

DE VEILIGHEID VAN DE FIETS IN HET WEGVERKEER

Een literatuurstudie als onderdeel A van het project "Veilige fiets en letselpreventie" van het Masterplan Fiets

R-92-12

Ir. L.T.B. van Kampen

Leidschendam, 1992

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV



## INHOUD

1. Inleiding
2. Historisch perspectief
3. Omvang van het probleem in Nederland
4. De literatuur in vogelvlucht
  - 4.1. Algemeen
  - 4.2. Specifieke studies
5. Eigenschappen van fietsen en de relatie tot verkeersveiligheid
  - 5.1. Remmen
  - 5.2. Verlichting
  - 5.3. Rijstabiliteit
  - 5.4. Frame en voorvork
  - 5.5. Aandrijving
  - 5.6. Banden
  - 5.7. Botsveiligheidseigenschappen
  - 5.8. Defecten
  - 5.9. Overige delen
6. Categorisering
7. Veiligheid en duurzaamheid
8. Discussie
9. Conclusies en aanbevelingen

## Literatuur

## 1. INLEIDING

In dit rapport wordt de literatuur beschouwd over de veiligheid van de fiets in het wegverkeer, met name gericht op de relatie tussen specifieke fietseigenschappen en het ontstaan of de afloop van fietsongevallen.

Op grond van het huidige overheidsbeleid wordt van fietsverkeer een bijdrage verwacht in het wegnemen van de auto-verkeersdruk op autoroutes. Bij de formulering van het van dit beleid afgeleide Masterplan Fiets heeft men zich duidelijk gerealiseerd dat dit ook consequenties heeft voor de manier waarop met de negatieve aspecten van fietsverkeer moet worden omgegaan. Dat heeft geleid tot het opzetten en uitvoeren van tal van studies betreffende fietsveiligheid, waaronder een aantal gericht op de botsveiligheid van fietsers en een aantal gericht op de veiligheid van de fiets als vervoermiddel. Tot deze laatste groep projecten behoort ook deze literatuurstudie.

Een fiets is een typisch assemblageprodukt, hetgeen zou betekenen dat vooral de afzonderlijke onderdelen aan nadere regels zouden moeten worden onderworpen om invloed op het geheel te hebben. Maar uiteindelijk gaat het wat de verkeersveiligheid betreft om de fiets als geheel en zijn veiligheidseigenschappen in het verkeer in het bijzonder.

Daarom is door de rijksoverheid spoedig na het begin van het traject fietsveiligheid onder Masterplan Fiets in principe gekozen voor het centraal stellen van uit verkeersveiligheidsoogpunt te stellen eisen aan fietsen als een middel om de fietsveiligheid te vergroten.

In dit rapport wordt beoogd te achterhalen aan welke delen van de fiets verkeersveiligheidseisen gesteld moeten worden. In project B2, dat door IW-TNO min of meer gelijktijdig wordt uitgevoerd, wordt aan die eisen een meer kwantitatieve invulling gegeven, nog steeds vanuit het primaire verkeersveiligheidsoogmerk. In die studie zijn de bestaande wettelijke eisen en normen in binnen- en buitenland uitgebreid aan de orde.

In vervolprojecten zal de vertaling van die primaire eisen naar nieuwe wettelijke eisen en normen dienen plaats te vinden opdat uiteindelijk het produkt, de fiets, een veiliger wegvoertuig kan worden dan thans.

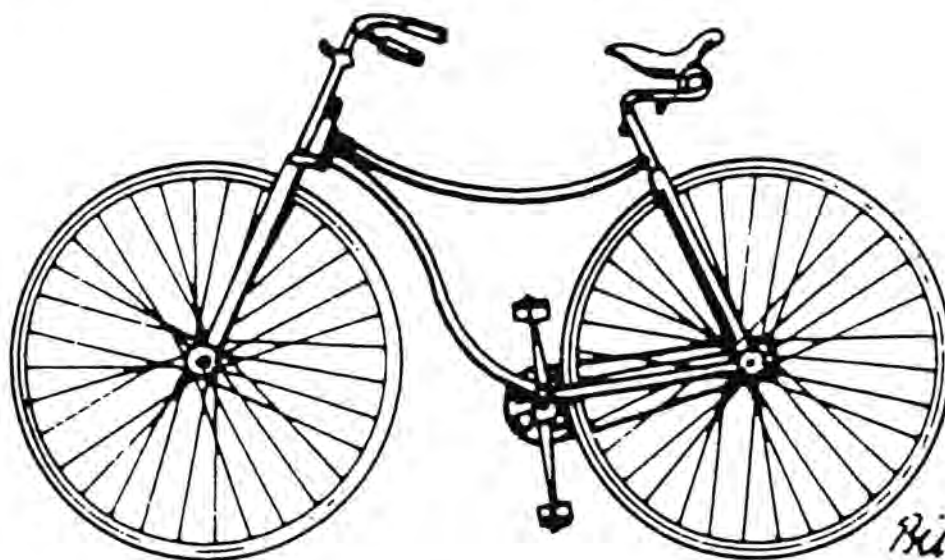
Bij het beoordelen van de verschillende aspecten van fietsen zal meermalen een vergelijking worden getrokken met overeenkomstige aspecten bij auto's of andere motorvoertuigen. Dit houdt verband met het feit dat bij die laatste categorie voertuigen in vrijwel alle gevallen sprake is van bestaande regelgeving waarbij aansluiting wordt gezocht.

Hoewel voor de gedachtenbepaling wordt uitgegaan van de fiets voor volwassenen, betreft dit rapport de veiligheid van alle (tweewielige) fietstypen. In veel gevallen gelden de gevonden eigenschappen en verbanden dan ook voor alle typen, maar in specifieke gevallen zal aandacht aan de problematiek van bepaalde fietstypen worden gegeven (zoals kinderfietsen en ouderenfietsen in relatie tot rijstabiliteit en remmen).

## 2. HISTORISCH PERSPECTIEF

Van vrijwel geen ander modern vervoermiddel kan worden gezegd dat het meer dan een eeuw geleden is ontstaan en uiterlijk nagenoeg onveranderd is gebleven.

Voor fietsen is dat het geval. In het midden van de jaren tachtig van de 19de eeuw ontwikkelden verschillende constructeurs een zogenaamde veiligheidsfiets die sindsdien niet meer fundamenteel zou worden gewijzigd. (Afbeelding 1). Deze veiligheidsfiets was overigens een enorme verbetering ten opzichte van de tot dan toe gebruikelijke fietstypen, waaronder de populaire hoogwielfiets.



Afbeelding 1. Veiligheidsfiets uit 1884.

De fiets kan worden vergeleken met de personenauto met benzinemotor, waarvan de eerste bruikbare modellen eveneens in de jaren tachtig van de vorige eeuw ontstonden. Ook voor die personenauto geldt dat het toen aangehouden basismodel nog steeds bestaat.

Echter de overeenkomsten tussen een Benz van 1886 en een Mercedes van 1992 zijn nagenoeg nihil, terwijl een fiets van 1886 (op enige afstand) als een moderne fiets zou kunnen worden gezien.

Dit wil nu ook weer niet zeggen dat alle technische ontwikkelingen van de laatste 100 jaar aan de fiets voorbij zijn gegaan:

Remsystemen en verlichtingssystemen van vroeger zijn allang achterhaald;

lageringen van alle betrokken onderdelen zijn nauwelijks meer slijtagegevoelig. Luchtbanden zijn veel betrouwbaarder dan de eerste uitvoeringen die dankzij Dunlop aan het begin van deze eeuw een wereldrevolutie betekenden. Er heeft een aanzienlijke gewichtsbesparing plaatsgevonden onder andere door toepassing van lichtere materialen en betere verbindingstechnieken.

Toch is de fiets kennelijk niet wat uiteindelijk beoogd wordt: een veilig en betrouwbaar vervoermiddel. Het grote aantal verkeersongevallen en de daarbij resulterende verkeersslachtoffers wijzen op het bestaan van een zeer groot verkeersonveiligheidsprobleem. Aangenomen mag worden dat deze problematiek in de eerste plaats samenhangt met de kwetsbaarheid van deze wijze van transport: een onbeschermd verkeersdeelnemer op een nietig vervoermiddel te midden van vooral gemotoriseerd wegverkeer.

In dit rapport wordt in het bijzonder ingegaan op de rol die de fiets bij dat proces speelt en de rol die de afzonderlijke fietseigenschappen spelen. Daarbij wordt de rol van de fietser als bestuurder-verkeersdeelnemer en eigenaar-onderhoudsplichtige niet verwaarloosd.

Voor de praktische bruikbaarheid van deze literatuurstudie wordt op voorhand al een indeling gemaakt, op grond van algemene kennis over voertuigveiligheid, van de relevant te achten voertuigeigenschappen. Zo worden onderscheiden en afzonderlijk bekeken:

- remmen
- verlichting
- rijstabiliteit
- frame en voorvork
- aandrijving
- banden

Voorts wordt in afzonderlijke paragrafen of hoofdstukken aandacht gegeven aan: botsveiligheid, defecten, categorisering, veiligheid en duurzaamheid.

### 3. OMVANG VAN HET PROBLEEM IN NEDERLAND

Fietsers vormen met hun ongeveer 14 miljoen fietsen verreweg de grootste groep potentiële verkeersdeelnemers. Hun verkeersveiligheidsprobleem is dan ook navenant groot.

Blijkens ongevalgegevens van de VOR overleden jaarlijks ca. 300 fietsers als gevolg van een verkeersongeval en worden er ca. 3500 fietsers in een ziekenhuis opgenomen. Aangenomen mag worden dat het eerste aantal redelijk met de werkelijkheid overeenkomt. Echter, van het tweede aantal is inmiddels bekend dat het verre van compleet is; het werkelijke aantal ziekenhuisslachtoffers ligt ongeveer twee maal hoger, in de ordergrootte van 6800 (Van Kampen, 1991). Uit dat rapport blijkt bovendien dat het aantal fietsers-ziekenhuisslachtoffers als gevolg van botsingen met niet-motorvoertuigen twee maal zo groot is als het aantal fietsers-ziekenhuisslachtoffers van botsingen met motorvoertuigen. Dit is in zoverre interessant voor het onderhavige onderwerp dat nagegaan zou kunnen worden welke fietseigenschappen juist bij dit type ongeval van betekenis kunnen zijn geweest ofwel welke fietseigenschappen van belang zijn om dit type ongeval te voorkomen.

De onderrapportage van fietsers-verkeersslachtoffers die niet in een ziekenhuis zijn opgenomen (overige gewonden) is nog veel groter dan dat van de overeenkomstige ziekenhuisslachtoffers (Harris, 1989), zodat VOR-gegevens hiervoor niet gebruikt kunnen worden. De schatting is dat het gaat om een jaaraantal van ca. 100.000 (Harris, 1989; Oei, 1991), terwijl de politie daarvan ruwweg 10% registreert.

Zowel naar botstype als naar leeftijd is de mate van onderrapportage zeer verschillend, zodat ook niet van een behoorlijke afspiegeling van de werkelijkheid sprake is.

Alleen bij auto-inzittenden zien we een groter dodental (jaarlijks ca. 700 slachtoffers), maar onder ziekenhuisslachtoffers en overige gewonden vormen fietsers duidelijk de grootste groep verkeersslachtoffers.



#### 4. DE LITERATUUR IN VOGELVLUCHT

##### 4.1. Algemeen

Voor het doel van dit onderzoek is de eerste optie het vinden van fietsers-ongevallenstudies waarin met name gekeken is naar de oorzaak van de ongevallen in relatie tot de fiets.

Deze studie werd aangevangen vanuit het besef dat over de invloed van fietseigenschappen op het ontstaan van verkeersongevallen slechts door weinig auteurs wordt gerept. Reeds eerder was immers al gebleken dat het aantal deugdelijke min of meer recente fietsers-ongevallenstudies waaruit geput moet worden, beperkt is als het gaat om het in kaart brengen van de botsveiligheidsproblematiek van fietsers (Huijbers, 1988).

Reeds in de jaren zeventig werd aan het probleem van de onveiligheid van fietsers met name in de USA uitgebreid aandacht geschonken, vooral met het oog op kinderen in het verkeer. Rice & Roland (1970) rapporteerden aan de hand van hun experimentele en mathematische studie dat voor het verbeteren van de veiligheid van fietsen (via kwaliteitsstandaards en consumentenvoorlichting) drie zaken nodig waren:

- uitvoeriger full-scale experimenten om een databank te vormen gericht op de rijeigenschappen van fietsen;
- ongevallenonderzoek naar de oorzaken van fietsongevallen in relatie tot het fietsontwerp;
- nader gebruik van mathematische simulaties van fietsstabiliteit.

Met name met de tweede aanbeveling is over het algemeen weinig gedaan, hetgeen bij deze literatuurstudie juist aan de orde is. In Amerika is men echter wel meer in het onderwerp geïnteresseerd geweest dan in menig ander land, hetgeen onder meer valt af te leiden van de Amerikaanse regelgeving (zie Kostense, 1992).

Het feit dat in de literatuur weinig aandacht bestaat voor fietseigenschappen in relatie tot verkeersveiligheid wordt ook treffend geïllustreerd in het rapport Safety of two-wheelers (OECD, 1978).

In de weinige paragrafen die op voertuigeigenschappen ingaan, is de aandacht vooral gericht op verbetering van de voertuigeigenschappen van gemotoriseerde tweewielers. Als belangrijk terrein voor verbetering wordt

voor alle tweewielers wordt gewezen op de remeigenschappen en in tweede instantie op verlichting en voertuigstabiliteit tijdens rijden en manoeuvreren.

