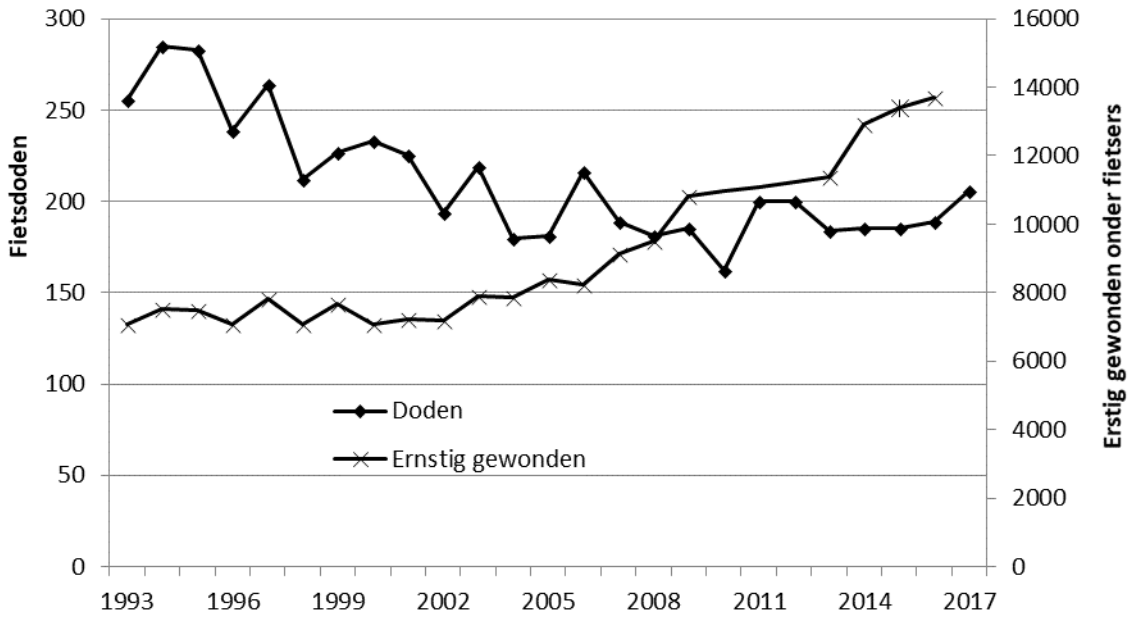
Bouwstenen voor een comfortabel en vergevingsgezind fietspad

Utrecht, mei 2018, versie 1
Berry den Brinker (Stichting SILVUR, VU), Paul Schepers (Rijkswaterstaat)

1 Inleiding

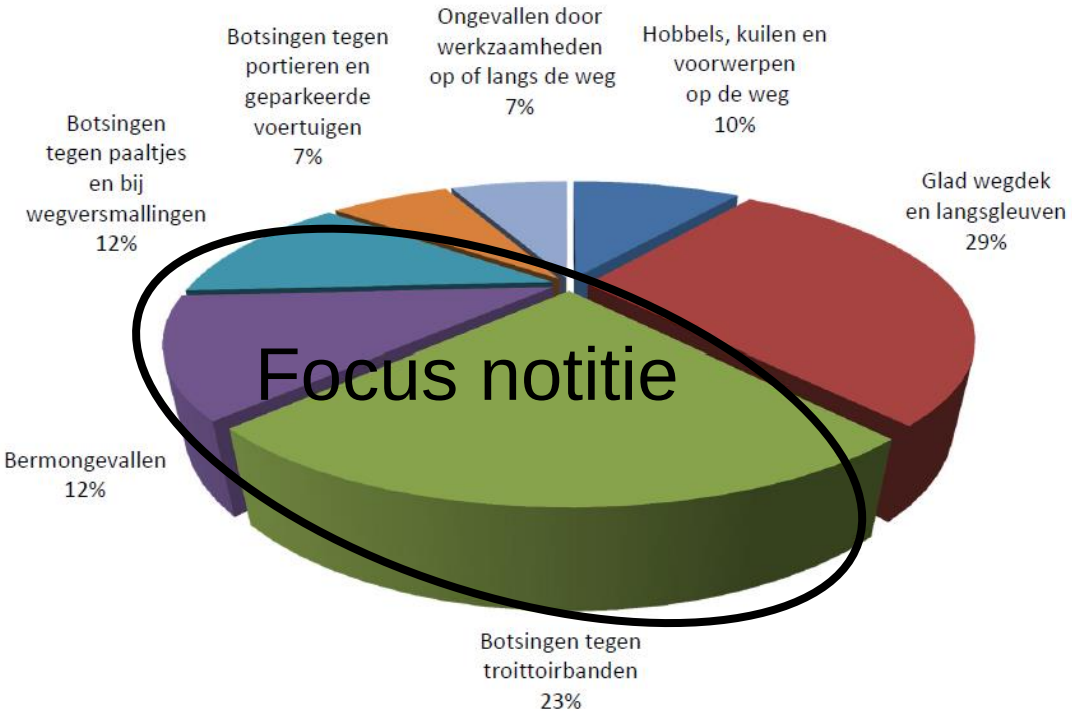
Jaarlijks worden 50.000 fietsers behandeld op een afdeling spoedeisende hulp (SEH) vanwege een enkelvoudig fietsongeval. Het zijn slachtoffers van een val of een botsing tegen een obstakel. Dat aantal vormt bijna 70% van alle SEH-gewonde fietsers. Van de ruim 13.000 fietsers die ernstig gewond raken zijn er meer dan 10.000 slachtoffer van een enkelvoudig ongeval. Het aantal ernstige enkelvoudige fietsongevallen stijgt al ruim 20 jaar, zie figuur 1. Het aantal fietsdoden schommelt al meer dan 10 jaar rond de 180. Binnen die groep is het aandeel ongevallen zonder motorvoertuigen toegenomen tot ruim 40%. Enkelvoudige fietsongevallen, met name bij ouderen, zijn dan ook een belangrijk aandachtsgebied in het verkeersveiligheidsbeleid.



Figuur 1: Ontwikkeling van het aantal doden en ernstig gewonden onder fietsers

De vergrijzing en de groeiende populariteit van (elektrische) fietsen spelen een rol bij bovenbeschreven trends. Het aantal ouderen (65+) zal in 2040 ten opzichte van 2000 ruimschoots zijn verdubbeld van ca. 2 miljoen naar ca. 5 miljoen. Ouderen fietsen steeds meer en ook sneller door de elektrische fiets. Het wordt drukker op de fietspaden, de diversiteit aan gebruikers neemt toe, er wordt sneller gereden en de snelheidsverschillen worden groter. Door deze ontwikkelingen en de fysieke kwetsbaarheid van ouderen zal het aantal ernstige letsels bij enkelvoudige fietsongevallen zonder aanvullend beleid blijven stijgen.

Een veilige infrastructuur voor fietsers is van groot belang om die trend om te buigen en om het groeiend fietsgebruik onder ouderen zo veilig mogelijk te maken. Ongeveer de helft van alle enkelvoudige fietsongevallen hangt samen met infrastructuur. Figuur 2 is afkomstig uit CROW-Fietsberaad publicatie 19a ("Grip op enkelvoudige ongevallen") en geeft een overzicht van infrastructuurgerelateerde enkelvoudige fietsongevallen. De oplossingen in deze publicatie richten zich vooral op botsingen tegen trottoirbanden, bermongevallen en botsingen tegen obstakels: bijna de helft van alle infrastructuurgerelateerde enkelvoudige fietsongevallen, ofwel een kwart van alle enkelvoudige fietsongevallen. Sommige oplossingen helpen bovendien om botsingen tussen fietsers te voorkomen. De groep ongevallen waarop deze publicatie zich richt ligt daarmee boven de 5.000 ernstige fietsongevallen per jaar.



