wordt gerefereerd. Wat van dit hellingspercentage precies de consequenties zijn, bijvoorbeeld ten aanzien van te bereiken snelheden op het dalende traject in de tunnel en de daarmee samenhangende stopafstanden, dient nog nader kwantitatief te worden onderzocht, zoals ook in de vijfde conclusie aangegeven. Dit geldt met name voor de bromfietzers.

### ● *Maatvoering*

Uit de beschikbaar gestelde bouwtekening blijkt dat per rijrichting een rijbaanbreedte van ongeveer 1.75 meter beschikbaar komt. In vergelijking met gesuggereerde waarden in CROW-aanbevelingen, waarnaar in § 4.1 wordt verwezen, kan niet anders worden geconstateerd dan dat de voorgestelde afmetingen 'bescheiden' zijn. Vooral als in aanmerking wordt genomen dat ook nog van gemengd gebruik door bromfietzers en fietsers en gelijktijdig gebruik in twee richtingen sprake zal zijn. Een werkelijke fysieke scheiding tussen het voor (brom)fietsers en voor voetgangers uitgevoerd als een verhoogde rand kan op zichzelf gevaar opleveren, bijvoorbeeld als de (waarschijnlijk) matig gebruikte voetgangersstrook door (brom)fietsers als uitwijkmogelijkheid wordt gekozen.

### ● *Gemengd gebruik door bromfietzers en fietsers*

In § 4.4 wordt betoogd dat gemengd gebruik als risicoverhogende factor moet worden beschouwd. Hoe hoog die risicotoename ingeschat moet worden, hangt af van het aandeel bromfietzers onder de tunnelgebruikers, en van de intensiteiten, met name tijdens het spitsuur. Opgemerkt moet worden dat er ook een relatie bestaat met de maatvoering. Bij een substantieel aandeel bromfietzers is de voorgestelde rijbaanbreedte per rijrichting (van 1,75 m) uiterst krap.

Gegeven de aanwezigheid van de direct naast de fietstunnel gelegen landbouwtunnel ontstaat al gauw de suggestie nader te onderzoeken wat de consequenties zijn als de bromfietzers naar de (mede voor dat doel aange-

paste) landbouwtunnel worden verwezen. Het is - afhankelijk van de vormgeving van de toeritten - zelfs niet uit te sluiten dat bromfietzers dat al uit zichzelf doen, om te vermijden dat ze voor de roltrappen moeten afstappen. Of bromfietzers bij deze optie extra risico lopen, valt zonder nadere studie, waarbij alle ontwerpdetails zullen moeten worden betrokken, moeilijk te zeggen. Vandaar op deze plaats een voorzichtige suggestie in die richting, die nader moet worden bekeken.

- *Tweerichtingsverkeer*

Voor tweerichtingsverkeer gaat hetzelfde op als voor gemengd gebruik. Waarschijnlijk neemt de kans op conflicten en daarmee tevens de kans op ongevallen toe. Hoe deze toename moet worden afgewogen tegen het aspect van vermindering van de sociale onveiligheid (doordat de tunnel frequenter bezet zal zijn) is moeilijk te zeggen.

Zowel bij het besluit tot gemengd gebruik als bij het besluit tot gebruik door twee richtingen spelen tal van overwegingen een rol, welke voor de opsteller van deze notitie nu nog onbekend zijn. Het kostenaspect zal daarin ongetwijfeld geen onbelangrijke zijn.

- *Toepassing roltrappen respectievelijk liften*

In hoofdstuk 5 (sociale veiligheid) zijn de voor- en nadelen van toepassing van roltrappen en liften besproken. Hieraan zou nog kunnen worden toegevoegd dat als er geen ruimtelijke belemmeringen en andere zwaarwegende tegenargumenten aanwezig zijn, een entree in de vorm van in- en uitritten waarschijnlijk te prefereren is. Voorzover de beschikbaar gestelde bouwtekening en situatieschets een indruk over de ruimtelijke mogelijkheden bieden, ziet het er naar uit dat een dergelijke oplossing in dit geval op onoverkomelijke problemen stuit.

## Literatuur

Bouwdienst Rijkswaterstaat (1994). *Langzaamverkeerstunnel Heinenoord; ontwerp boortunnel, variant 'C+'*. Bouwdienst Rijkswaterstaat.

CROW (Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond-, Water- en Wegenbouw en de Verkeerstechniek) (1993). *Tekeningen voor de Fiets; ontwerpwijzer voor fietsvriendelijke infrastructuur*. Publikatie nr. 74. CROW. Ede.

Directoraat-Generaal RWS (1994). *Fiets en landbouwverkeerstunnel Heinenoord; aspecten van sociale veiligheid; referentieonderzoek, relevante factoren bij sociale veiligheid en toetsing tunnenvarianten en aanbevelingen*. In opdracht van Zwart & Jansma B.V. door West 8 Landscape Architects B.V. Rotterdam.

Godthelp, ir. J. & Wouters P.I.J. (1978). *Koershouden door fietsers en bromfietsers*. IZF, Soesterberg/ SWOV, Leidschendam.

Hagenzieker drs. M.P. (1993). *Bromfietsers op de rijbaan*. R-93-24. SWOV, Leidschendam.

Kampen ir. L.T.B. van (1993). *De kwaliteit van fietseigenschappen en verkeersveiligheid*. R-93-62. SWOV, Leidschendam.

Laarhoven, ir. A.J.M. van & Ploeger, ir. J. (1980). *Fietsers op hellingen*. Artikel in *Verkeerskunde* 31 (1980, nr.2) blz. 59 t/m 62. ANWB, Den Haag.

Laarhoven, ir. A.J.M. van (1984). *Ontwerpen van hellingen voor fietsers*. Artikel in *Verkeerskunde* 35 (1984, nr. 12) blz. 540 t/m 543. ANWB, Den Haag.

Laarhoven, ir. A.J.M. van (1984). *Grondslagen voor het ontwerpen van hellingen ten behoeve van het fietsverkeer; een onderzoeksverslag*. Nijmegen.

Twisk drs. D.A.M. & Hagenzieker, drs. M.P. (1993). *Feitelijk en beoogd fietsgedrag in relatie tot veiligheid*. R-93-24. SWOV, Leidschendam.

Varkevisser, G.A. (1993). *Zijreflectie bij fietsen. Onderzoek naar de aanwezigheid van wielcirkels bij fietsen*. R-93-54. SWOV, Leidschendam.

Whitt, F.W. & Wilson, D.G. (1982). *Bicycling Science; second edition*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, USA; London, England.