Een van de weinige indepth-studies waarin mede naar de oorzaak van fietsongevallen is gekeken en naar de rol die de fiets daarbij speelt is die van Roland et al. (1979). Op de resultaten van deze studie, die uitsluitend betrekking heeft op motorvoertuig/fietsongevallen, wordt afzonderlijk ingegaan in de volgende paragraaf.

Van meer recente datum is de indepth-studie van Otte (1989) welke in hoofdzaak is gericht op de afloop van tweewielerongevallen, maar waarin ook fietsgegevens zijn opgenomen. Over die afzonderlijke aspecten zijn echter nog geen gedetailleerde publikaties beschikbaar.

Zeker niet onvermeld mag blijven een Nederlandse studie van Kortstra & Schoone-Harmsen (1987). In dit rapport worden fietsongevallengegevens uit het Privé-ongevallenregistratiesysteem (PORS) gebruikt en wordt zowel op oorzakelijke factoren als op fietseigenschappen en -onderdelen ingegaan.

Voorzover in de aangetroffen literatuur fietseigenschappen al een rol spelen, wordt veelal een relatie tussen voertuiggebreken en verkeersveiligheid gezocht.

In tweede instantie is in de verschillende beschikbare literatuurbestanden gezocht naar rapporten waarin op zijn minst de fiets en fietseigenschappen aan de orde komen, ongeacht de vraag of het om een ongevallenstudie ging. Dit leverde duidelijk meer hits op dan bij de primair beoogde literatuur, maar ook hierbij geldt dat de relevantie voor het onderzoekdoel bij de meeste werken gering is.

De niet-ongevallenliteratuur betreffende fietsen en/of fietseigenschappen bestaat uit enerzijds handboeken die vooral gericht zijn op de kunst van het fietsen en de daarbij relevante fietseigenschappen; anderzijds zijn er relatief veel studies uitgevoerd op deelterreinen, zoals afzonderlijke fietseigenschappen zoals remmen, verlichting e.d.

Deze laatste studies zijn in het algemeen weer te verdelen in puur technisch gerichte activiteiten (normontwikkeling, testen van bestaande constructies) en meer wetenschappelijk gerichte studies gericht op de betreffende functie (verlichting, zijreflectie, rijstabiliteit).

Wat de handboeken betreft, is er feitelijk maar één werk tevoorschijn gekomen dat als een wetenschappelijk document op het complete fietsterrein kan worden beschouwd, namelijk dat van Whitt & Wilson (1982).

Het zwaartepunt van de Nederlandse fietsveiligheidsliteratuur ligt op het gebied van fietsinfrastructuur en op het gebied van het fietsverkeersgedrag en de bijbehorende regelgeving. Maar er zijn ook voor deze literatuurstudie relevante publikaties. Daaronder is de vooral op normering, functionaliteit en kwaliteit gerichte belangstelling van IW-TNO goed te onderkennen. Daarnaast zijn er rapporten van de Integrale Werkgroep Acoustische Centrifuge en Cijfers (IWACC) met name over fiets-verlichting. Deze kritische groep onderzoekers, inmiddels helaas ontbonden, werkte veelal samen met de ANWB.

Intensieve SWOV-bemoeienis met fietseigenschappen is gericht geweest op bereikbaarheid (samen met IZF-TNO) en op de verlichting en zijreflectie van fietsen. Voorts zijn uitgebreide rij- en remstabiliteitsstudies verricht door het VSC.

Het vermelden waard is de betrokkenheid van een aantal Nederlandse instanties onder leiding van de voormalige DVV bij de ontwikkeling van een fietskwaliteitsplan waarvan afronding eerst kon plaatsvinden in het kader van Masterplan Fiets (Kostense, 1991).

Zoals zal blijken schetst het merendeel van deze Nederlandse publikaties een beeld van een vervoermiddel dat duidelijke verbetering behoeft. Tegelijk kan echter worden vastgesteld dat die verbetering voorzover valt te bereiken met nadere regelgeving nog niet is bereikt.

Het valt aan te nemen dat het beeld van relatief geringe aandacht voor de veiligheidsaspecten van de fiets onder invloed van het huidige overheidsbeleid snel ten goede zal kunnen wijzigen.

Om lacunes in de literatuur op te vangen is gebruik gemaakt van algemene voertuigkennis op verkeersveiligheidsgebied en is ook zoals in de Inleiding is vermeld, meermalen de parallel met (literatuur over) personenauto's getrokken.

#### 4.2. Specifieke studies

Door hun compleetheid komen enkele van de gerapporteerde studies voor een afzonderlijke bespreking in aanmerking.

In de eerste plaats is dat de eerder genoemde studie van Kortstra & Schoone-Harmsen (1987).

Deze op PORS-gegevens gebaseerde analyse van ongevallen- en letselgegevens kent een aantal paragrafen gewijd aan fietsaspecten en aan oorzakelijke factoren.

De beschikbaarheid van deze gegevens is enigszins vergelijkbaar met die welke op de politie-registratieformulieren worden genoteerd; dat wil zeggen, het gaat in feite om extra gegevens die daardoor ook niet systematisch beschikbaar zijn voor alle geregistreerde ongevallen.

Een andere bijzonderheid van de studie is de vrij uitgebreide (doch volgens het rapport niet complete) inventarisatie van internationale aan fietsen te stellen eisen en normen.

De studie betreft ongevalgegevens die grotendeels (ca. 90%) voldoen aan de definitie die door het CBS/VOR wordt gehanteerd voor verkeersongevallen. Echter, zoals we inmiddels hebben gezien worden juist deze PORS-ongevallen door hun aard (vooral eenzijdige botsingen) slechts sporadisch door de politie geregistreerd. De PORS-registratie vormt daarom een zeer welkome aanvulling op VOR-gegevens. Om die reden ook heeft de SWOV in samenwerking met SCV een proefonderzoek uitgevoerd naar de bruikbaarheid voor verkeersveiligheidsanalyses van PORS-gegevens welke daartoe enigszins werden aangepast (Blokpoel, 1990).

PORS-gegevens worden via een representatieve steekproef verzameld op de EHBO-afdelingen van deelnemende ziekenhuizen.

Van direct belang voor deze literatuurstudie is de paragraaf over 'produktgebonden ongevalsdeterminanten' die over 'gedragsgebonden ongevalsdeterminanten' en de paragraaf over 'ongevalsdeterminanten, oorzaak van letsel'. De in deze paragrafen gebruikte gegevens zijn afkomstig van dat deel (gemiddeld 35%) van de geregistreerde ongevallen waarbij de invuller min of meer bruikbare informatie verschafte over de toedracht. Deze selectie blijkt niet representatief voor alle PORS-fietsongevallen te zijn zodat de bijbehorende cijfers als indicatief moeten worden beschouwd. Vrij frequent genoemd als categorieën in het eerste geval worden o.a. 'voet van trapper glijden', 'blokkeren fiets', 'losraken voorwiel', 'breuk voorvork', 'weigeren rem' en 'door versnelling trappen'.

Uit het feit dat bij 7,1% van de geselecteerde ongevallen een deel van de fiets of een defect aan de fiets als oorzaak wordt aangegeven, concluderen de onderzoekers dat bij minstens 2,5% van alle geregistreerde PORS-ongevallen zo'n oorzaak aan de orde is.

Bij de gedragsgebonden factoren, die als aanleiding tot het ongeval waren genoteerd, komt 'voet tussen spaken' zodanig frequent (11 tot 12% bij gewone gebruiksfietsen) tevoorschijn dat een aparte analyse aan deze groep werd gewijd mede gericht op de letselkant.

Een conclusie uit het rapport met betrekking tot het vervoeren van passagiers (kinderen) en/of zware bagage is dat juist deze activiteiten eerder tot het ontstaan van ongevallen aanleiding geven.

Ook op- en afstappen werd vrij frequent tot aanleiding van het ongeval gerekend, iets wat logisch lijkt als het in verband wordt gebracht met instabiliteitsproblemen bij lage rijsnelheid (par. 5.3).

Onder de oorzaken van letsel worden de volgende fietsdelen vaak genoemd; 'op stuur' en 'gestoten aan fiets'; zie voorts par. 5.7 over de botsveiligheid van de fiets.

De tweede studie welke apart wordt besproken is die van Roland et al. (1979).

Het betreft een indepth-studie uitgevoerd in een gebied rond Los Angeles, waarin zowel ter plaatse (zo spoedig mogelijk na het ongeval) als later gegevens zijn verzameld. De studie betrof uiteindelijk ca. 700 cases van motorvoertuig/fietsongevallen (zie ook Huijbers, 1988).

Gegevens betreffende de fiets werden expliciet meeverzameld. Die gegevens betreffen een uitgebreide typering van de fiets zelf, van defecten aan de fiets welke als (mede) oorzaak van het ongeval konden worden gezien en van letseloorzaken op de fiets.

Voor de goede orde moet hier worden vermeld dat het niet waarschijnlijk is dat de zowel voor wat betreft fietstypen als fietspopulatie van Nederland afwijkende situatie tot direct voor ons land bruikbare gegevens leidt. Dat geldt ook voor de motorvoertuigen die als botspartners van de fietsen werden geregistreerd.

De studie is echter door haar opzet en uitvoering, vooral ook door de doordachte gegevensverzameling en het analysedesign, buitengewoon interessant voor eventuele navolging. Daarnaast zijn de resultaten in principe ook goed bruikbaar, voorzover het gaat om een kwalitatieve indruk van de relatie tussen fietseigenschappen en verkeersveiligheid.

Wat de resultaten van deze studie betreft wordt onder meer gemeld dat 49% van de bij de ongevallen betrokken fietsen voor het ongeval in een minder goede staat waren (35% was redelijk en 14% was slecht).

Van alle defecten die als aanleiding van het ongeval een rol speelden werden defecten aan remmen het vaakst gevonden. In deze studie was het probleem vooral het falen van handremmen (knijpremsystemen).

Ook in deze studie werd naar de fiets als letselbron gekeken, doch volgens de onderzoekers werd nagenoeg geen ernstig letsel als gevolg van directe aanraking met de fiets gevonden. (Gewerkt werd met het AIS-letselernst-coderingssysteem). De onderzoekers wezen wel op de wenselijkheid van ont-scherping van fietsonderdelen met het oog op verkleining van de kans op licht letsel bij botsing.

De voornaamste zorg (uitgedrukt in conclusies en aanbevelingen van de onderzoekers) was naast die van de ondeugdelijke remmen, het ontbreken van reflectiemiddelen en verlichting, welke in de Amerikaanse situatie van die tijd overigens kennelijk niet verplicht waren.

Hiermee is bovengenoemde beperking aan de orde die bij het gebruik van buitenlandse gegevens altijd al speelt, maar zeker geldt voor fietsgegevens: In Nederland wordt over het algemeen van andere fietstypen gebruik gemaakt dan in andere landen (de Holland-fiets is daar zelfs een apart type!).

In andere landen gelden andere eisen voor fietsen (zie o.a. Kostense, 1992).

De bruikbaarheid van buitenlandse fietsgegevens, ook die van ongevallen met fietsen is daardoor beperkt.

## 5. EIGENSCHAPPEN VAN FIETSEN IN RELATIE TOT DE VERKEERSVEILIGHEID

Conform het gestelde aan het eind van Hoofdstuk 2 is gekozen voor een indeling naar op voorhand relevant te achten fietseigenschappen- en onderdelen.

Gepoogd zal worden aan de hand van de verzamelde literatuur de relevantie van de onderscheiden delen voor de verkeersveiligheid vast te stellen. Naast remmen, verlichting, frame en voorvork, rijstabiliteit, aandrijflijn en banden worden ook aparte paragrafen gewijd aan de botsveiligheid van de fiets en aan defecten; er resteert een paragraaf voor eventuele overige delen van de fiets.

Na dit hoofdstuk over fietseigenschappen is een hoofdstuk over veiligheid en duurzaamheid van fietsen opgenomen en een hoofdstuk over categorisering.

### 5.1. Remmen

Remmen behoren tot de primaire veiligheidseigenschappen van ieder wegvoertuig. Gezien de primaire functie van remmen, welke immers bedoeld zijn het voertuig binnen de kortst mogelijke afstand tot stilstand te kunnen brengen, onder meer om ongevallen te vermijden, is dit punt ook verder niet ter discussie. Daartoe moeten remmen van fietsen, net als die van motorvoertuigen, tot een maximale remprestatie in staat zijn. In de praktijk is hier van een buitengewoon treurige situatie sprake, zowel door het ontbreken van een adequaat remsysteem als door de slechte onderhoudsstaat van fietsen.

Hoe belangrijk verkorting van de remweg voor motorvoertuigen is, is beschreven door Van Kampen & Schoon (1991).

De winst bij personenauto's als gevolg van één-tiende tot twee-tiende seconden remtijdverkorting (afhankelijk van de uitgangssnelheid betekent dit enkele meters remwegverkorting) ligt in de orde grootte van enkele procenten minder ongevallen, mede afhankelijk van het beschouwde botstype. Het principe van deze berekening is zonder meer ook voor fietsongevallen van toepassing, althans voor die gevallen waarbij van te voren wordt geremd. In tegenstelling tot bij de personenauto's is echter van fietsen veel minder bekend over de verdeling van rijsnelheden (voor de aanvang van

het remmen) om te kunnen bepalen hoeveel invloed remwegverkorting bij benadering heeft.