Figuur 2: Overzicht van typen enkelvoudige fietsongevallen gerelateerd aan infrastructuur (CROW-Fietsberaad, 2011)

Verkeersveiligheidsbeleid voor de fiets was in het beleid van Duurzaam Veilig primair gericht op het voorkomen van botsingen van motorvoertuigen met fietsers. De stijging van het aantal ernstig gewonde fietsers is nog niet zo lang breed bekend en er was destijds weinig oog voor de problemen bij het fietsen zelf en de rol van de infrastructuur. Zo hadden fietspaden geen langsmarkering, ook niet op (slingerende) fietspaden langs rijwegen waar fietsers 's avonds verblind raakten door tegemoetkomend autoverkeer.

Deze publicatie heeft tot doel om wegbeheerders te inspireren voor het ontwerp en inrichting van meer comfortabele en vergevingsgezinde fietspaden waar de kans op fouten kleiner is en de gevolgen van eventuele fouten minder ernstig zijn. Om de veiligheid van fietsers substantieel te vergroten presenteren we oplossingen die deels verder gaan dan wat tot op heden in richtlijnen wordt aanbevolen. In hoofdstuk 2 ontwikkelen we een vijftal ontwerpprincipes waarmee fietsongevallen zonder motorvoertuigen kunnen worden voorkomen. In hoofdstuk 3 laten we innovatieve oplossingen zien waarmee deze ontwerpprincipes in praktijk gebracht kunnen worden.

2 De fietstaak en ontwerpprincipes

In dit hoofdstuk belichten we de fietstaak en onderzoek naar het fietsen en fietsongevallen om te komen tot vijf ontwerpprincipes voor comfortabele, vergevingsgezinde fietspaden. In paragraaf 2.1 worden de vijf ontwerpprincipes afgeleid. In paragraaf 2.2 wordt empirisch onderzoek beschreven waarin deze ontwerpprincipes een rol spelen. In 2.3 wordt afgewogen in hoeverre de ontwerpprincipes gebruikt kunnen worden om er in het volgende hoofdstuk concrete maatregelen uit af te leiden.

2.1 Ontwerpprincipes ter voorkoming van enkelvoudige fietsongevallen

Breedte

Op fietspaden in Nederland mag je naast elkaar rijden. Het fietspadontwerp moet het mogelijk maken om te passeren en gepasseerd te worden. Daarnaast hebben fietsers ruimte nodig voor het slingeren door de 'vetergang' om in balans te blijven. Een tweewieler heeft de neiging om te vallen maar bij voldoende snelheid stuurt de fiets vrijwel automatisch in de richting van de val. De contactpunten met de grond komen daardoor weer onder het zwaartepunt van de fietser. Daarna herhaalt dit proces zich aan de andere kant en zo ontstaat het slingerende patroon van de vetergang. Bij een normale snelheid van 18 km/uur is de vetergang ca. 40 cm breed en wordt breder bij lagere snelheden, harde wind en in bochten. Bij het passeren moet een fietser anderen ruimte geven en ondertussen zelf op de weg blijven en niet in aanraking komen met trottoirbanden en andere obstakels. De eisen aan die taak zijn hoog door de grote snelheidsverschillen op fietspaden. Zo ligt de gemiddelde kruissnelheid van snorfietsers bijna twee keer zo hoog als van normale fietsers en rijden de 15% snelste snorfietsers bijna drie keer zo snel als de 15% langzaamste fietsers. Ook rijden racefietsen en e-bikes veel sneller dan ouderen en kinderen op fietsen zonder trapondersteuning. Lees meer in Kader 1 over snelheden op fietspaden. **Voldoende ruimte in de breedte is dan ook het eerste ontwerpprincipe.**

Kader 1: In de praktijk gemeten kruissnelheden bij fietspadgebruikers

In dit tekstkader maken we een onderscheid naar de gemiddelde kruissnelheid en als maat voor de spreiding de V85 (snelheid waar 85% van de gebruikers zich aan houdt) en de V15 (snelheid waar 15% van de gebruikers zich aan houdt). De V85 zegt iets over de snellere gebruikers. De V15 zegt iets over de onderkant van de verdeling, maar deze is meestal niet bekend. Merk op dat de door SWOV bij de speed-pedelec gemeten snelheden alleen snelheden onder de 1 km/uur weggefilterd. Doordat optrekken en afremmen in de gegevens zitten zal de kruissnelheid enkele km/uur hoger liggen. Verder was geen V85 beschikbaar maar kon uit de gerapporteerde verdeling van snelheden op fietspaden wel een V90 geschat worden. Van de bromfiets zijn geen gemeten kruissnelheden beschikbaar.

Tabel 1: Gemeten kruissnelheden (km/uur)

Typte fietspadgebruiker	Gemiddelde	V15	V85	Referenties
Fiets	16 - 18	14	22	1, 2, 3
Elektrische fiets	19		22	2
Snorfiets	32		39	4
Speed-pedelec*	29		40	5

* Speed-pedelec, gemeten bij clandestien gebruik binnen de bebouwde kom, V90 i.p.v. V85

Effect van markering op snelheid

Tussen Sneek en Jutrijp zijn diverse markeringen getest en is de rijsnelheid gemeten. Bij duisternis bleek de snelheid zonder kantbelijning licht verlaagd.[6] In een experiment met gesimuleerde slechtziendheid liep de snelheid bij duisternis verder terug maar die afname bleek kleiner als het fietspad van een 10 cm brede kantbelijning werd voorzien.[7] Er is de afgelopen jaren ook kennis opgedaan over gedragsfactoren, zo fietsen ouderen op een reguliere fiets langzamer dan jongeren en rijden duo-fietsers langzamer dan solo-fietsers.[8] Op die factoren gaan we hier niet verder in.

Referenties

[1] Van Schagen, I.N.L.G. Brookhuis, K. Wierda, M., 1990. Fietsers in het basisonderwijs, eindrapportage 'Taakanalyse Fietsers en bromfietsers', Deel 1. VK 90-02. Verkeerskundig Studiecentrum, Rijksuniversiteit Groningen, Haren.

[2] Van Oijen, J., Lankhuijzen, R., Van Boggelen, O., 2013. Feiten over de Elektrische Fiets. Fietsberaad, Utrecht.

[3] Schepers, P., 2010. Notitie fiets-fiets ongevallen. Delft: Rijkswaterstaat.

[4] Gemeente Amsterdam, 2014. Brief Snorfiets in Amsterdam. Amsterdam.

[5] Stelling-Konczak, A., Vlakveld, W.P., Wesseling, S., Groot-Mesken, J., Christoph, M., Algera, A.J., Twisk, D.A.M, 2017 Speed-pedelecs op de rijbaan: observatieonderzoek. Den Haag; SWOV.

[6]. De Waard, D., Westerhuis, F., 2016. Effecten van diverse typen kantbelijning op fietsgedrag en beleving (bij daglicht en duisternis). Groningen: Rijksuniversiteit Groningen.

[7]. Groot, T., Poot, E., 2011. Belijningsdiktes op fietspaden bij verschillende lichtcondities. Amsterdam: Vrije Universiteit Amsterdam.

[8]. Westerhuis, F., De Waard, D., 2014. Natuurlijk fietsen. Groningen: Rijksuniversiteit Groningen.