Ervan uitgaande dat fietsers meer dan andere typen weggebruikers afhankelijk zijn van hun vermogen gevaar door andere verkeersdeelnemers tijdig te ontdekken en te ontwijken door sturen of remmen, zou verbetering van het remvermogen resulterend in verkorting van de remweg bij fietsers wel eens minstens net zo effectief kunnen zijn als bij personenauto's het geval blijkt.

Hoe ziet die remweg van fietsers er uit? Wat is het verschil in remweg bij geringe en bij maximale remvertraging?

Bij gegeven beginsnelheid (bij fietsen worden 16 en 24 km/uur regelmatig als zodanig gebruikt), maakt een verhoging van de vertraging van ongeveer  $1 \text{ m/s}^2$  (lage waarde) naar een ordergrootte van 3 tot  $5 \text{ m/s}^2$  (hoge waarde) een enorme hoeveelheid uit.

In de volgende tabel is dat weergegeven, hierbij is de reactietijd niet meegerekend.

Vertraging ( $\text{m/s}^2$ )	Remweg (m) bij	
	16 km/uur	24 km/uur
1	9,87	22,22
1,65	5,98	13,46
2	4,93	11,11
3	3,29	7,40
4	2,46	5,55
5	1,97	4,44

Uit deze cijfers is af te leiden dat de remweg bij een in het NVR voorgestelde vertraging van  $1,65 \text{ m/s}^2$  ongeveer twee maal zo hoog is als de remweg die door reeds bestaande tweewielige remsystemen (met ca.  $3 \text{ m/s}^2$ ) gemakkelijk kan worden geleverd.

Wat zijn de meer theoretische achtergronden voor een volwaardig rem-systeem:



Zoals bij alle wegvoertuigen op rubberbanden is voor het bereiken van de maximale remvertraging benodigd:

- dat alle wielen geremd worden;
- dat de wielen tot (bijna) blokkeren gebracht kunnen worden;
- dat er voldoende grip is tussen band en wegdek.

Dit laatste impliceert op zijn beurt:

- dat de banden van een fiets aan stroefheidseisen voldoen (zie hierover para. 5.6),
- dat er voldoende micro- en macrostroefheid aan het wegdekoppervlakte bestaat.

De huidige Nederlandse wetgeving op dit gebied stelt niet alleen geen remvertragingseis aan normale fietsen, doch laat toe dat er fietsen aan het wegverkeer deelnemen waarvan slechts één wiel geremd is.

Daarmee is in ieder geval op voorhand zeker dat een redelijk groot aantal bestaande fietsen geen maximale remprestatie kan leveren.

Bij fietsen met één rem is deze doorgaans van het type terugtraprem, ingebouwd in de achterwielnaaf. Dit houdt in dat voor de juiste remwerking van dat systeem de trappers in de goede stand moeten staan opdat de remkracht via trapper, crank, kettingwielen en ketting aan de naaf kan worden doorgegeven. Het moge daarom op voorhand duidelijk zijn dat met dit van oudsher zo volstrekt normale remsysteem in veel gevallen niet adequaat geremd kan worden. Een dergelijke fiets blijft op duidelijk minder dan 50% van de maximaal haalbare remvertraging steken (o.a. Whitt & Wilson, 1982).

Er zijn praktijkmetingen beschikbaar die aangeven wat de mogelijke remvertragingswaarden zijn van de verschillende bestaande remsystemen voor fietsen.

Uit een recent Duits onderzoek (Burg & Kiehnle, 1991) is te concluderen dat met in Duitsland aanwezige fietsen een maximale remvertraging van ca.  $5 \text{ m/s}^2$  gehaald kan worden op een droog wegdek. De gemiddelde maximale remvertraging van de onderzochte fietsen lag net onder de  $4 \text{ m/s}^2$ .

De in Duitsland geldende norm (DIN 79100) op dat gebied vraagt om een minimale vertraging van  $4 \text{ m/s}^2$  bij droog wegdek (uitgangssnelheid 24 km/uur, remweg 5,5 m). Een dergelijke remvertraging is vrijwel alleen met tweewielremsystemen te halen.

Een en ander betekent dat de meerderheid van de (onderzochte) Duitse fietsen niet aan de geldende norm kan voldoen.

Volgens hetzelfde artikel is men nog bezig de norm te differentiëren naar nat en droog wegdek. Duidelijk is dat voor een nat wegdek lagere vertragingwaarden gehanteerd zullen worden (inmiddels is deze norm per maart 1992 van kracht geworden).

Op dit punt is zoals gezegd in de huidige Nederlandse situatie geen remvertragingseis van toepassing op normale fietsen.

Er bestaat wel een dergelijke eis voor driewielige fietsen, zij het dat daarbij een uiterst lage waarde wordt gesteld:  $1,65 \text{ m/s}^2$  (art. 80 WVR). Het voornemen in het nieuwe NVR is deze (lage) eis voor alle fietsen van toepassing te laten zijn.

In dit verband is nog steeds relevant wat in 1982 in de Consumentengids staat beschreven:

"Gezien de ervaringen met het testen vinden we het noodzakelijk dat de overheid technische eisen aan fietsen gaat stellen. We hebben al een paar keer meegemaakt dat frames of voorvorken braken. In de eerste plaats moeten er dus eisen worden gesteld aan de sterkte van deze delen.

In de tweede plaats de remmen. Velgremmen zijn in regenachtige omstandigheden bijna altijd onvoldoende. Dat werd aangetoond in een test van remblokjes die we elders in dit nummer beschrijven. Het wordt tijd dat in de Wegenverkeerswet een minimale remvertraging voor fietsen wordt voorgescreven. Fietsen met alleen een terugtraprem halen de Duitse norm lang niet. ...."

In 1987 publiceerde IW-TNO een rapport met aanbevelingen op het gebied van fietsremmen (Kusters, 1987).

In dit rapport worden bestaande normen en regelingen op het gebied van remsystemen gepresenteerd en vergeleken. Ook worden er theoretische en praktische beschouwingen aan de haalbaarheid van verbeteringen van het remsysteem gewijd.

In het rapport zijn onder meer resultaten van diverse (meest buitenlandse) remwegmetingen met velgremsystemen opgenomen.

Maximale remvertragingen liggen tussen ca.  $4$  en  $8 \text{ m/s}^2$  (voor systemen met voor- en achterrem).

De belangrijkste aanbevelingen, thans nog even relevant als toen zij werden geschreven, zijn:

- een fiets dient met twee 'gescheiden' remsystemen te zijn uitgerust (d.w.z. voor en achter);

- de minimale remvertraging van een fiets dient tenminste  $3 \text{ m/s}^2$  te zijn, ongeacht de vochtigheidstoestand van het remsysteem.

IW-TNO acht een dergelijke minimumvertraging met de bestaande remsystemen (in hoofdzaak: terugtraprem, velgrem en trommelrem) of combinaties daarvan, met de huidige stand van techniek, goed haalbaar.

Bij personenauto's wordt voor het stellen van remeisen niet gerefereerd aan de beladingstoestand. In de praktijk blijken moderne remsystemen ook bij vollast (maximaal toegestane wielbelasting) nog redelijk het gestelde vertragingniveau te kunnen halen.

Bij fietsen kan dit anders liggen. Door de grote druk die op gewicht- en materiaalbesparing ligt, kan het goed zijn dat de capaciteit van een remsysteem niet is opgewassen tegen noodremming met een volbeladen fiets.

De stabiliteit tijdens het remmen kan om verschillende redenen in het geding komen.

Bij blokkeren van één of beide wielen treden instabiliteiten op zoals we die gewend zijn van motorvoertuigen:

Bij geblokkeerd achterwiel kan de fiets scharen, bij geblokkeerd voorwiel wordt richtingsverandering door sturen onmogelijk gemaakt.

Evenals bij motorvoertuigen geldt dat remmen met geblokkeerd wiel een ondoelmatige en oneconomische manier is om te stoppen.

Een nog gevaarlijker vorm van instabiliteit is dat bij hoge remvertraging van de fiets, het achterwiel zodanig ontlast wordt dat de fiets over de kop kan gaan. In de praktijk blijkt het vertragingniveau wat daarbij hoort in de ordegröte van  $6$  tot  $8 \text{ m/s}^2$  te liggen.

Dat zijn echter zulke hoge vertragingwaarden dat er (behoudens uitzonderingen bij sterke afdalingen of extreme massaverplaatsing van het lichaam) in de praktijk weinig kans op bestaat. Dat neemt niet weg dat om veiligheidsredenen aan een maximum remvertraging van fietsen moet worden gedacht.

Uit de literatuur blijkt het verschijnsel dat velgremmen onder natte condities slechts een fractie van de remkracht leveren van die onder droge condities. Dit is met name het geval bij de chromvelgen, welke het meest in gebruik zijn.

TRRL concludeerde in 1974 dat het om die reden beter was om gesloten rem-systemen toe te passen zgn. 'hub-brakes' (Lewis, 1973).

Door toepassing van leren remblokjes ('fibrax') wordt dit verschijnsel teniet gedaan (Watts, 1980).

We zien al met al dat fietsen praktisch gesproken niet dezelfde maximum vertraging kunnen halen als motorvoertuigen, zoals personenauto's.

Deze laatste categorie motorvoertuigen kan onder droge omstandigheden letterlijk het maximum halen uit de wrijvingscoëfficiënt tussen banden en wegdek, zijnde vertragingen van rond  $8 \text{ m/s}^2$ ; voor fietsen is  $5 \text{ m/s}^2$  het veilige maximum.

Het advies in het eerder aangehaalde boek van Whitt & Wilson (1982) is dan ook dat het voor fietsers zeer onverstandig is dicht achter auto's aan te rijden (!!).

In het begin van deze paragraaf is kort gerefereerd aan de gebrekkige onderhoudstoestand van fietsen met betrekking tot remmen. Duidelijk onderhoudsgevoelige elementen van velgremssystemen zijn de remblokjes (al aangeduid) en de kabels. Het laatste probleem is er één van rek en slijtage, met name op draaipunten in het handvat. Verbetering van de draaipunten en zelfstellende handremmen zijn hierop (bestaande) antwoorden.

N.B. Ten aanzien van het remsysteem zelf dienen behoudens de gewenste remvertragingseis nog andere eisen gesteld te worden opdat de gebruiker in staat is de gevraagde remkracht ook te leveren.

Voor handremssystemen zijn is het gebruikelijk de kracht te specificeren die een fietser met zijn hand via een remhandel kan opbrengen (max. 500 tot 1000 N); voor kinderen ca. 50% minder. Dit type eis is vergelijkbaar met de pedaalkrachteis die bij remsystemen van motorvoertuigen van toepassing is. Voor terugtrapremssystemen geldt een hoger maximum.

Bovenstaande is tevens een illustratie van de noodzaak tot een vorm van categorisering te komen uit het oogpunt van veiligheidseisen.

## 5.2. Verlichting

Onder fietsverlichting wordt in dit rapport zowel de feitelijke (actieve) verlichtingsfunctie als de (passieve) signaleringsfunctie begrepen.

Uit het literatuuronderzoek blijkt dat dit aspect van fietsen met name in de Nederlandse situatie de meeste rapporten heeft opgeleverd.

Met behulp van ongevalgegevens is aantoonbaar dat fietsers bij schemer en duisternis een enkele malen groter ongevallen- en letselrisico hebben dan overdag (SWOV, 1973).

Verlichting van fietsen kan dan ook zondermeer tot de primaire veiligheidseigenschappen worden gerekend.

Ook bij dit onderwerp is de vraag aan de orde hoe bepaald kan worden wat het verkeersveiligheidseffect is van een bepaalde verbetering van de verlichting van fietsen.

Ook nu weer geldt dat de daarvoor noodzakelijke ongevalgegevens niet voorhanden zijn. Op onderdelen van de verlichting zijn wel schattingen en berekeningen aangetroffen van het effect van verbeteringen, zoals het invoeren van de aanwezigheidsplicht van de achterreflector en die van zijreflectie (SWOV, 1980 en 1990).

Uit de gezamenlijke literatuur komt echter wel duidelijk naar voren dat verbetering van de zichtbaarheid van fietsers tot de hoogste verkeersveiligheidsprioriteiten wordt gerekend. Passieve verlichting (retroreflectie) wordt daarbij als een belangrijk middel gezien, maar ook de verbetering van de actieve verlichting valt daaronder.

Fietsverlichting kan worden aangemerkt als het best gereguleerde onderdeel van de huidige fietswetgeving in Nederland. Er zijn in het huidige WVR diverse vereisten opgenomen in de bekende verlichtingstabellen en sinds enige jaren bestaat er als gevolg van de zijreflectieverplichting ook een hoeveelheid (keurings)voorschriften op dat terrein.

Dat wil echter niet zeggen dat die huidige regelgeving op zich voldoende geacht wordt, noch dat de praktijk geen problemen oplevert.

De dagelijkse praktijk laat zien dat hier sprake is van een jammerlijke situatie. Die treurnis betreft zowel het feitelijk gedrag van fietsers bij duisternis: slechts een deel van de fietsers schakelt de fietsverlichting in en bovendien is sprake van een dalende tendens (SWOV, 1987), als de staat waarin de vereiste verlichtingsonderdelen zich bevinden, zoals veelvuldig geconstateerd bij politiecontroles.

Aanvankelijk is het verschijnsel gesignaleerd dat gebruikers die hun fiets overdag of voor langere duur moeten parkeren (stationspleinen!) daar bij voorkeur zo shabby mogelijk uitziende fietsen gebruiken. Deze vermomming heeft ten doel de aantrekkelijkheid voor diefstal te verminderen. De praktijk wijst helaas uit dat diefstal fietsvijand nummer 1 genoemd moet worden. Verbetering van dit verschijnsel is één van de doelstellingen van het Masterplan Fiets.

Bij een beperkte groep fietsgebruikers: jonge volwassenen, lijkt er momenteel zelfs sprake van een cultuur. Zij bezitten niet alleen onaantrekkelijke fietsen als diefstalbeveiliging, maar strippen ook de voor de veiligheid noodzakelijke onderdelen, zoals verlichting, remmen en soms spatborden. Het type fiets waar dit op plaats vindt is meestal de 'opofiets' (Lindeijer, 1988).

Wat de huidige regelgeving betreft is onder meer door Driever (1988) en Schreuder (1985) gewezen op tal van verbeteringsmogelijkheden, zowel op wettelijk gebied als op het gebied van de normen. Daarnaast wees Schreuder (1981a) op een door ISO voorgestelde verdeling van de lichtopbrengst van voor- en achterlicht die niet aansluit bij de werkelijke verkeersveiligheidsbehoefte.

Het rapport van Driever betreft een voorstel voor eisen van fietsverlichting, welk voorstel ook nu in 1992 nog volledig van toepassing is.

Uit de meer technische literatuur blijkt dat de actieve fietsverlichting binnen vrij nauwe fysische grenzen moet opereren: er is daardoor onvoldoende mogelijkheid om via mechanisch-elektrische weg met een adequaat verlichtingssysteem te komen.

Met moderne middelen zoals halogeenverlichting en elektronische regelingen is daarin duidelijke verbetering te brengen, maar de fysische grenzen blijven beperkend om tot een maximaal resultaat te komen.

Wat de huidige praktijk betreft is er weinig gevoel voor techniek en duurzaamheid nodig om in te zien dat het overgrote deel van de moderne verlichtingsuitvoeringsvormen erg gevoelig is voor mankementen.

Dat betreft de kwaliteit van de koplamp en het achterlicht, de kwaliteit van de dynamo, de kwaliteit van de bedrading, de kwaliteit van de stroomgeleiding door spatborden en frame en ook de gebruiksomstandigheden: door slagen in de wielen en door regen is het aandrijf wiel van de dynamo niet in staat de beweging van het wiel volledig te volgen.

Op enkele van deze punten bestaan er al uitvoeringsvormen die bovenstaande mankementen geheel of gedeeltelijk kunnen wegnemen.

Er is echter van een zo (concurrentie-)gevoelige marktsituatie sprake dat deze zo noodzakelijke verbeteringen slechts als relatief dure opties op de markt zijn en sporadisch en dan alleen op dure nieuwe fietsen standaard geleverd worden.

Er valt op dit punt nog te discussiëren over de vraag of nadruk nu moet liggen op vooral actieve verlichting of vooral passieve. Om praktische redenen zou de balans gemakkelijk naar het minder onderhoudsgevoelige passieve (signalerings)systeem kunnen doorslaan.

Hierbij wordt echter vergeten dat actieve verlichting op onverlichte wegen een uiterst nuttig middel kan zijn om de zichtbaarheid van de weg te verhogen.

Dan dient wel het algemene fietsverlichtingsniveau te worden verhoogd, hetgeen met moderne voorzieningen (halogeenverlichting en hoog rendement dynamo) net haalbaar is.

Vooralsnog dienen fietsen, net als motorvoertuigen te zijn uitgerust met zowel actieve verlichting (voor- en achterlicht) als passieve verlichting (achterreflector, zijreflectie en pedaalreflectoren). Over de wenselijkheid van een voorreflector, in sommige landen verplicht, in ons land op sommige fietsen aanwezig, zijn de meningen nog verdeeld.

De praktijk laat zien dat zowel de mechanische als de optische kwaliteit van zijreflectie nog te wensen overlaat. Er is nog steeds sprake van aanbod van ongekeurde banden met reflectiestrippen, terwijl over de kwaliteit van losse zijreflectie (wielcirkels tussen de spaken) en ook goedgekeurde bandreflectie om verschillende redenen nog kan worden getwijfeld (SWOV, 1988).

Het is derhalve denkbaar dat de huidige regelgeving en/of keuringseisen op het gebied van zijreflectie worden aangescherpt.

De door de overheid veronderstelde volledige overgang van losse zijreflectie naar die op banden (of velgen) is nog niet gerealiseerd.

Er bestaan dan ook nog steeds fietsbanden zonder zijreflectie en er wordt in de handel ook nog steeds losse zijreflectie aangeboden; sterker nog het dieptepunt in dat aanbod, waarbij prijzen van slechts enkele guldens werden gevraagd, is weer voorbij en de losse produkten liggen weer voor de volle prijzen in de winkels.

Het beeld dat de verzamelde literatuur over fietsverlichting oplevert is al met al een combinatie van het grote verkeersveiligheidsbelang, het vrijwel geheel falen in de praktijk, en het stuwmeer aan technische wensen en eisen waar nog niet aan is voldaan.

### 5.3. Rijstabiliteit

#### 5.3.1. Algemeen

De fiets dient zowel bij lage snelheden (opstappen, afstappen en manoeuvreren) als bij hoge snelheden rijstabiliteit te zijn. Instabiliteit uit zich in slingeren, koersafwijkingen en leidt derhalve tot min of meer onvoorspelbaar weggedrag voor andere weggebruikers. Hierdoor neemt de kans op onverwachte ontmoetingen, conflicten en ongevallen toe. Daarom behoort rijstabiliteit ook tot de primaire veiligheidseigenschappen van fietsen.

Hierbij dient echter wel direct te worden aangetekend dat de invloed van het gedrag van de bestuurder medebepalend is, zo niet meer, op het stabiel in het verkeer deelnemen. Door kleine stuurverdraaiingen en massaverplaatsingen vormt dit menselijk gedrag een onmisbare schakel in het complexe mens/voertuigstelsel dat leidt tot een min of meer stabiel rijgedrag.

Dit gedrag is onderwerp van veel fundamenteel onderzoek en experimenten dat met moderne simulatietechnieken en wiskundige modellen zeer goed te doorgronden is, zolang er maar een onbeweeglijke massa als bestuurder wordt gebruikt. In werkelijkheid is de bestuurder allerm minst onbeweeglijk en daardoor is het complexe stuurgedrag van fiets plus fietser niet goed te simuleren. Daarom is naast modelonderzoek ook praktijkonderzoek noodzakelijk. Godthelp & Wouters (1978) rapporteerden over de praktijkproblematiek van het koershouden en de baanbreedte.

Eén van de resultaten van hun onderzoek is dat lage snelheden tot relatief grote koersafwijkingen leiden en dat koersafwijkingen bij jeugdigen eerder optreden dan bij volwassenen. Hier is mede de problematiek aan de orde van gebrek aan aanpassing van fiets op kind of omgekeerd. De juiste fietsmaat blijkt dus van grote betekenis voor het koersvast (en daarmee voorspelbaar en dus veilig) door het verkeer rijden.

Zij constateerden ook dat kleine zwaartepuntsveranderingen (iets wat bij het fietsen vrij gemakkelijk voorkomt) al forse invloed op de rijstabiliteit hebben.



Onnodig te constateren dat grotere verstoringen van de massaverdeling zoals bij rijden met passagier en bagage ook zeer grote invloed op de rijstabiliteit hebben. In sommige landen is daarom het rijden met passagier onder een bepaalde leeftijd verboden. Een dergelijk advies is aan de studie verbonden.

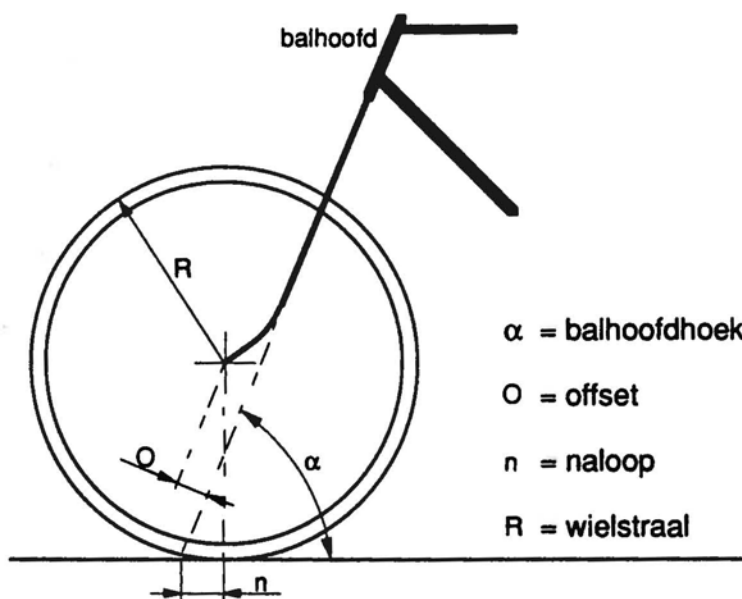
Een onderdeel van de studie van Godthelp en Wouters betrof de invloed van wind op de benodigde rijbaanbreedte. De uitgevoerde experimenten laten zien dat (zij)-windhinder met name bij lage snelheden relatief grote invloed heeft op koersafwijkingen.

### 5.3.2. Technische problematiek

De vaste (ingebouwde) stuureigenschappen van een fiets vormen een compromis tussen stabiliteit en manoeuvreerbaarheid. Bij 'gewone' fietsen ligt de nadruk doorgaans meer op de stabiliteit, bij meer sportieve fietstypen (racefietsen, ATB's) ligt de nadruk op manoeuvreerbaarheid.

Wouters (1980) gebruikt het woord 'berijdbaarheid' van fietsen, waaronder stabiliteit en manoeuvreerbaarheid het meest bepalend zijn.

Wieldiameter, naloop, offset en balhoofdhoek zijn daarbij belangrijke fysische invloedsgrootheden (DeLong, 1974). In Afbeelding 2 worden deze grootheden getoond.



Afbeelding 2. Parameters betreffende rijstabiliteit

Al lang geleden is uitgezocht dat de keuze van deze parameters bij gegeven wielstraal ( $R$ ) bepaald moet worden binnen vrij smalle gebieden:

- naloop n: 40-60 mm
- balhoofdhoek  $\alpha$ : 68-75 graden
- offset O: 40 tot 120 mm

Het verband tussen deze grootheden is ook in formule weer te geven, ervan uitgaande dat het resultaat een bevredigend sturende fiets moet opleveren:

$$O = R \operatorname{tg} ((90 - \alpha)/2)$$

Een andere manier om tot zo'n resultaat te komen is in ISO 4210 (Cycles - Safety Requirements of Bicycles) is opgenomen. Daarin is een veld bepaald waarbinnen het snijpunt moet liggen van het verlengde van de stuuras en een loodrechte lijn vanuit het punt waar de fietsband de grond raakt. Als daaraan voldaan is zal de combinatie stabiel genoeg zijn zolang de stuurhoek (balhoofdhoek) ligt tussen 65 en 75 graden.

Bij de gewone gebruiksfiets is doorgaans sprake van vrij lage balhoofdhoeken (rond 70 graden) en grote offset en naloop voor zoveel mogelijk stabiliteit. Racefietsen hebben een veel grotere balhoofdhoek en bijbehorend kleinere offset en naloop voor maximale manoeuvreerbaarheid.

De fietsbouwer heeft per type fiets voor een bepaalde set waarden gekozen, afhankelijk van de gebruiksdoeleinden. Er blijkt sprake te zijn van min of meer historisch bepaalde keuzen die van fabrikant tot fabrikant iets kunnen verschillen. Proefondervindelijk vastgestelde waarden zijn nog steeds van toepassing. Voor de conventionele fiets is er dit punt dan ook niet zo erg veel ruimte voor verbetering.

Sommige veranderingen kunnen zelfs negatief op de stabiliteit werken, zoals lichtere velgen, wielen of banden die een lager traagheidsmoment opleveren en dus minder gyroscopische werking bij gegeven snelheid. Tegelijk kan zo'n lager gewicht van het wiel weer positief werken op de bestuurbaarheid en wendbaarheid doordat het traagheidsmoment om de stuuras kleiner wordt.

Overigens is een fiets zoals hierboven aangegeven niet zonder meer stabiel; er is rijsnelheid en menselijk ingrijpen nodig om dat te bereiken. Zodra de wielen en bepaalde omwentelingssnelheid hebben bereikt ontstaat het zogenaamde gyroscopisch effect dat er voor zorgt dat de wielen bij voorkeur in hun eigen vlak willen draaien. Dit houdt de fiets overeind en vervolgens zorgt de berijder ervoor dat kleinere en grotere verstoringen

worden weggeregeld via kleine stuurverdraaiingen en zwaartepuntverschuivingen. Zo maakt uiteindelijk de mens van een in wezen instabiele situatie een (semi)stabiele.

Dit evenwicht is nog steeds gevoelig voor verstoringen (zoals wegdekonefheden en windinvloed) en is afhankelijk van de rijsnelheid.

De vraag doet zich dan ook voor hoe belangrijk bovenopgesomde vaste voertuigeigenschappen voor het uiteindelijk resultaat zijn.

In de literatuur is geen directe koppeling vastgelegd tussen het ontstaan van ongevallen en bedoelde vaste fiets-eigenschappen.

De invloed op de rijstabiliteit is echter wel op verschillende manieren gedocumenteerd. Hierboven is al gewezen op de studie van Godthelp en Wouters, daarnaast zijn in Nederland studies uitgevoerd door het VSC, gericht op kinderfietsen (zie hieronder).