Visuele geleiding

Passeren bij hoge snelheden stelt hoge eisen aan de visuele geleiding. Dit is verklaarbaar vanuit ‘focal’ en ‘ambient vision’, de basisfuncties van de visuele waarneming bij het besturen van een voertuig. Tijdens het passeren kan een fietser zijn blik niet op de rand van de verharding richten. Voor de oriëntatie (ambient vision) moet de blik voorwaarts gericht blijven terwijl de positie van de randen en een tegenligger in de periferie (randen) van het gezichtsveld zichtbaar blijven. Vooruitkijken is immers nodig omdat er bochten, wegversmallingen en andere obstakels kunnen opdoemen die de fietser moet herkennen (focal vision). Als fietsers extra aandacht moeten richten op slecht zichtbare randen van het fietspad om het wegverloop waar te nemen gaat dat dus ten koste van aandacht die nodig is om op mogelijke gevaren te anticiperen. Lees meer in Kader 2 over focal en ambient vision.

Bij de vormgeving van de wegrand moet rekening gehouden worden met de zeer lage gezichtsscherpte in de periferie van het gezichtsveld. Hoewel mensen zich er meestal niet van bewust zijn, is de gezichtsscherpte alleen groot in het centrum van het gezichtsveld. In de periferie van het gezichtsveld kunnen daardoor alleen grove objecten en structuren met een hoog contrast gezien worden. Lees meer hierover in Kader 3 over de illusie van scherp zien. Bij duisternis, zeker bij tegenlicht door tegemoetkomende fietsers of auto’s op een parallelle weg, wordt het nog lastiger om het verloop van een fietspad goed waar te nemen als de randen onvoldoende contrast hebben. Vooral op relatief smalle tweerichtingsfietspaden, waar tegenliggers elkaar moeten passeren is kantmarkering wenselijk. Dit geldt in nog sterkere mate voor tweerichtingsfietspaden langs onverlichte (provinciale) wegen waar fietsers het contrast tussen het fietspad en de berm minder goed kunnen waarnemen door verblinding van koplampen van auto’s op de rijbaan.

Het tweede ontwerpprincipe is daarom visuele geleiding, wat inhoudt dat het wegverloop en obstakels in de periferie van het gezichtsveld waargenomen moeten kunnen worden.

Voor oudere fietsers is visuele geleiding extra belangrijk omdat bij hen de kwaliteit van het perifere zicht verminderd is. Voor slechtziende fietsers is de visuele geleiding niet alleen comfortabel maar noodzakelijk om überhaupt veilig om te kunnen fietsen. We hebben het tot nu toe vooral over visuele geleiding gehad maar uiteraard moet ook misleiding worden voorkomen. Een voorbeeld is een rand die er uit ziet als een markeringslijn zoals de langsmarkering tussen een fietsstrook en de rijweg die bij het naderen van een kruispunt geleidelijk verhoogd wordt tot een opstaande rand. Door de suggestie van een standaard markeringslijn kan het hoogteverschil worden gemaskeerd.

Kader 2: Focal en ambient vision

Het visuele systeem verwerkt ruimtelijke informatie langs twee parallelle stromen. Beide beginnen in het netvlies (achterin het oog) maar eindigen in andere delen van de hersenen. Focal vision ondersteunt het herkennen en identificeren van objecten op afstand door de hoge gezichtsscherpte in het midden van het gezichtsveld. Focal vision geeft antwoord op de vraag 'Wat is dat?' Voorbeelden zijn het lezen van bewegwijzering en, belangrijker, het ontdekken van tegenliggers en paaltjes in de verte. Focal vision concentreert zich binnen een gebied met een straal van 20 à 30 graden rond het midden van het gezichtsveld, door ontwerpers vaak aangeduid als 'zichtlijnen'.

Ambient vision gaat over ruimtelijke oriëntatie en ondersteunt het navigeren door een ruimtelijke omgeving. Ambient vision geeft antwoord op de vraag 'Waar ben ik, hoe sta ik en waar ga ik heen?' Deze vraag speelt een grote rol in de stuurtaak, bijvoorbeeld bij het passeren van een andere fietser en het balans houden. Voor ambient vision moet de zeer onscherpe ruimtelijke informatie in de periferie van het gezichtsveld waargenomen kunnen worden. Het gaat daarbij om de globale structuur van de ruimtelijke omgeving. Zonder die informatie, bijvoorbeeld in het donker zonder verlichting en zonder visuele ondersteuning zoals heldere wegmarkering, is het moeilijker in balans te blijven tijdens een evenwichtstak zoals het fietsen. Lees meer daarover in Kader 3 over de illusie van het scherp zien.

Ambient vision verloopt bijna automatisch en onbewust. De werking en het belang van beide systemen volgt ook uit verschillende vormen van slechtziendheid. Bij een vernauwing van het gezichtsveld (bijvoorbeeld bij retinitis pigmentosa) verslechtert het vermogen om informatie in de periferie waar te nemen. Lezen gaat dan nog (focal vision) maar oriëntatie verslechtert met botsen tegen objecten in de omgeving tot gevolg (ambient vision). Bij ouderen treedt vaak macula degeneratie (MD) op waarbij het scherp zien verslechtert en daardoor focal vision wordt aangetast. Deze mensen hebben moeite met lezen en het herkennen van gezichten. Ambient vision blijft bij hen min of meer intact en zij hebben minder problemen met hun mobiliteit als voetganger of fietser zolang er voldoende geleiding is.

Extra attenderen: ribbelmarkering

Aanvullend op het tweede ontwerpprincipe van visuele geleiding kan **het derde ontwerpprincipe van extra attenderen** worden toegepast om de veiligheid te vergroten. Een voorbeeld is ribbelmarkering. Extra attenderen houdt in dat in het ontwerp naast het zien ook van het voelen en/of het horen gebruik gemaakt wordt, ofwel van meerdere modaliteiten van de waarneming. Zo kunnen de randen van een route naast duidelijke visuele geleiding nog beter waarneembaar gemaakt worden door andere materialen te gebruiken die anders aanvoelen of klinken dan de ruimte ernaast. Zo is kantmarkering gemakkelijker waar te nemen als de lijnen voorzien zijn van een voelbaar reliëf. We kennen dat al van inleidende ribbelmarkering die moet waarschuwen voor afsluitpaaltjes op fietspaden. In de ergonomie wordt overigens de term 'dubbel coderen' gehanteerd in plaats van extra attenderen om bijvoorbeeld aan te geven dat iets zowel zichtbaar als voelbaar is ('dubbel').

Figuur 3: Een voorbeeld van extra attenderen: ribbelmarkering op een fietspad in Enschede

Vergevingsgezinde randen en bermen

Voldoende ruimte en (visuele) geleiding helpen om fouten te voorkomen. Helaas zal het nooit lukken om fouten helemaal uit te bannen. Fietsers raken van de weg en kunnen vervolgens tegen een trottoirband botsen of in de berm raken. Let op dat banden aan de andere zijde van het fietspad net zo goed een obstakel kunnen zijn. Hoe lager en hoe schuiner de trottoirband, hoe kleiner de kans dat een fietser uit balans raakt en ten val komt. Als alleen een visuele scheiding wordt toegepast tussen een fiets- en voetpad is de kans op een val nog kleiner. Ligt er een berm langs het fietspad dan is de aansluiting op de verharding en overrijdbaarheid (draagkracht) van de berm bepalend. In een drassige of hobbelige berm kan een fietser makkelijk ten val komen.

Ook hier geldt dat de kans om zonder balansverlies terug te sturen groter is naarmate de rand minder schuin en het hoogteverschil tussen de berm en de verharding kleiner is. Bij een hoge en scherpe rand slipt het voorwiel makkelijk langs de rand en is een val niet meer te voorkomen. Een ander nadeel van hogere en scherpere randen is dat fietsers (en voetgangers) erop kunnen vallen en daardoor letsel oplopen. Fietshelmen worden zelfs getest op het vallen op een scherpe, haakse, trottoirband. Ook een substantieel aantal voetgangers (met name ouderen) blijkt ernstig gewond te raken door te struikelen over een trottoirband.