### 5.3.3. Rem- en rijeigenschappen van kinder- en ouderenfietsen

Met het oog op de specifieke problematiek van twee grote groepen fietsers, kinderen en ouderen, wordt aan dit onderwerp aparte aandacht besteed. Beide groepen zijn in onevenredige mate betrokken bij verkeersongevallen, de eersten meer vanwege hun gebrek aan vaardigheden, de laatsten meer vanwege hun fysieke kwetsbaarheid.

In de literatuur wordt aan het eerste probleem beduidend meer aandacht besteed dan aan het tweede, met dien verstande dat het probleem van de verkeersonveiligheid van ouderen juist in het laatste decennium sterk in de aandacht van beleid en onderzoek is geraakt. Het probleem neemt dan ook in absolute betekenis toe door de relatieve groei van het aantal ouderen in de samenleving.

In het kader van de onderbouwing van het MPV is door de SWOV in 1986 een uitgebreide probleemanalyse uitgevoerd van de verkeersonveiligheid van ouderen, zowel fietsers als voetgangers (SWOV, 1987).

Vanuit de specifieke mogelijkheden en onmogelijkheden van oudere verkeersdeelnemers is in dat rapport een aantal aanbevelingen gedaan met betrekking tot de fiets: lagere opstapmogelijkheid, lagere zadelhoogte, achteruitkijkspiegels, richtingaanwijzers.

Op het punt van de berijdbaarheid (met name stabiliteit en manoeuvreerbaarheid) is de extra gevoeligheid van deze groep weggebruikers te vertalen in een zo mogelijk nog stabielere fiets, met name vanwege het feit dat ouderen met betrekkelijk lage snelheid fietsen.

Inmiddels zijn er speciale ouderenfietsen op de markt gekomen die tegemoetkomen aan bovenstaande eisen (Abramfiets). De Abramfiets kent niet alleen de lage instap en zadelhoogte (om met twee benen bij de grond te kunnen), een spiegel en richtingaanwijzers maar heeft ook een gunstige overbrengingsverhouding, zodat het trappen licht gaat. Bij stilstand blijft het licht branden door middel van een accu, een systeem dat ook voor 'normale' fietsen in de handel is maar slechts sporadisch gebruikt wordt.

Een andere oplossing voor ouderen voor wie het houden van evenwicht een duidelijk probleem is, is de driewielige fiets zoals de Trike met twee wielen voor (VVN, 1987).

Kinderen vormen een duidelijk anders georiënteerd probleem: hun opleiding als verkeersdeelnemer is nog maar nauwelijks begonnen en toch worden er al vrij ingrijpende (verkeers)beslissingen van hen verwacht.

In de praktijk blijkt bovendien dat de soms nog letterlijk groeiende capaciteiten van kinderen leiden tot het 'op de groei' aanschaffen van fietsen. Dit leidt tot het in aanvang niet goed afgestemd zijn van kinderlichaam op fiets. Dat wordt op zijn beurt beoordeeld als een belangrijke oorzaak van instabiliteit tijdens het rijden en als risicofactor voor het ontstaan van ongevallen (Wouters, 1980).

In opdracht van de Stichting Vergelijkend Warenonderzoek (SVWO) is onderzoek gedaan door het Verkeerskundig Studiecentrum (VSC) van de Rijksuniversiteit te Groningen naar de manoeuvreerbaarheid van kinderfietsen. Met betrekking tot de zo belangrijke afstemming tussen kind en fiets wordt vastgesteld dat de framemaat een veel minder relevant criterium is dan de zadelhoogte.

Maar ook dan nog ontstaat door individuele afwijking van de standaard verhouding tussen romplengte, arm- en beenlengte een probleem als die standaard wordt gehanteerd (Wierda & Roos, 1989). Afstemming is derhalve een continu (aan de groei aangepast) en individueel proces.

In een ander deel van het betreffende onderzoek worden fietstypen bestemd voor kinderen van 8 tot 13 met elkaar vergeleken wat betreft manoeuvreerbaarheid en remweg (Wierda & Wolf, 1989). Voor meisjes zou de gewone fiets en voor jongens de gewone fiets en de ATB qua manoeuvreerbaarheid het meest geschikte type zijn. De ATB scoorde ook bij de meisjes over het algemeen goed, dat was vooral te danken aan het dubbele remsysteem (terugtraprem en twee handremmen).

Racefietsen (voor jongens) bleken over uitmuntende remmen te beschikken, maar dit type fiets werd om andere redenen (gebrek aan rij-stabiliteit en uitlokken tot gevaarlijk, snel rijden) toch afgeraden.

#### 5.4. Frame en voorvork

Behalve voor de stabiliteit van de besturing is om andere redenen een onvervormbaar en deugdelijk fietsframe en voorvork gewenst. Zowel de dynamische krachten van het rijden (vooral wegdekoneffenheden) als die tijdens het remmen worden via voor- en achtervork op het frame overgebracht. De dimensionering dient zodanig te zijn dat bij zware belasting (extra passagier!) en maximaal remmen toch nog voldoende marge is om deze primaire eigenschappen te kunnen uitoefenen.

Daarnaast kan men nog denken aan het opvangen van kleine botskrachten die in feite in het verlengde van de dynamische krachten tijdens het rijden liggen. Het geforceerd nemen van een trottoirband, zowel op als af, begint al op een kleine botsing te lijken maar behoort nog tot het normale rijgeweld. Verder zou men aan het opvangen van meer frontaal gerichte krachten kunnen denken (vergelijkbaar met parkeerbotsingen op bumpers van auto's), waarbij vork en frame via een andere richting belast worden dan tijdens het rijden.

In de gangbare ISO-norm op fietsgebied (ISO 4210) worden onder meer twee dynamische belastingsproeven (botsproeven) voor fietsframe en voorvork voorgeschreven, alsmede een statische belastingsproef.

Vervormingen van het frame bij min of meer normaal gebruik van de fiets zouden immers direct kunnen leiden tot foutief sporen en tot onbestuurbaarheid.

Omdat er ook op den duur geen vervormingen mogen ontstaan zijn vermoeiingsproeven nodig. Evenzo dienen er door het opnemen van remkrachten geen vervormingen of breuken te ontstaan.

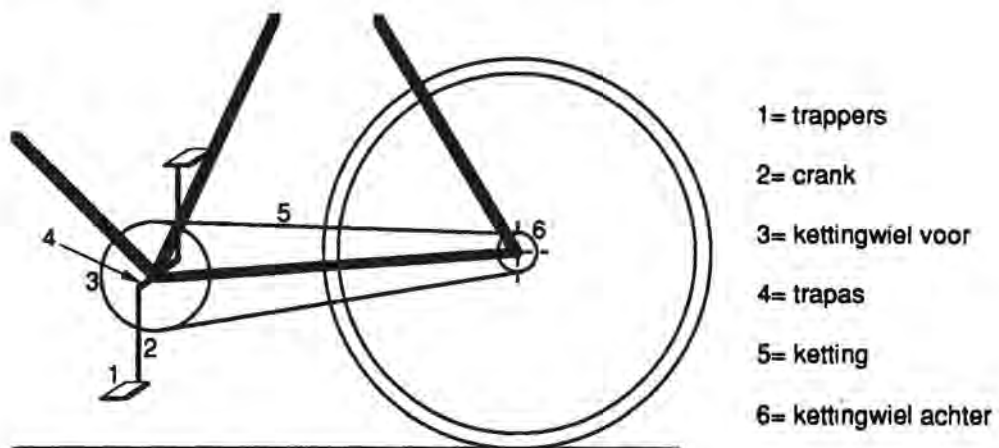
Met deze opsomming moge duidelijk zijn gemaakt dat een minimale sterkte, en zeker ook minimale buigstijfheid van het fietsframe en de voorvork tevens belangrijke vereisten zijn voor de veiligheid van de fiets.

Ook deze fietseigenschap dient daardoor gerekend te worden tot de primaire veiligheidseigenschappen.

In de studie van Kortstra & Schoone-Harmsen (1982) is breuk van framedelen en voorvork meerdere malen genoemd als aanleiding van ongevallen. Uit mondeling overgedragen gegevens komt naar voren dat ook gebroken sturen in de praktijk aanleiding tot ongevallen zijn geweest; in de ISO-norm wordt op dit onderdeel ook een belastingsproef uitgevoerd.

### 5.5. Aandrijving

Onder aandrijving wordt hier begrepen het systeem van trappers, crank, trapaslagring, kettingwielen en ketting en het aangedreven deel van de naaf, al of niet met versnellingsmechanisme (zie Afbeelding 3).



Afbeelding 3. Onderdelen van de aandrijflijn

In de verkeersveiligheidsliteratuur zijn geen directe verwijzingen naar deze onderdelen gevonden behoudens in het rapport van Kortstra & Schoone-Harmsen (1982). Daarin wordt het afglijden van de trappers vrij frequent als een mogelijke oorzaak van fietsongevallen genoemd. Daarnaast worden genoemd het doorslaan van de trappers als gevolg van 'het uit de versnelling schieten' en kettingbreuk.

Bij fietsen met terugtraprem heeft de aandrijflijn een belangrijke primaire veiligheidsfunctie door het overbrengen van de remkracht van de voeten naar de remnaaf.

Mankementen aan de aandrijflijn raken de primaire functie van de fiets als vervoermiddel en hebben daardoor in tweede instantie ook veiligheidsconsequenties:

Slechte trapaslagring, loszittende cranks, een stroef lopende ketting, versleten tandwielen zijn energieverpillers. Een versleten vrijlooppmechanisme kan evenals een slecht afgestelde versnellingsnaaf doortrappen tot gevolg hebben. Een of meer van deze ongewenste verschijnselen maakt het de berijder moeilijker zich te concentreren op zijn primaire rijtaak.

Het spreekt daarom vanzelf dat de betreffende onderdelen aan duidelijke eisen van sterkte, duurzaamheid en onderhouds(on)gevoeligheid dienen te voldoen ook in het belang van de veiligheid.

Vooralsnog is er op dit gebied van de gewone fiets, de stadsfiets of gebruiksfiets, sinds 1885 nauwelijks iets fundamenteels gewijzigd.

Ook in de momenteel populaire 'nieuwe' fietstypen zoals de ATB is nog het oude concept volledig te herkennen.

Uit de technische literatuur op fietsgebied blijkt overigens dat uitvinders zich wel degelijk met verbeteringen en innovatie op het gebied van de aandrijflijn hebben bezig gehouden.

Vanaf eind vorige eeuw tot heden zijn onnoemelijke voorbeelden te vinden van ingenieuze mechanismen zoals automatische versnellingsystemen (a la variomatic), kettingloze cardanaandrijving, vliegende-hollanderaandrijving enz.

Geen van deze systemen is ooit op grote schaal ingevoerd, hetzij vanwege de prijs, de ingewikkeldheid of de extra massa.

#### 5.6. Banden

Zoals reeds in enkele vorige paragrafen is vermeld, scoren banden van fietsen niet hoog op het punt van de veiligheid.

Banden van fietsen hebben in principe dezelfde hoofdfunctie als bij motorvoertuigen, namelijk het overbrengen van aandrijf-, stuur- en remkrachten van de fiets op de weg. De tweede functie is het opvangen van kleine wegdekoneffenheden.

Zij zijn daartoe sinds de uitvinding van Dunlop aan het eind van de vorige eeuw uitgerust met luchtdrukbanden, doorgaans met afzonderlijke binnen- en buitenband.

In tegenstelling tot bij autobanden, waar met name voor natte omstandigheden een minimum-profiel diepte van enkele millimeters bewijsbare invloed

op de verkeersveiligheid heeft, speelt dit bij fietsen een ondergeschikte rol.

Ook de constructie van de band (diagonaal, radiaal) en de aard van het profiel (noppen, patronen) bij personenautobanden geliefde ontwikkelings- en concurrentieterreinen, zijn niet van grote betekenis voor de veiligheid.

Volgens Whitt & Wilson (1982) hangt dit vooral samen met de bij fietsen relatief lage gebruikelijke snelheden.

Wat overblijft is het effect dat fietsbanden in het algemeen, maar zeker de versleten banden met weinig 'vlees' op het loopvlak, gevoelig zijn voor lekstoten door scherpe vreemde lichamen op de weg. Mogelijkheden om fietsbanden daartegen te beschermen zijn ontwikkeld in de vorm van beschermingsgordels, al of niet vast ingebouwd. Hoewel de kans op lekstoten van fietsbanden voorzover uit de praktijk bekend aanzienlijk groter is dan van andere voertuigen op luchtbanden, lijkt hier toch meer sprake van een comfortaspect dan een veiligheidszaak.

N.B. Er bestaat internationale normen en voorschriften voor banden, waarbij het echter vooral gaat om de maatvoering en de zijreflectie.

#### 5.7. Botsveiligheidseigenschappen

Fietsers behoren door gebrek aan bescherming door hun voertuig tot de zeer kwetsbaren in het verkeer. Over de grootte van dit probleem, dat op zich geen onderdeel van deze literatuurstudie vormt, is voldoende documentatie voorhanden met name als het gaat om botsingen tussen fietsen en motorvoertuigen. Nog niet in voldoende details onderzocht is het probleem van de niet-motorvoertuigbotsingen, waarvan wel de onverwacht grote omvang enigszins in kaart is gebracht, maar niet de aard (Van Kampen, 1991). Larsen et al. (1991) rapporteerden tijdens de 1991 IRCOBI-conferentie in Berlijn over een soortgelijke problematiek in de omgeving van Odense in Denemarken. Uit deze studie kwamen ook meer details over de typisch eenzijdige fietsongevallen aldaar tevoorschijn. Aangrijpingspunten voor maatregelen aan de fiets zelf heeft dit echter niet opgeleverd.

Uit de verschillende studies omtrent de letselproblematiek van fietsers is duidelijk geworden dat hoofd en benen de meest getroffen lichaamsdelen zijn, op enige afstand gevolgd door de armen. De meest waarschijnlijke



letselbronnen zijn bij botsingen tegen motorvoertuigen de betreffende voertuigen en de grond en bij eenzijdige botsingen obstakels en de grond. Uit dergelijke studies komt over het algemeen geen indicatie naar voren dat de fiets zelf als letselbron een erg groot probleem vormt. De meest voor de hand liggende beveiligingsmogelijkheden tegen letsel zijn op grond van deze beschikbare kennis: de helm voor fietsers en de aanpassing van het front van personenauto's. Op het eerste front wordt tot nog toe in Nederland slechts aarzelend geopereerd, mede als gevolg van de publieke opinie, terwijl uit de literatuur blijkt dat de fietshelm in diverse andere landen al meer dan 20 jaar wordt toegepast al of niet verplicht. Op het tweede front wordt, mede gezien het grote belang van de auto-industrie daarbij, behoedzaam maar toch voortvarend geopereerd op het internationale vlak van de regelgeving.

Blijft de vraag in hoeverre de niet door helm en aangepast voertuigfront af te schermen letselbronnen kunnen worden aangepakt.

Speelt de fiets daarbij een rol?

Anders dan bij motorfietsen is het vermoedelijk weinig realistisch om aan beenbescherming op de fiets te werken.

De fiets is toch al een soort marginaal vervoermiddel waar extra massa niet of nauwelijks kan worden getolereerd.

Als probleemgebied levert de fiets op het punt van letselveroorzaker een aantal min of meer ernstige klachten op:

Bekend van de studie van Kortstra & Schoone-Harmsen (1987) zijn de spaakverwondingen die ontstaan als gebruikers (veelal achterop zittende kinderen) met hun voeten tussen de spaken komen. Deze interessante studie is al in het voorgaande aangehaald als een prima voorbeeld van het gebruik van in Nederland aanwezige gegevensbestanden. Hierin wordt ook aanbevolen dat er moet worden gewerkt aan (normen voor) kinderzitjes op fietsen en aan verbetering van de (deugdelijkheid van de) jasbeschermer.

Als tweede letselbron komt in deze studie het stuur tevoorschijn waarmee de bestuurder bij min of meer frontaal gerichte botsingen logischerwijs het eerst in aanraking komt. Anders dan bij in principe gelijksoortige problematiek van autobestuurder die op hun stuurwiel botsen, zijn er voor fietsen minder makkelijk oplossingen voor dit probleem te bedenken.

Spaakverwondingen werden ook gerapporteerd door Juhl (1976) en Suren & Gotzen (1976). In beide gevallen gaat het uitsluitend om letsel bij achteropzittende kinderen. In beide gevallen wordt als oplossing gewezen op kinderzitjes met vaste voetrusten.

In de praktijk zijn inmiddels, in navolging van landen als Zweden, deugdelijke kinderzitjes beschikbaar gekomen en is dit middel ook onderwerp van internationale regelgeving en normering geworden.

Een onderdeel dat niet genoemd staat maar waarvan wel praktijkmeldingen bekend zijn, is het zadel. (Kinder)vingers kunnen tussen de zadelferen raken en bij het inveren beklemd worden; hiervoor bestaan al zadelveerbeschermers.

Het zadel kan ook belemmerend werken op het op- en afstappen doordat (vrouwen)kieren er achter kunnen blijven steken. In het algemeen geldt dat fietsonderdelen zodanig moeten zijn geconstrueerd of bevestigd dat de gebruiker er niet door kan worden gehinderd.

In de studie Kortstra & Schoone-Harmsen (1987) worden ook in hun algemeenheid genoemd verwondingen opgelopen door stoten tegen de fiets. Vanuit een algemeen botsveiligheidsprincipe is het duidelijk dat ook bij fietsen scherpe uitstekende delen zoals handgrepen van remmen, versnellingshandels, en niet afgeronde onderdelen van spatborden dienen te worden vermeden. Er dient aandacht te worden geschonken aan ontscherping, afronding van onderdelen ter verkleining van de vlaktedruk bij aanraking. Dergelijke maatregelen zijn op het gebied van de personenauto in enkele richtlijnen nauwkeurig vastgelegd. Dit zou voor fietsen derhalve ook nuttig kunnen zijn.

#### 5.8. Defecten

In een op ziekenhuisgegevens gebaseerde studie van Mills (1989) wordt gerapporteerd over het aandeel fouten of defecten van de fiets als oorzakelijke factor. Gemiddeld blijkt door 5% der onderzochte fietsersslachtoffers deze factor als oorzaak te zijn aangegeven. Verdere details ontbreken.

Bij een recente Deense studie (Larsen et al., 1991) werd vastgesteld dat bij 3% van de fietsongevallen een fietsdefect als (mede) oorzaak van het ongeval moest worden beschouwd.

In de studie van Wells (1981) werd vastgesteld dat 9% van de op ziekenhuisgegevens gebaseerde ongevallen veroorzaakt was door een defect van o.a. remmen en kettingen.

Daarnaast was al vastgesteld dat meer dan één derde van de fietsen van scholieren (middelbaar en lager onderwijs) in een gevaarlijke conditie verkeerde.

In een Zweedse studie van fietsongevallen werden percentages van 14 tot 22% genoemd als aandeel oorzaken door defecten (Lind & Wollin, 1986). Zoals ook al is geconstateerd bij het onderzoek naar de invloed van defecten op het ontstaan van auto-ongevallen, komt er door de complexiteit van het begrip oorzaak van ongevallen een vrij diffuus beeld te voorschijn. Dit gegeven wordt ook gememoreerd in de studie van Kortstra & Schoone-Harmsen (1987), waarbij op grond van buitenlandse studies een gemiddelde van 18% wordt genoemd. Dit lijkt een niet verwaarloosbaar gegeven.

#### 5.9. Overige delen

Trimborn (1991) wijst op een voor de verkeersveiligheid relevant constructiedetail. Hij constateert dat uitvalnaven met snelspaninrichtingen steeds vaker ook op niet-racefietsen worden toegepast en voorziet dat door de aard van de voorziening daardoor vaker ongevallen kunnen ontstaan. Dit is mogelijk als zou worden vergeten de snelspaninrichting na bevestiging van het (voor)wiel naar behoren te sluiten. Het wiel (de as) zit dan in feite los in de vork. Dit is geen probleem zolang er een continue druk op het betreffende wiel wordt uitgeoefend. Zodra echter door wegdekoneffenheden of andere lastwisselingen (denk aan een sprong van een trottoir) geen druk meer op het wiel wordt uitgeoefend, kan dit uit de vork schieten. Het moge duidelijk zijn dat zoiets tot zeer ongewenste neveneffecten kan leiden. Voor het probleem van uitvalnaven bestaan al verschillende oplossingen; sommige bestaande normen eisen ook een extra beveiliging tegen het uitvalrisico.

De vraag is of we hier op een verkeersveiligheidseffect zijn gestoten of op een aspect van deugdelijkheid en doordachtheid van het ontwerp. Dergelijke problemen doen zich bijvoorbeeld ook voor bij voorzieningen van personenauto's; een bekend voorbeeld op dit terrein zijn de deursloten geweest, die als gevolg van massatraagheid van onderdelen bij botsingen konden openschieten.

Aan de orde is dan eerder hoe ontwerpers en constructeurs met hun vak bezig zijn om te voorkomen dat het produkt of onderdeel negatieve bij-effecten vertoont.

## 6. CATEGORISERING

Zoals bij nagenoeg alle voertuiggerichte activiteiten is ook bij fietsen sprake van de wens tot categorisering. Bestaande indelingen hebben vooral te maken met gebruiksaspecten, grootte en massa.

Het doel van categorisering in het geval van fietsveiligheidseisen is niet anders dan een draagvlak bieden voor de te verwachten uiteenlopende fiets-eisen voor die verschillende hoofdtypen fietsen.

Zoals bij vrachtauto's en bussen een aantal categorieën zijn onderscheiden, naar gebruiks- en gewichtsklasse, is er ook binnen de te onderscheiden fietstypen een zinvol onderscheid mogelijk. Deze gedachte is gebaseerd op de zekerheid dat bijvoorbeeld de aard van het gebruik (stadsgebruik, recreatief gebruik, gebruik in het terrein) bepaalt hoe sterk de constructie moet zijn. Sterkte en veiligheid zijn gekoppeld, soms één op één, soms wat minder duidelijk. Op dezelfde manier zijn derhalve ook veiligheid en kwaliteit gekoppeld te achten.

Aan de andere kant moet zowel om praktische redenen als om verkeerstechnische redenen het aantal categorieën wat betreft verschillend te stellen eisen beperkt blijven.

Om dat te bereiken zouden we eerst alleen naar de 'zuivere' verkeersveiligheidseisen moeten kijken: hieronder kan men zulke primaire zaken als de kwaliteit van het remmen, de verlichting en signalering en de stuurgeometrie vatten.

Deze zou voor alle fietsen uniforme en herkenbare waarden moeten omvatten. Het gaat immers om de eigen veiligheid van de berijders.

Echter bij de (gewenste) stuurgeometrie speelt de gebruiker, resp. het type fiets ook weer een rol, zodat eerder van een range van waarden dan van een specifieke waarde sprake is. Een categorie-indeling ligt dan voor de hand.

Wat de remmen betreft kan men niet een kinderfiets met maximaal  $2 \text{ m/s}^2$  laten remmen en een volwassen fiets met het dubbele, terwijl beide in het zelfde verkeer (letterlijk naast elkaar) kunnen deelnemen. Hetzelfde geldt voor de verlichtings- en signaleringseigenschappen.

Men dient echter wel rekening te houden met de gebruikerskant wat betreft te stellen eisen aan de op te brengen krachten (zoals bij remmen). Met andere woorden de 'overbrengingsverhoudingen' liggen voor kinderfietsen anders dan bij fietsen voor volwassenen.

Nu kennen we in Nederland van oudsher al een uitgebreid scala aan fiets-typen en de laatste 10 jaren is daar in snel tempo nog het een en ander aan toegevoegd (ligfiets, ATB, hybride, fiets met hulpmotor, dit laatste in tegenstelling tot snor- en bromfiets).

Categorisering moet relevant onderscheid bieden, maar niet belemmerend zijn wat de grote lijnen betreft. Zo zullen er altijd gemeenschappelijke veiligheidskenmerken moeten blijven omdat met die fietsen nu eenmaal in hetzelfde verkeer moeten worden deelgenomen en omdat het verkeer nodeloos ingewikkeld zou worden bij te groot onderscheid.

Onderscheid naar de aard van het gebruik, de gewichtsklasse, de grootte en tijd van het gebruik horen tot de mogelijkheden waaruit een zinvolle keus gemaakt moet worden.

Gezien de doelstelling van het overheidsbeleid onder meer via stimulering van het fietsen tot minder autoritten te komen, met name ook in het woonwerkverkeer, ligt nadruk in deze studie op fietsen die voor die primair voor dat doel geschikt zijn. Dat houdt in dat in deze studie primair naar fietsen voor gebruik op de openbare weg wordt gekeken.

In het kader van projecten voorafgaand aan deze studie heeft IW-TNO voorstellen gedaan voor een type-indeling, mede relevant voor verkeersveiligheidsaspecten:

Er wordt voor tweewielige fietsen een hoofdonterscheid in drie categorieën gemaakt naar de zwaarte van de gebruiksomstandigheden: normaal, zwaar (transportfiets), terrein (of licht middel, zwaar); daarnaast een onderscheid naar twee afmetingen: volwassen fiets en kinderfiets. Zo resulteren uiteindelijk zes categorieën tweewielige fietsen.

In plaats van aan drie kan ook aan twee categorieën gebruiksomstandigheden worden gedacht (licht en zwaar). Daarmee ontstaan totaal vier groepen in plaats van zes.

Een dergelijk onderscheid is zoals eerder gesteld vooral dan nuttig als er ook daadwerkelijk een veiligheidseisenonderscheid gemaakt moet worden.

Echter, zodra eisen in de ene categorie minder zwaar zouden zijn dan in de andere, is een probleem mogelijk waarvan de gebruiker de dupe wordt.

Stel dat een fiets voldoet aan de veiligheidseisen in de categorie lichte/ volwassenen fiets, maar niet aan de zwaardere eisen in de categorie zware/ volwassenen fiets. Wat let de gebruiker, of zelfs de verkoper, om deze fiets toch voor zwaarder gebruik te benutten?

Over het onderwerp categorisering dient mede om deze reden nog nader tot een conclusie te worden gekomen.

## 7. VEILIGHEID EN DUURZAAMHEID

Ook vanuit verkeersveiligheidsoptiek is het van belang dat in fietsen en fietsonderdelen deugdelijke materialen en constructies worden toegepast. Het moet immers niet zo zijn dat door een vastgelopen trapper een fietser op een cruciaal moment niet kan doorrijden, of dat er tijdens een zware (terugtrap)remmanoeuvre, of juist tijdens een snelle acceleratie de ketting breekt of de crank verbuigt. Een voorvork mag niet bezwijken onder (maximale) rem- en rijbelasting. Een stuur mag niet afbreken. De wielen mogen ook niet te veel slingeren mede omdat de daaraan veelal gekoppelde verlichtingsdynamo het spel niet kan volgen.