Het vierde ontwerpprincipe is dan ook het vergevingsgezind maken van randen en bermen: lage en schuine randen, of liever nog zonder hoogteverschil en met alleen een visuele scheiding. Zorg dat de berm aansluit op de verharding en overrijdbaar is, met een obstakelvrije ruimte van minimaal 1 meter.

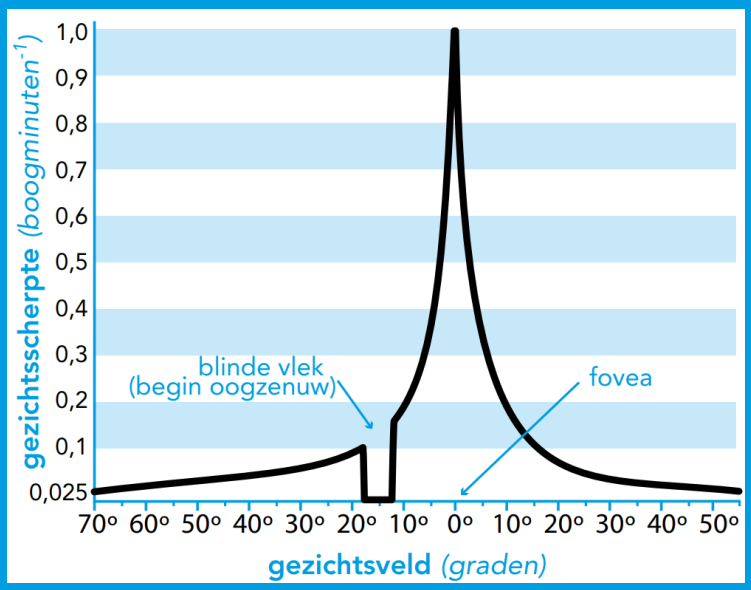
Figuur 4: voorbeeld van een berm die goed aansluit op de verharding

Obstakels

Door kijk- en koersfouten zijn botsingen met obstakels zoals paaltjes nooit te helemaal te voorkomen. **Het vijfde ontwerpprincipe is om het aantal obstakels op en langs de fietsinfrastructuur te minimaliseren en om de overblijvende obstakels 'opvallend en vergevingsgezind' te maken.** De obstakels kunnen opvallend gemaakt worden met zowel visuele middelen als met inleidende ribbelmarkering (extra attenderen). Een goed visueel middel voor het paaltje is de rood-wit kleurstelling waarbij het witte deel retroreflecterend of lichtgevend is. Obstakels verwijderen is het beste maar er zijn ook noodoplossingen waarbij bijvoorbeeld een paaltje zo buigzaam uitgevoerd wordt dat het veel minder een obstakel vormt.

Kader 3: De Illusie van scherp zien

De gezichtsscherpte is alleen hoog in het midden van het gezichtsveld, het deel waar je je ogen direct op richt. Dat gebeurt met de 'fovea', het midden van het netvlies achterin het oog. Daarbuiten, in de periferie, wordt de gezichtsscherpte snel zeer laag (zie grafiek) en kunnen we alleen grotere objecten en structuren waarnemen. Mensen met een normaal zicht zien daar niet beter dan een slechtziende. Zo kan je van iemand aan de andere kant van een tafel die je recht aankijkt de oren niet scherp zien. Een scherp beeld van de omgeving ontstaat geleidelijk door een opeenvolging van oogbewegingen. Dat gaat met drie à vier oogsprongen per seconde, te langzaam om in een veranderende omgeving alles scherp in beeld te krijgen. Dat zoekproces is top-down gestuurd door verwachtingen en de taak die mensen op een gegeven moment uitvoeren ('focal vision', zie Kader 2 over Focal en ambient vision). Mensen lopen daardoor het risico andere zaken over het hoofd te zien.



2.2 Onderzoek naar fietsgedrag en risico's

Sinds er in het Strategisch Plan Verkeersveiligheid van 2008 voor het eerst nadrukkelijk aandacht voor het probleem van enkelvoudige fietsongevallen werd gevraagd is er veel onderzoek verricht naar de fietstaak en enkelvoudige ongevallen. Dit betrof vooral gedragsonderzoek. Ongevalsonderzoek was schaars omdat de politie nauwelijks ongevallen zonder motorvoertuigen registreert. Wel is er in samenwerking met VeiligheidNL onderzoek gedaan onder fietsslachtoffers die op de Spoedeisende Hulp zijn behandeld. In 2017 is voor het eerst een kwantitatieve ongevalsstudie afgerond. In deze paragraaf presenteren we de grote lijnen in de onderzoeken om tot een nog betere basis voor oplossingen te komen. Aangezien relatief veel onderzoeken zijn gericht op de dwarspositie van fietsers zijn de resultaten daarvan samengevat in het Kader 4 over rijpositie op fietspad.

Breedte en risico's

Extra breedte geeft fietsers extra veiligheidsmarge, bijvoorbeeld omdat ze gemiddeld meer afstand tot de berm aanhouden (zie Kader 4). Hoe breder het fietspad, hoe lager volgens TNO het aantal (ernstige) conflicten is, ondanks het feit dat een breder fietspad een hogere snelheid kan uitlokken en er meer ruimte is voor 'spookfietsers' die clandestien tegen de richting inrijden op een eenrichtingsfietspad. Het effect van te weinig breedte is inmiddels ook in ongevalsonderzoek vastgesteld. Hoogendoorn adviseert op basis daarvan een minimumbreedte van 250 cm voor fietspaden met een lage intensiteit. De kans op bermongevallen wordt ruimschoots verdubbeld door een meter minder breedte. De kans dat fietsers vallen doordat hun sturen in elkaar haken stijgt ook.

Kader 4: Dwarspositie tijdens het fietsen

Het slingergedrag en de bermafstand lijken vooral individueel constante factoren te zijn. Met name obstakels, scherpe bochten en het passeren en inhalen van andere fietsers zorgen voor afwijkingen van de stabiele koers. Bij duo-fietsers rijdt de rechter fietser dichter bij de berm dan de gemiddelde bermafstand van een solo-fietsers. De rechter fietser van een duo compenseert door minder te slingeren (de standaarddeviatie van de laterale positie daalt met ruim 5 cm).[1] Bij duisternis lijken fietsers meer afstand tot de rand te nemen dan bij daglicht of schemer (dat verschil was enkele cm en niet significant in onderzoek van de Rijksuniversiteit Groningen en 10 tot 20 cm in een onderzoek van RoyalHaskoning DHV).[2,3] Naarmate een fietspad breder is houden fietsers meer afstand aan tot de rand.[4] Ongeacht de exacte breedte hielden ze in een onderzoek van TNO op relatief brede fietspaden als afstand ongeveer een kwart van de fietspadbreedte aan.[5] Op smalle fietspaden schuiven ze relatief verder naar het midden om voldoende afstand tot de berm te houden, soms bijna op het midden van het pad.[4] Ook voor fietsstroken is gevonden dat fietsers naar links schuiven naarmate de breedte toeneemt maar de grootte van de verschuiving is kleiner, waarschijnlijk omdat fietsers daar geneigd zijn om meer afstand tot passerende motorvoertuigen te houden.[6]

Figuur 5: Effecten van het aanbrengen van verzwaarde asmarkering en doorgetrokken kantmarkering op een fietspad langs de N229 (links voorsituatie met standaard as- en kantmarkering met 76% tussen de strepen, rechts nasituatie met 90% tussen de strepen)