Zo hangt ook bij fietsen een goed deel van de kwaliteit en deugdelijkheid van ontwerp, constructie en uitvoering min of meer direct samen met de fietsveiligheid.

Een deel van bovenstaande wensen wordt al gerealiseerd door eisen aan sterkte en buigstijfheid te stellen zoals bij fietsframe's en voorvorken. Aanvullend kan men hierop echter ook bepaalde duurzaamheidseisen koppelen. Hieronder kan men ook de roestvastheid van daarvoor gevoelige onderdelen vatten.

De praktijk laat zien dat menige fiets, mogelijk vooral door gebrek aan regelmatig onderhoud, binnen afzienbare tijd duidelijke sporen van aftakeling vertoont. Dit verschijnsel beperkt zich niet alleen tot uiterlijke achteruitgang maar kan snel ook de vitale functies van de fiets aantasten. Verlichting raakt in het ongereede door roestvorming en draadbreek, remmen tonen op belangrijke plaatsen zwakke plekken (draaipunten, kabels, remblokjes), lagers van belangrijke draaipunten gaan stroef lopen of vertonen te veel speling. Het blijkt dus vooralsnog bijna onrealistisch om te verwachten dat de gemiddelde gebruiker (die uiteraard wel zelf verantwoordelijk is voor de staat van zijn voertuig) zijn fiets naar behoefte onderhoudt.

Gegeven het feit dat het plegen van regelmatig onderhoud aan een zo normaal voertuig als een fiets niet echt een haalbare zaak is, dienen de fabrikanten van onderdelen veel meer uit te zien naar onderhoudsvrije constructies. Deze tendens is overigens al duidelijk ingezet ten aanzien



van zulke vitale delen als de trapaslageringen, de balhoofdlageringen en de voor- en achterwiellageringen en zelfstellende handremmen.

Zoals gezegd zijn op soortgelijke gebieden bij personenauto's geweldige vorderingen geboekt zodat van eertijds standaardonderhoudstermijnen van 1000 km, via 5000 km en de nog wel bestaande 10.000 km inmiddels al op onderhoudsvrije termijnen van 15.000 en 20.000 km wordt gereden.

Kennelijk zijn personenauto's op duurzaamheidsgebied door de fabrikant steeds beter uitgerust.

Bovendien geldt voor deze categorie een keuringsplicht geldt voor voertuigen ouder dan een bepaalde leeftijd.

Voor fietsen, waar het aantal kilometers nog niet standaard kan worden geregistreerd, is het onderhoud alleen bij nieuwe fietsen aan een aantal (soms gratis) beurten gekoppeld die in termen van een aantal maanden vallen.

Net als bij auto's zullen een aantal elementen nauwkeurig in de gaten gehouden moeten worden; het zijn daar de typische 'APK'-elementen als remmen, verlichting, banden.

Wat de remmen van fietsen betreft zijn er enkele systemen waarbij van zo mogelijk nog meer onderhoudsvriendelijkheid kan worden gesproken dan bij auto's: trommelremmen (niet de kabelbediening!) en terugtrapremmen.

De zeer veel toegepaste velgremmen kennen zowel wat betreft de bediening (kabel- en draaipuntslijtage) als de remblokjes een duidelijk frequenter onderhoudsprobleem.

De vraag is overigens of er niet al te utopisch wordt gedacht als wordt aangenomen dat het mogelijk is de gewone fiets van alledag te maken tot een werkelijk onderhoudsvrij gebruiksvoorwerp.

De perikelen die er bestaan op het gebied van fietsverlichting wijzen bijna eerder op het tegendeel.

Hier is dan ook kennelijk meer aan de hand dan alleen maar een gebrekkige constructie die bij verwaarlozing tot mankementen leidt.

Er is bovendien bij sommige leeftijdsgroepen duidelijk sprake van de bewuste keuze met onklaar materiaal te rijden zij het dat deze keus wel uit nood geboren is.

Als tegenhanger van onderhoudsvrije constructies, kan worden gestreefd naar het bevorderen van het onderhoud van fietsen middels sancties of

beloning zoals dat van een aantal andere maatregelen bekend is (gordelgebruik). Hierbij zou de handel (fietsverkoper/werkplaats) een positieve rol kunnen spelen door het gratis uitvoeren van veiligheidsinspecties bij een 'grote beurt' (zoals dat bij APK-keuring van personenauto's geregeld is). Echter is wel duidelijk dat bij fietsen, nog veel meer dan bij personenauto's, het eigen onderhoud een grote rol speelt. Veel fietsen zien de werkplaats nooit.

Soortgelijke acties (veiligheidskeuringen) vinden thans op beperkte schaal, veelal gericht op de jeugd of kinderfietsen), plaats waarbij de plaatselijke politie meestal is ingeschakeld.

Denkbaar is ook dat verzekeringsmaatschappijen zich op dit onderdeel van de markt begeven, bijvoorbeeld omdat het ook in hun belang kan zijn dat de status van de fiets verhoogd wordt.

Er valt zoals gezegd niet makkelijk een scherpe scheidslijn te trekken tussen eisen die primair uit veiligheidsoogpunt gesteld zouden moeten worden en eisen die primair uit het oogpunt van gebruiksgemak en onderhoudsoptiek worden gesteld.

Maar duidelijk is wel dat een aanzienlijke verbetering van duurzaamheid en kwaliteit van onderdelen van fietsen en de fiets als geheel ook direct positieve gevolgen heeft voor de veiligheidsaspecten van de fiets.

Bovenstaande gaat overigens (nog) uit van de constructiewijzen en uitvoeringsvormen die op dit moment bestaan.

Tegelijk is ook meerdere fietsaspecten van een duidelijke innovatie sprake, waarmee de beoogde regelgeving al zou kunnen rekening houden: niets is immers frusterender dan een stringente regelgeving die belemmerend werkt op verbeteringen. Een recent voorbeeld uit de auto-wereld is dat de toepassing van moderne (veelal passieve) beveiligingssystemen voor inzittenden wordt geblokkeerd, zolang niet tevens is voldaan aan de bestaande eisen (autogordels, bevestigingspunten etc).

Een vorm van oplossing voor een dergelijk probleem is in de aard van de regelgeving opgesloten en wordt omschreven als designrestrictief tegenover performancegericht. In het laatste geval wordt alleen het doel van de voorziening omschreven in concrete termen, maar niet de dikte van de constructie-elementen etc.

## 8. DISCUSSIE

De discussie van de resultaten betreffende fietseigenschappen moet worden gezien in het licht van de bijzondere positie die de fietser in het verkeer inneemt. Meer dan bij alle andere wijzen van verkeersdeelname heeft de bestuurder van de fiets letterlijk zijn eigen lot in handen. De fietser is uiterst kwetsbaar en moet zich daarom bewust zijn van het risico van verkeerd handelen en het gevaar dat andere wegvoertuigen daarbij voor hem kunnen betekenen. Zeker gezien het feit dat fiets en fietser nog weinig of geen bescherming tegen letsel bezitten, moet de strategie van de berijder gericht zijn op het voorkomen van botsingen.

Dat stelt eisen aan de berijder zelf, aan de infrastructuur, aan de regelgeving (drie onderwerpen die in het kader van deze literatuurstudie niet aan de orde zijn geweest, maar waarover naar verhouding veel meer geschreven is) en aan de fiets.

### Remmen

Deze primaire veiligheidseigenschap van fietsen blijkt in de praktijk zowel door gebrek aan regelgeving, als door tal van technische en kwaliteitsfactoren niet goed tot zijn recht te (kunnen) komen.

1. Het instellen van een eis voor een minimale remvertraging (of minimale remweg) bij gegeven rijsnelheid is een 'must'. Daarbij dienen blijkens de literatuur een aantal zaken goed te worden meegenomen: er zou ook een maximum remvertraging moeten worden gedefinieerd om het risico van over de kop gaan te beperken. Dat is op zich een vrij unieke situatie die voor personenauto's niet aan de orde is. Daarbij speelt overigens wel het remstabiliteitsprobleem in termen van beperking van de remdruk op achterwielen, omdat blokkeren daarvan tot heftige oncontroleerbare voertuigbeweging kan leiden.

2. Voorts moet ook de eis worden opgenomen dat beide wielen van fietsen (onafhankelijk van elkaar) geremd worden.

3. Daarbij dient rekening gehouden te worden met de remkracht die door mensen met de handen of de voeten kan worden opgeleverd. Het spreekt vanzelf dat hierbij een afhankelijk wordt geïntroduceerd van leeftijd: jonge kinderen en mogelijk ook ouderen) kunnen minder grote krachten opbrengen dan oudere kinderen en volwassenen.

### Verlichting

Uit de verzamelde literatuur op verlichtingsgebied (waarin de aspecten zichtbaarheid, opvallendheid, herkenbaarheid, evenzovele interessante probleemgebieden vormen) komt nadrukkelijk naar voren dat de veiligheid van de fietser zeer gebaat is bij zo goed mogelijke passieve en actieve verlichting met nadruk op de passieve kant.

Evenals bij remmen het geval is, blijkt in de praktijk van een jammerlijke situatie sprake, ondanks het feit dat op het gebied van de regelgeving de nodige voorzieningen zijn getroffen.

Echter ook op dit laatste gebied blijkt de verkeersveiligheid duidelijk te kunnen worden bevorderd door het nader regelen van reeds in diverse voorstellen vervatte voorzieningen.

Een echte doorbraak zal nog nodig zijn om het fundamentele tekort aan actieve verlichtingscapaciteit te verbeteren. Mede om die reden kan in de nabije toekomst de nadruk beter vallen op passieve systemen zoals retroflectoren aan voor- zij- en achterkant.

### Rijstabiliteit

De verzamelde gegevens wijzen erop aan rijstabiliteit een ingewikkeld proces ten grondslag ligt dat met moderne wiskundige technieken goed te doorgronden valt, maar waaraan de fietsbestuurder zelf een zeer belangrijke bijdrage levert.

De vaste fietseigenschappen dienen (vooralsnog) binnen experimenteel bepaalde banden te liggen om de noodzakelijke voorwaarde te scheppen waarbij de bestuurder tot een min of meer stabiel rijgedrag kan zorgen.

Aanzienlijke verstoringen zijn mogelijk en dienen dan ook bij voorkeur vermeden te worden als gevolg van massaverplaatsingen (door de bestuurder zelf, het meenemen van een passagier of van bagage). Als oplossing kan nog worden gewezen op het meenemen van bagage in een aanhangwagentje.

### Kinderen en ouderen

Vooraf voor kinderen is het risico van rijinstabiliteit extra groot, reeds zonder dat van extra massa sprake is. De vaardigheden van het kind zijn nog beperkt en de diverse verkeershandelingen vragen zoveel aandacht dat vanuit het rijwiel zo min mogelijk verstoring moet ontstaan. Dit houdt in dat kinderen bij voorkeur geen bagage of andere kinderen zouden moeten meenemen.

Verder vormt de afstemming van de fiets op het kind een belangrijk pro-

bleem. Om verschillende redenen wordt een fiets op de groei gekocht en dit leidt onherroepelijk tot instabiliteitsmoeilijkheden.

Bij ouderen speelt een ander probleem. Zij functioneren minder dan zij gewend waren en dat uit zich onder meer in een lagere rijsnelheid. Dit leidt direct tot grotere rijinstabiliteit.

Omdat het belangrijk geacht wordt dat ouderen aan het verkeer blijven deelnemen, moet naar een fietstype worden overgegaan dat op zich compensatie biedt voor de genoemde problemen. Dergelijke fietstypen bestaan (o.a. Abramfiets) en men kan zich afvragen of aparte veiligheidseisen voor dit type fiets nader geregeld moeten worden.

#### Frame en voorvork

Op het eerste gezicht lijkt dit 'onderdeel' geen primair veiligheidscriterium te moeten zijn. Maar gezien het feit dat alle functies van de fiets letterlijk aan frame en vork zijn 'opgehangen' waaronder dus ook alle primaire veiligheidsdelen, betekent een mankement (vervorming of breuk) van frame of voorvork tijdens het rijden al snel een verkeersveiligheidsrisico. Dit betekent dat aan de betreffende delen relatief zware eisen op sterktegebied (sterkte, stijfheid, vermoeiing, duurzaamheid) moeten worden gesteld.

#### Aandrijving

Mankementen van onderdelen van de aandrijflijn van een fiets blijken in een beperkt aantal studies te worden genoemd als aanleidingen tot fietsongevallen. Voor het overige is sprake van een primaire functie van de fiets als vervoermiddel. Wanneer geen sterkte- en duurzaamheidseisen aan deze delen zouden worden gesteld zou de fiets als vervoermiddel niet optimaal kunnen opereren waarmee indirect het verkeersveiligheidsaspect wordt geraakt.

Voor terugtrapremsystemen is zelfs sprake van een primair veiligheidsaspect van de aandrijflijn. Uit het oogpunt van bescherming tegen vuil en letsel is een vereiste dat de ketting afgeschermd wordt.

#### Banden

Afgezien van de meeliftfunctie die banden bieden als drager van zijreflectie blijkt dit onderdeel in tegenstelling tot bij motorvoertuigen geen nadrukkelijke relatie met verkeersveiligheid te hebben, in de thans bestaande uitvoeringsvormen althans.

De relatie is derhalve wederom indirect: de fiets is gebaat bij goede, duurzame banden uit oogpunt van de primaire functie van de fiets als transportmiddel en uit oogpunt van comfort.

#### Botsveiligheidseigenschappen

Noch als letselveroorzaker, noch als letselbeperker lijkt de fiets een factor van grote betekenis te kunnen zijn. De literatuur noemt wel enige lichtere probleemgebieden die niet verontachtzaamd mogen worden.

Spaken (met name van achterwielen, bij het vervoer van passagiers) blijken een storende factor te zijn. Kindervoeten kunnen tijdens normaal rijden klem komen te zitten tussen de wielspaken en het fietsframe (de achtervork). Dit kan op zijn beurt zowel letsel opleveren als aanleiding vormen tot een ongeval. De afscherming van de ketting valt hier ook onder.

Daarnaast is aandacht gewenst voor ontscherping van delen, een botsveiligheidsprincipe dat in de autosector vrij consequent is gereguleerd.

#### Defecten

Met een op grond van buitenlandse gegevens geconstateerde gemiddelde score van 18% nemen defecten als vermoedelijke oorzaak van ongevallen met fietsen een belangrijke plaats in. De rol van de onderhoudstoestand hierbij is niet duidelijk geworden, temeer daar uit politie-onderzoek een veel groter aandeel gebreken bij fietsen wordt vastgesteld (VSC, 1987).

Zoals gebruikelijk bij verkeersongevallen komt dan ook bij fietsongevallen de menselijke factor als belangrijkste uit het onderzoek naar de oorzaak.

#### Veiligheid en duurzaamheid

Bij herhaling zijn in de literatuurstudie verwijzingen aangetroffen naar de scherpe tegenstelling tussen de dagelijkse praktijk betreffende de technische (onderhouds)staat van fietsen en de gewenste staat. Enerzijds wordt aangenomen dat verbetering van de regelgeving een positieve invloed op dit fenomeen zal hebben (remmen, verlichting), anderzijds wordt ook aangenomen dat het hierbij veronderstelde gebrek aan status van de fiets een dieperliggend achtergrond kent die ook via andere kanalen moet worden opgepakt.

Er is kennelijk een fundamenteel kwaliteitsgebrek aan de orde, waar ook een beter onderhoud dan thans gemiddeld wordt gepleegd niet zondermeer een oplossing voor biedt. Fabrikanten kunnen weliswaar betere kwaliteit bieden

maar zullen dat over het algemeen om concurrentieredenen niet vrijwillig doen.

Reeds enkele jaren geleden is door instanties als IW-TNO gepleit voor het ontwikkelen van een kwaliteitsplan voor de fiets waar fabrikanten zich aan zouden moeten binden. Dit proces is ook met overheidssteun op gang gekomen, maar bleek vervolgens te stagneren.

Deze rapportage en de overige activiteiten gericht op de veiligheid van de fiets (rapportage in het kader van project B2) beogen dat proces te continueren, waarbij de door de overheid gevraagde zuiverheid (eerst het probleem vanuit veiligheidsoptiek en dan mede vanuit haalbaarheidsstandpunt benaderen) een begrijpelijke tussenstap is geworden.

Een technische oplossing van een deel van bovenstaande problematiek kan worden gezocht in het consequent onderhoudsvrij maken van de belangrijkste aan slijtage en andere invloeden blootgestelde delen van de fiets. dit proces is duidelijk op gang maar zal toch nieuwe impulsen moeten krijgen.

Wat de categorisering betreft is het nuttig te achten dat op voorhand naar een beperkt aantal fietstypen wordt gestreefd.

De door IW-TNO voorgestelde indeling (naar grootte en zwaarte van het gebruik) voldoet aan deze wens. Opgemerkt dient te worden dat uit veiligheidsoogpunt de belangrijkste criteria (met betrekking tot remmen de remvertraging en met betrekking tot verlichting de actieve en passieve eigenschappen) gelijkloend zullen moeten zijn opdat de onderscheiden typen fietsen in het verkeer compatibel zijn en voor andere verkeersdeelnemers eenduidig.

Interessant is nog het in de literatuur genoemde probleem van gebrek aan afstemming tussen de fietsmaat (hoogte van het frame en de wieldiameter) op de gebruiker. Dit verschijnsel doet zich met name voor bij kinderen, in het bijzonder als een fiets 'op de groei' wordt aangeschaft. Door dit probleem wordt rijinstabiliteit in de hand gewerkt voor een groep die qua vermogen (kennis en vaardigheden) toch al tot de meest risico-dragende verkeersdeelnemers moet worden gerekend.

Hiernaast staat nog te bezien hoe met enkele thans veel in het verkeer voorkomende, maar afwijkende fietstypen moet worden omgegaan.

Zo wordt veelvuldig met (semi)racefietsen aan het verkeer deelgenomen, hetzij in recreatief verband, hetzij voor woon/werkdoeleinden. Van nature

bezitten dergelijke fietstypen weinig aanknooppunten voor enkele van de als primaire veiligheidseigenschappen genoemde functies (bijvoorbeeld verlichting, zijreflectie).

Het lijkt echter niet acceptabel voor dit type fiets uitzonderingen te maken op de voertuigregels die te zijner tijd voor de genoemde zes of vier categorieën fietsen zullen worden ontwikkeld.

Hetzelfde geldt voor ATB-fietsen, ligfietsen, City-bikes etc.

Voorzover men met deze fietsen aan het normale verkeer wenst deel te nemen zal aan de primaire eisen uit het oogpunt van verkeersveiligheid moeten worden voldaan.



## 9. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Primaire fietseigenschappen als remmen, verlichting en stuurgeometrie zijn per definitie van belang voor de verkeersveiligheid, maar er is geen uitspraak te doen over de grootte van het verwachte effect bij verbetering van de huidige eigenschappen.

Wel is nadrukkelijk vastgesteld dat er veel ruimte voor verbetering bestaat, zowel voor die van de regelgeving (leidend tot veiliger nieuwe fietsen) als die van de staat van fietsen in de praktijk.

Zo zou er gemakkelijk een hogere minimale remvertragingseis kunnen worden ingesteld, omdat er voldoende remsystemen bestaan die daaraan kunnen voldoen. De verwachte verkeersveiligheidswinst van verbetering van de remmen wordt in navolging van die voor auto's relatief hoog ingeschat.

Een manier om te zorgen dat fietsen na ingebruikname minder gevoelig zijn voor gebreken is een kwaliteitsverhoging in de vorm van duurzamer constructies en onderdelen en onderhoudsloze draaipunten, kabels en kettingen.

De body van een fiets, in de vorm van frame en voorvork, alsmede de aandrijflijn, verdienen duidelijk strenge eisen op het punt van sterkte, buigstijfheid, vermoeiing en stootbelasting.

In botsveiligheidszin is de fiets in beperkte mate een probleem maar daarmee ook in beperkte mate bruikbaar als bescherming tegen letsel.

Oplossing van het probleem van de kwetsbaarheid van fietsers is daarom enerzijds een kwestie van beveiligingsmiddelen (de helm!) en anderzijds een kwestie van aanpassing van de botspartners (motorvoertuigfront en weg).

Het gebrek aan relevante fiets(ongevallen)gegevens voor onderzoek is niet alleen een Nederlands probleem. Onderrapportage van langzame verkeersdeelnemers is structureel. Voor onderzoek- en beleidsdoeleinden zouden omvang en aard van de verkeersonveiligheid van fietsen nauwkeuriger in beeld gebracht moeten worden vooral gericht op de groep niet-motorvoertuigbot-singen.

Dit probleem blijkt deels te kunnen worden opgelost middels koppeling van

bestanden en gebruik van niet VOR-gegevens. Wat overblijft is een gebrek aan kennis over de afloop van fietsbotsingen, gekoppeld aan de diverse botstypen. Hiervoor zal een apart soort onderzoek moeten worden opgezet. Het 'model' van Roland uit de USA is wat dat betreft nog steeds interessant.

LITERATUUR

Blokpoel, A. (1988). Zijreflectie bij fietsen in 1986 en 1987. R-88-14. SWOV, Leidschendam.

Blokpoel, A. (1990). Registratie van verkeersgewonden in het Privé Ongevallenregistratiesysteem (PORS). R-90-53. SWOV, Leidschendam.

Burg, H. & Kiehnle, G. (1991). Bremsverzögerung von Fahrrädern. In: Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik 1991, 2: 57-61.

DeLong, F. (1974). DeLong's guide to bicycles & bicycling. Chilton Book Company, Pennsylvania.

Driever, J.P.M. (1988). Fietsverlichting, Voorstel van eisen. TNO-rapport 700430154. IW-TNO, Delft.

Godthelp, J. & Wouters, P.I.J. (1978). Koers houden door fietsers en bromfietsers. Artikel Verkeerskunde november 1979. R-78-16. SWOV, Voorburg.

Harris, S. (1989). Verkeersgewonden geteld en gemeten. R-89-13. SWOV, Leidschendam.

Huijbers, J.J.W. (1988). Letselpreventie-onderzoek gericht op fietsers en bromfietsers: theorie en praktijk. R-88-39. SWOV, Leidschendam.

Juhl, M. (1976). Bicycle spoke injuries. In: Proceedings of the 1976 IRCOBI Conference, Bron, France.

Kampen, L.T.B. van (1991). Analyse van letselgegevens van fietsers en voetgangers. R-91-56. SWOV, Leidschendam.

Kampen, L.T.B. van & Schoon, C.C. (1991). De invloed van kortere remtijden op de verkeersveiligheid. R-91-21. SWOV, Leidschendam.

Kortstra, J.R.A. & Schoone-Harmsen, M. (1987). Ongevallen met fietsen. Stichting Consument en Veiligheid, Amsterdam.

- Kostense, J. (1991). Kwaliteitsrichtlijn Stadsfiets. TNO-rapport 741040004. IW-TNO, Delft.
- Kostense, J. (1992). Veiligheidseisen voor fietsen. IW-TNO, Delft.
- Kusters, L.J.J. (1987). Onderzoek naar aan fietsremmen te stellen eisen. TNO-rapport 700430157. IW-TNO, Delft.
- Larsen, L.B. et al (1991). Epidemiology of bicyclist's injuries. In: Proceedings of the 1991 IRCOBI Conference, Bron, France.
- Lewis, G.D. (1973). The manoeuvrability and braking performance of small-wheeled bicycles when ridden by children. TRRL Report LR 500. TRRL, Crowthorne.
- Lind, M.G. & Wollin, S. (1986). Bicycle accidents. The Krägenas Korrespondenser AB, Lidingö.
- Lindeijer, J.E. (1988a). De veiligheid van het fietsverkeer I. R-88-5. SWOV, Leidschendam.
- Lindeijer, J.E. (1988b). Wet en werkelijkheid. R-88-37. SWOV, Leidschendam.
- Mills, P.J. (1989). Pedal cycle accidents; A hospital based study. TRRL Research Report 220. TRRL, Crowthorne.
- OECD (1978). Safety of two-wheelers. OECD, Paris.
- Oei, H.O. (1991). De onveiligheid van fietsers en bromfietsers in cijfers. R-91-69. SWOV, Leidschendam.
- Otte, D. (1989). Injury mechanisms and crash kinematics of cyclists in accidents - an analysis of real accidents. Medical University of Hannover.
- Rice, R.S. & Roland jr, R.D. (1970). An evaluation of the performance and handling qualities of bicycles. CAL No. VJ-2888-K. Cornell Aeronautical Laboratory, Inc., Buffalo.

- Roland, H.E. et al. (1979). Investigation of motor vehicle/bicycle collision parameters, Vol 1. University of Southern California, Los Angeles.
- Schreuder, D.A. (1981a). Enige overwegingen omtrent de verlichting van fietsen. R-81-14. SWOV, Leidschendam.
- Schreuder, D.A. (1981b). De signaalfunctie van fietsverlichting. R-81-22. SWOV, Leidschendam.
- Schreuder, D.A. (1985). Kwaliteitsverbetering aan de verlichting van fietsen. R-85-6. SWOV, Leidschendam.
- Suren, G. & Gotzen, L. (1976). Fahrradspeichenverletzungen im Kindesalter. In: Tägl. Prax. 17. (1976): 101-105.
- SWOV (1973). Fietsen bij schemer en duisternis. 1973-3N. SWOV, Voorburg.
- SWOV (1987). Analyse van de verkeersonveiligheid van oudere fietsers en voetgangers, Deel I en II. R-87-9I en II. SWOV, Leidschendam.
- Trimborn, W. (1991). Fahrradunfälle mit Schnellspanneinrichtungen an den Vorderradnaben. In: Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik (1991) 6.
- VVN (1987). Ouderen onderweg op de fiets. VVN, Hilversum.
- Watts, G.R. (1980). Pedal cycle braking performance; Effects of brake block and rim design. TRRL Supplementary Report 619. TRRL, Crowthorne.
- Wells, P. (1981). The state of maintenance of bicycles ridden to primary and middle schools. TRRL Report LR 999. TRRL, Crowthorne.
- Whitt, F.R. & Wilson, D.G. (1982). Bicycling science. Second edition. The MIT Press, Cambridge, Ma.
- Wierda, M. & Roos, E. (1989). Gangbare kinderfietsen op comfort, manoeuvreerbaarheid en remweg vergeleken. VK-89-01. VSC, RU-Groningen.
- Wierda, M. & Wolf, J. (1989). Drie typen kinderfietsen op manoeuvreerbaarheid en remweg vergeleken. VK-89-09. VSC, RU-Groningen.

Wouters, P.I.J. (1980). Problemen bij het rijden op fietsen en bromfietsen. R-80-3. SWOV, Voorburg.