De dwarspositie wordt ook gestuurd door markering en de vormgeving van de rand en de aanwezigheid van as-markering. Fietsers houden de meeste afstand tot de rand van het fietspad bij verticale trottoirbanden. Bij schuine en a-niveau randen of een zachte berm houden fietsers minder afstand (een verschil van 5 tot 20 cm).[1,4] Kantmarkering heeft nauwelijks effect op de positie van fietsers op de verharding. Ze rijden na het aanbrengen wel dichter bij de kantmarkering dan daarvoor langs de berm of de rand (de markering ligt immers op enige afstand van de rand van de verharding), waarschijnlijk door de extra visuele geleiding.[2] Als de verharding rechts van een opvallende maar op het oog moeilijk overrijdbare strook wordt voorzien houden fietsers wel meer afstand tot de rand van de verharding (20 cm naar links bij een strook van 30 cm).[2] En als de verharding verbreed wordt met een moeilijk overrijdbare strook (betonstrook met ribbels of betonstrook met kunstgras) schuiven fietsers naar rechts maar niet zo ver als de breedte van de extra strook (10 tot 15 cm naar rechts bij een strook van 50 cm).[7] Op een tweerichtingsfietspad gaan fietsers na het aanbrengen van verzwaarde as-markering verder uit de as rijden, er gaat een kanaliserende werking vanuit, zie figuur 4 ter illustratie.[8] De effecten van kant- en as-markering op de laterale positie van fietsers zijn vergelijkbaar met de effecten bij automobilisten.

Referenties

1 Westerhuis, F., De Waard, D., 2014. Natuurlijk fietsen. Groningen: Rijksuniversiteit Groningen.

2 De Waard, D., Westerhuis, F., 2016. Effecten van diverse typen kantbelijning op fietsgedrag en beleving (bij daglicht en duisternis). Groningen: Rijksuniversiteit Groningen.

3 Marco van der Linde (2016). De weg vinden in het donker. Amsterfoort: RHDHV.

4 Janssen, B., 2017. Verkeersveiligheid van Trottoirbanden. Rijkswaterstaat.

5 De Goede, M. Obdeijn, C., Van der Horst, A.R.A., 2013. Conflicten op fietspaden - fase 2. Soesterberg: TNO.

6 Zeegers, T., Van Boggelen, O., Morsink, P., Hengeveld, J., 2015. Evaluatie discussienotitie fiets- en kantstroken; Een praktijkonderzoek op 23 locaties. Ede: CROW-Fietsberaad.

7 Westerhuis, F., De Waard, D., 2014. Onderzoek naar het effect van ingrepen aan de rand van een fietspad op gedrag, zichtbaarheid & acceptatie. Groningen: Rijksuniversiteit Groningen.

8 Velt, E.J., Vonder, R., 2015. Hoe markering de lijn uitzet naar een veiliger fietspad. Zwolle: Hogeschool Windesheim.

9 Steyvers, F.J.J.M. and de Waard, 2000. Road-edge delineation in rural areas: effects on driving behaviour.

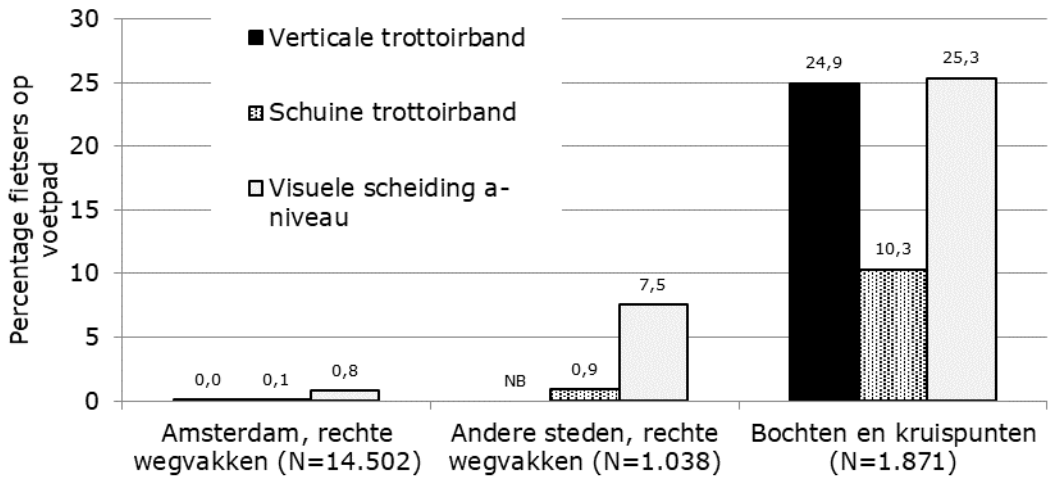
Markering

Met name oudere fietsers en slechtzienden geven aan zich veiliger te voelen wanneer goed zichtbare as-markering en kantmarkering of een opvallende kantstrook wordt toegepast. Verzwaarde as-markering heeft een kanaliserend effect waardoor solo-fietsers wat beter op hun eigen rijstrook blijven, wat een voordeel kan zijn bij het passeren. In ongevalsonderzoek is gevonden dat kritische informatie zoals het wegverloop slecht zichtbaar was op ongevalslocaties. Daarbij werd zichtbaarheid gedefinieerd conform het tweede ontwerpprincipe: de zichtbaarheid kreeg een lage score als het wegverloop niet goed waarneembaar was in de periferie van het gezichtsveld. Ook bij aanrijdingen met obstakels werd een slechte zichtbaarheid van die obstakels vastgesteld wat duidt op het belang van een goede inleidende ribbelmarkering voor afsluitpaaltjes. In een experimentele studie werd gevonden dat het stuurgedrag verslechtert als het wegverloop en obstakels minder goed zichtbaar zijn.

Trottoirbanden

Gemiddeld houden fietsers de meeste afstand aan tot hoge trottoirbanden (zie Kader 4). Dat fietsers voorzichtiger zijn als er trottoirbanden langs een fietspad liggen bleek ook uit een onderzoek van de Rijksuniversiteit Groningen waarbij met camera's geïnstrumenteerde fietsen een enkele keer de berm inreden maar nooit als daar een trottoirband langs lag. Helaas is toch bijna een kwart van alle infrastructuur-gerelateerde

enkelvoudige fietsongevallen een botsing met een trottoirband. Ook voetgangers raken vaak ernstig gewond doordat ze over trottoirbanden vallen. De vraag bij trottoirbanden is vooral of het middel om voetgangers en fietsers voor elkaar te beschermen niet erger is dan de kwaal. In onderzoek van Janssen naar het type scheiding tussen het fietspad en trottoir, bleek dat fietsers niet massaal op voetpaden gaan rijden en voetgangers in gevaar brengen als er alleen een visuele scheiding is. De resultaten zijn samengevat in figuur 5. De meeste metingen zijn verricht in 2016 op relatief smalle en drukke fietspaden in Amsterdam. Daarbij was het aandeel fietsers dat over het voetpad uitweek laag (minder dan 1%), ongeacht het type rand. In 2017 zijn metingen verricht op fietspaden in Venlo, Delft, Arnhem en Eindhoven met een schuine rand en visuele scheiding a-niveau (zonder hoogteverschil). Bij a-niveau weken meer fietsers in deze stedelijke locaties uit over het voetpad (ca 7,5%), terwijl het aandeel laag blijft bij een schuine rand (minder dan 1%). Verder bleek dat fietsers vaker over het voetpad reden in bochten en bij kruispunten. Daarmee sneden ze bochten af en ontweken ze wachtrijen van fietsers voor een verkeerslicht als ze rechtsaf wilden slaan, de 'weg van de minste weerstand'. Opgeteld over alle steden en situaties zijn ca. 500 over het trottoir uitwijkende fietsers waargenomen. In geen van die gevallen zijn gevaarlijke situaties geregistreerd. Fietsers die over het voetpad uitwijken anticiperen kennelijk op voetgangers.



Figuur 6: Aandeel fietsers dat uitwijkt over het voetpad voor verschillende situaties (NB betekent 'Niet Beschikbaar', ofwel niet onderzocht)

Voetgangers wijken ook uit over het fietspad. Dat lijkt vaker voor te komen bij een scheiding a-niveau en als er veel voetgangers zijn. Met name bij de visuele scheiding a-niveau zou een zorgpunt kunnen zijn dat oudere voetgangers zich bedreigd voelen door fietsers omdat een fysieke scheiding ontbreekt. Uit focusgroepbijeenkomsten met ouderen blijkt deze zorg ongegrond. Andere aspecten, zoals 'rommel op de stoep', de beperkte breedte van de fiets- en voetpaden en de drukte spelen een grotere rol bij het veiligheidsgevoel.

Fietspaaltjes

Fietspaaltjes vormen altijd een risico. Volgens CROW mogen paaltjes alleen worden geplaatst als de noodzaak is aangetoond. De omvang van het eventuele probleem is een belangrijk punt: hoe vaak komt oneigenlijk gebruik van het fietspad voor? Hoeveel fietsers hebben er last van? Oftewel, is het probleem groter dan de nadelen van de paaltjes? Voor gevallen waarin de plaatsing van een paaltje echt noodzakelijk is heeft CROW-Fietsberaad samen met de Rijksuniversiteit Groningen onderzocht welke maatregelen het risico kunnen inperken. Met name het samenspel van verschillende maatregelen blijkt bij te dragen aan een veilige en stabiele koers waarbij fietsers meer afstand tot de paal en rand van de verharding aanhouden. Fietsers anticiperen al tussen de 20 m en 10 m voor een paaltje. De inleidende ribbelmarkering maakt het paaltje opvallender maar kan door de ribbels ook fietsers waarschuwen als het zicht op het paaltje is afgedekt, bijvoorbeeld door een andere fietser. Voor een

optimaal effect van de ribbels moet de afstand ertussen minimaal 15 cm zijn. Bij kleinere afstanden gaat de band te makkelijk over de toppen van de ribbels en is de trilling beperkt. Bovendien moeten de ribbels voldoende hoog zijn. Hoe hoog hangt af van het type verharding waarop de ribbelmarkering wordt toegepast. Voor de relatief vlakke asfalt en betonverharding volstaat 6 mm. Het trillingsniveau van klinkers en tegels is 3 tot 7 maal zo hoog als van deze gesloten verhardingen waardoor de ribbels daar volgens CROW-Fietsberaad wel 2 cm hoog moeten zijn om voldoende attentiewaarde te hebben.

Verder is ook de plaatsing van het afsluitpaaltje van belang. Een afstand van 12,5 m tussen een kruispunt en het paaltje is nodig om fietsers de gelegenheid te geven om met een veilige koers tussen paaltjes door te sturen. Voor de zichtbaarheid wordt er bij voorkeur 5 m voor en na het paaltje openbare verlichting aangebracht. Waar openbare verlichting ontbreekt, kan Ledverlichting op paaltjes het zicht verbeteren. Nog beter is het de paaltjes zelf lichtgevend te maken of de paaltjes ‘aan te lichten’ zodat zij in hun geheel beter zichtbaar zijn.
De ruimte tussen fietspaaltjes zou volgens CROW-Fietsberaad minimaal 160 cm moeten zijn. Recent is in ongevalsonderzoek aangetoond dat het beperken van de ruimte tussen paaltjes tot onder het minimum leidt tot een aanzienlijk grotere kans dat fietsers er tegenaan rijden (een halve meter minder tussenruimte gaat samen met een meer dan tweemaal zo hoge ongevalskans).

2.3 Conclusies ten aanzien van ontwerpprincipes

De in paragraaf 2.2 beschreven empirische onderzoeken ondersteunen de ontwerpprincipes voor het voorkomen van enkelvoudige fietsongevallen die in paragraaf 2.1 zijn afgeleid. Het ontwerp van een comfortabel en vergevingsgezind fietspad zou aan de volgende principes moeten voldoen:

1. Voldoende ruimte in de breedte van het fietspad en tussen paaltjes die niet verwijderd kunnen worden
2. Visuele geleiding wat inhoudt dat het wegverloop en obstakels in de periferie van het gezichtsveld waargenomen kunnen worden.
3. Extra attendering van kritische informatie, bijvoorbeeld met ribbelmarkering voorafgaand aan obstakels en als kantmarkering om het wegverloop te markeren bij een gevaarlijke berm.
4. Vergevingsgezinde overrijdbare randen en bermen: lage of schuine randen, of liever zonder rand en met alleen een visuele scheiding. Overrijdbare bermen laten aansluiten op de verharding.
5. Minimalisatie van het aantal obstakels op en langs de fietsinfrastructuur en opvallendheid en vergevingsgezindheid van overblijvende obstakels.

3 Innovatieve oplossingen om vergevingsgezinde fietspaden te ontwerpen

De afgelopen 5 jaar zijn door diverse wegbeheerders experimenten uitgevoerd waarbij de in de vorige paragraaf beschreven ontwerpprincipes op innovatieve manieren in praktijk gebracht zijn. De oplossingen voor fietspaden gaan vaak verder dan wat tot nu in richtlijnen wordt aanbevolen. Ter inspiratie worden vijf innovaties in dit hoofdstuk beschreven:

- Innovatie 1: heldere betonstrook met streetprint voor breedte en geleiding
- Innovatie 2: Fietspad met ribbelkantmarkering
- Innovatie 3: fiets- en voetpad a-niveau gescheiden door goed zichtbare ribbelmarkering
- Innovatie 4: optimaal ingepaste paaltjes
- Innovatie 5: nieuwe markering op snelle fietsroutes

De eerste twee innovaties zijn vooral gericht op fietspaden buiten de bebouwde kom. De derde heeft betrekking op binnenstedelijke situaties. De vierde kan overal worden toegepast als het niet lukt om een fietspad zonder obstakels te realiseren.

Innovatie 1: heldere betonstrook met streetprint voor breedte en geleiding

CROW adviseert een minimumbreedte van 2,5 m voor tweerichtingsfietspaden met lage intensiteiten en een ruimer dwarsprofiel bij hogere intensiteiten. De partijen die in het project het Vergevingsgezinde fietspad hebben geparticipeerd hebben een innovatieve methode ontwikkeld om niet alleen extra breedte te geven maar ook visuele en tactiele geleiding, namelijk een betonstrook langs het fietspad met een streetprint die voor trilling zorgt als fietsers er overheen rijden. Met name langs zwart geasfalteerde fietspaden contrasteert de betonstrook met het asfalt. Daardoor vervult de betonstrook de functie van visuele geleiding die anders met kantmarkering zou worden bereikt. Bij de afweging om een betonstrook toe te passen of om het gehele fietspad te verbreden, volgt logischerwijs de vraag wat de verschillen zijn in de kosten. Helaas zijn er geen kostenkengetallen bekend om een goede afweging te kunnen maken.

Het is daarnaast raadzaam om, conform de CROW-richtlijn voor de bebakening en markering van wegen, voor de herkenbaarheid van fietsverkeer uit twee richtingen en visuele geleiding altijd middenmarkering toe te passen op tweerichtingsfietspaden. Volgens de CROW-richtlijn wordt asmarkering aangebracht die bestaat uit een onderbroken streep met een lengte van 0,30 meter met een ruimte tussen twee opeenvolgende strepen van maximaal 2,70 meter. Op plaatsen waar overschrijding van de as een meer dan normaal risico met zich meebrengt, bijvoorbeeld in krappe inleidende bochten naar een oversteek, wordt de asmarkering uitgevoerd als waarschuwingsmarkering: onderbroken streep met een lengte van 2,70 meter met een tussenruimte van 0,30 meter.

Naar aanleiding van een lijnentest onder fietsers is in Drenthe voor een andere standaardmarkering gekozen, namelijk strepen met een lengte van 1 m en een tussenruimte van 2 m.

Figuur 7: standaard asmarkering in de provincie Drenthe (bron: provincie Drenthe)

Innovatie 2: Fietspad met ribbelkantmarkering

De Provincie Noord-Brabant heeft een proef uitgevoerd met diverse typen kantmarkering op fietspaden. Op een combinatie van criteria waaronder zichtbaarheid en kosten kwam 10 cm brede ononderbroken thermoplastische kantmarkering als beste uit de bus. De zogenaamde 'dot thermo markering' met 5 mm hoge druppels werd qua veiligheid en beleving beter gewaardeerd omdat het overrijden van de markering gevoeld wordt. Wel kan er makkelijk vuil tussen de druppels komen, wat bij gebrekkig onderhoud ten koste kan gaan van de zichtbaarheid. De uitkomsten sluiten aan op onderzoek van de Rijksuniversiteit Groningen waaruit bleek dat bij duisternis kantstrookmarkering geprefereerd wordt boven glow-in-the-dark markering. Een alternatief kan afgeleid worden uit de wijze waarop rumble strips voor autoverkeer toegepast worden. Als de 10 cm brede ononderbroken thermoplastische kantmarkering wordt toegepast zouden ribbels gefreesd kunnen worden in de strook tussen de rand en de markering als daar voldoende ruimte voor is.

Figuur 8: Geteste markering in Noord-Brabant. Links: de thermoplastische markering, rechts: de dot-markering. Foto's: Antea Group

Innovatie 3: fiets- en voetpad a-niveau gescheiden door goed zichtbare ribbelmarkering

Om ongevallen met trottoirbanden te voorkomen (voor zowel fietsers als voetgangers) kunnen fiets- en voetpad op hetzelfde niveau uitgevoerd worden met een duidelijke visuele scheiding. Dat kan door hoog contrasterende materialen toe te passen, bijvoorbeeld zwart asfalt op het fietspad en heldere betontegels of klinkers op het trottoir. Daardoor is het trottoir minder aantrekkelijk voor fietsers en merken fietsers aan trillingen dat ze van het fietspad afraken. Omgekeerd merken voetgangers dan aan het vlakke materiaal dat zij op het fietspad lopen. Als de materialen van zichzelf onvoldoende contrasteren kan een markering toegepast worden als scheiding. Daarbij heeft ribbelmarkering de voorkeur om het overschrijden van de belijning voelbaar te maken.

Aandachtspunten bij deze innovatie:

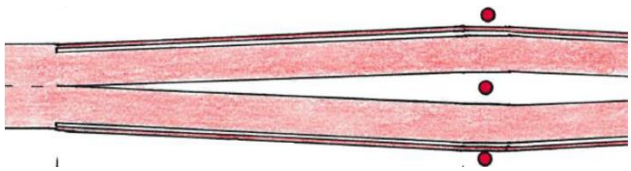
- Zorg dat de 'vlakke rand' goed uitgevoerd is met een hoogteverschil van maximaal 5 mm (anders kunnen voetgangers het randje over het hoofd zien en struikelen).
- Zorg dat eventuele toepassing van ribbelmarkering niet kan worden verward met de routegeleiding voor mensen met een visuele beperking.
- Zorg bij een fiets- en voetpad op hetzelfde niveau voor een duidelijke opdeling met juiste bebording. Het plaatsen van G11 aan de rechterzijde van het fietsgedeelte is vaak al voldoende.

Verder is het aan te bevelen om bij hoge voetgangersdrukte (>200 voetgangers per uur per meter profielbreedte) wel een hoogteverschil (diagonaal of laag-verticaal) toe te passen. Voetgangers zijn bij horizontale randen namelijk eerder geneigd om op het fietspad te lopen.

Figuur 9: Fietspad en trottoir a-niveau in het Draaiboek Openbaar Domein in Antwerpen

Innovatie 4: optimaal ingepaste paaltjes

Het beste paaltje is geen paaltje, dit gevaar is ongewenst op een comfortabel vergevingsgezind fietspad. CROW-Fietsberaad heeft het Keuzeschema sanering palen op fietspaden uitgebracht om na te gaan of paaltjes echt noodzakelijk zijn. Sterk bepalend voor de veiligheid is de minimum beschikbare breedte tussen paaltjes van 1,6 m. Bij paden die geen breedte van 3,3 m halen kan de door CROW-Fietsberaad ontwikkelde aanpak worden toegepast om het fietspad ter hoogte van het paaltje te verbreden tot 3,3 meter. Andere aanbevelingen van CROW-Fietsberaad zijn om 12,5 m aan te houden tussen het paaltje en een kruispunt of bocht. Bovendien wordt aanbevolen om een inleidende ribbelmarkering aan te brengen van 10 m tot 15 m, die voldoende trilling veroorzaakt. De materialisering van de ribbels is afhankelijk van het type verharding: 6 mm hoog op gesloten verharding; 2 cm hoog op open verharding. Niet alleen het paaltje midden op het fietspad maar ook de paaltjes aan de buitenzijde moeten duidelijk met markering ingeleid worden. Het witte deel van het rood-witte paaltje is voorzien van retroreflecterend materiaal dat als dat kan permanent wordt aangelicht. Ook kunnen de paaltjes zelf lichtgevend gemaakt worden. Flexibele palen zorgen ervoor dat de botsenergie wordt geabsorbeerd bij aanrijdingen (minder letsel), maar er zijn geen onderzoeken bekend waar is gekeken naar de meest optimale buigbaarheid van de palen.



Figuur 10: een conform de aanbevelingen van CROW-Fietsberaad ingerichte locatie waar palen noodzakelijk waren

Innovatie 5: nieuwe markering op snelle fietsroutes

Op initiatief van de provincie Utrecht en samen met de gemeenten Utrecht, De Bilt, Zeist en Soest is een pilot gestart om een nieuw type markering op snelle fietsroutes te onderzoeken. 'Doorfietsroutes' noemt men de routes daar en gekozen is voor een doorgetrokken kantmarkering en een dubbele asmarkering met lange onderbroken strepen. Opvallend is de toepassing bij kruisingsvlakken van een blauwe lijn tussen de dubbele asmarkering, afhankelijk van de voorrangssituatie. Voor het aanbrengen van de markering heeft uitgebreid vooronderzoek plaatsgevonden met enquêtes en camera-observaties. Een na-onderzoek zal moeten uitwijzen of de fietsers vinden dat het er veilig op geworden is en of de dubbele asmarkering ze beter op hun eigen weghelft laat rijden.

Figuur 11: voorbeeld van de geteste markering

Innovatie-ideeën

Bij de totstandkoming van deze publicatie is door een aantal experts enkele potentiele innovaties genoemd, waarvan niet bekend is of ze in de praktijk op de fietsinfrastructuur zijn toegepast. Hieronder worden drie voorbeelden beschreven. We houden ons aanbevolen voor praktijkervaringen met deze toepassingen, en uiteraard ook voor innovaties die in deze publicatie nog niet aan de orde zijn gekomen, bijvoorbeeld:

- Bliksemflits markering. Deze markering wordt vaak toegepast op wegvakken om een onopvallende oversteekplaats voor voetgangers of (brom)fietsers op een wegvak te benadrukken. Een vergelijkbare toepassing zou ook op fietspaden toegepast kunnen worden om bijvoorbeeld fietsers te attenderen op gevaarlijke obstakels.
- Bochtverbreding. Bochtverbreding leidt ertoe dat fietsers minder hun snelheid hoeven aan te passen bij te krappe boogstralen en geeft een extra veiligheidsmarge.
- Ritterplaten of multiraster als bermverharding. Deze oplossingen worden – naast grastegels – toegepast op wegvakken om de berm berijdbaar te houden. Toepassingen langs fietsinfrastructuur zijn nog niet bekend.

Aandachtspunten

Betonpaden

Hoewel beton een duurzame vlakke verharding is blijkt uit praktijkonderzoek dat de randen relatief vaak weinig vergevingsgezind zijn. Ten eerste is de rand vaak recht en scherp. Ten tweede blijkt de berm vlak langs de verharding minder draagkrachtig te zijn en zijn er grotere hoogteverschillen tussen berm en verharding. Dit komt mede doordat de berm bij aanleg vaak wat lager wordt aangebracht, omdat de berm in de natte periodes uitzet en men wil voorkomen dat de berm hoger komt te liggen in verband met wateroverlast (met kans op opvriezing). Doordat beton geen water doorlaat als het regent loopt het water rechtstreeks de berm in. Het is aan te bevelen om langs deze fietspaden een semiverharding toe te passen zodat het water via de semiverharding kan verdwijnen zonder dat de extra ingebouwde veiligheid verdwijnt. Daarnaast is het aan te bevelen om de rand af te schuinen zodat fietsers meer kans hebben om weer terug op de verharding te komen na het inrijden van de berm. Betonpaden hebben na oplevering vaak een groot contrast met de berm. Dit biedt visuele geleiding maar het verschil in helderheid verdwijnt als het pad onvoldoende schoon wordt gehouden. Het is daarom raadzaam om toch kantstrepen toe te passen, liefst ribbelmarkering waardoor fietsers merken dat ze van de weg afrijden.

Een- of tweerichtingsfietspad

In deze notitie is tot nu toe geen voorkeur uitgesproken voor één- of tweerichtingsfietspaden. Dat doen we hier wel. Vanuit veiligheidsoverwegingen heeft een eenrichtingsfietspad veruit de voorkeur. Het was al bekend dat tweerichtingsfietspaden problemen geven op voorrangskruispunten omdat automobilisten geen fietsverkeer uit twee richtingen verwachten. Recent onderzoek laat zien dat tweerichtingsfietspaden ook bijdragen aan het risico van botsingen tussen fietsers. Het risico van fiets-fietsongevallen op tweerichtingsfietspaden is ongeveer 4 maal zo hoog als op eenrichtingsfietspaden. Dit is belangrijk te weten omdat 13% van alle ernstig gewonde fietsers slachtoffer is van een fiets-fietsongeval, ofwel ruim 1.500 van de 13.000 ernstig gewonde fietsers in 2015. Daarnaast kunnen passerende fietsers zorgen voor uitwijkmanoeuvres die resulteren in “enkelvoudige” bermongevallen.

Literatuur

Schepers, P., Stipdonk, H., Methorst, R., & Olivier, J. (2016). Bicycle fatalities: trends in crashes with and without motor vehicles in The Netherlands. Transportation research part F: traffic psychology and behaviour.

SWOV, 2017. Cognos. Gedownload op 7 november 2017 van http://www.swov.nl

Weijermars, W., Korving, H., Van Schagen, I., Goldenbeld, Ch., Bos, N., 2016. Monitor verkeersveiligheid 2016. Den Haag: SWOV.

Groot-Mesken, J., Duivenvoorden, K., Goldenbeld, Ch., 2015. Monitor Beleidsimpuls Verkeersveiligheid 2015. Den Haag: SWOV.

Weijermars, W., Goldenbeld, Ch., Bijleveld, F., 2014. Monitor Beleidsimpuls Verkeersveiligheid 2014. Den Haag: SWOV.

Aantal 65-plussers, 1950-2012 (meetpunt 1 januari) en prognose aantal 65-plussers, 2013-2060 (Bron: CBS Bevolkingsstatistiek; CBS Bevolkingsprognose voor 2013-2060).

Van Boggelen, O, Kroeze, P, Schepers, P., Van der Voet, M., 2011. Fietsberaadpublicatie 19a. Grip op enkelvoudige ongevallen. Utrecht: Fietsberaad.

Jones, D.E.H., 1970. The stability of the bicycle. Physics Today 23 (4), 34-40.
Kooijman, J.D., Meijaard, J.P., Papadopoulos, J.M., Ruina, A., Schwab, A.L., 2011. A bicycle can be self-stable without gyroscopic or caster effects. Science 332 (6027), 339-42.

Van den Ouden, J.H., 2011. Inventory of Bicycle Motion for the Design of a Bicycle Simulator. Delft University of Technology, Delft, MSc thesis.

Schepers, J.P., Den Brinker, B.P.L.M., 2011. What do cyclists need to see to avoid single-bicycle crashes? Ergonomics 54 (4), 315-27.

Schieber, F., Schlorholtz, B., McCall, R. (2008). Visual requirements of vehicular guidance. In: Castro, C. ed. Human factors of visual and cognitive performance in driving. CRC Press, Boca Raton.
Donges, E. (1978). A two-level model of driver steering behavior. Human Factors 20 (6), 691-707.

Schepers, P., Den Brinker, B., Methorst, R., Helbich, M., 2017. Pedestrian falls: a review of the literature and future research directions. Journal of Safety Research, 62, 227-234.

Fabriek, E., de Waard, D., Schepers, P., 2012. Improving the visibility of bicycle infrastructure. International journal of human factors and ergonomics, 1(1), 98-115.

Hoogendoorn, T., 2017. The contribution of infrastructure characteristics to bicycle crashes without motor vehicles A quantitative approach using a case-control design. Delft: Technische Universiteit Delft.

Fabriek, E., de Waard, D., Schepers, P., 2012. Improving the visibility of bicycle infrastructure. International journal of human factors and ergonomics, 1(1), 98-115.
De Waard, D., Westerhuis, F., 2016. Effecten van diverse typen kantbelijning op fietsgedrag en beleving (bij daglicht en duisternis). Groningen: Rijksuniversiteit Groningen.

Schepers, P., Den Brinker, B. (2011). What do cyclists need to see to avoid single-bicycle crashes?. Ergonomics, 54(4), 315.

Fabriek, E., de Waard, D., Schepers, P., 2012. Improving the visibility of bicycle infrastructure. International journal of human factors and ergonomics, 1(1), 98-115.

Westerhuis, F., De Waard, D., 2014. Natuurlijk fietsen. Groningen: Rijksuniversiteit Groningen.

Schepers, P., Den Brinker, B., Methorst, R., Helbich, M., 2017. Pedestrian falls: a review of the literature and future research directions. Journal of Safety Research, 62, 227-234.

Janssen, B., 2017. Verkeersveiligheid van Trottoirbanden. Rijkswaterstaat.
Janssen, B., 2016. Traffic Safety of Kerbs. Delft: Delft University of Technology.

Van Boggelen, 2014. Evaluatie aanbevelingen voor palen op fietspaden. Utrecht: Fietsberaad.

http://www.vergevingsgezindefietspad.nl/

Reith, M., 2017. Fietsers wisselend positief over lichtgevende belijning. Fietsverkeer, 41, 38-43.

Van Osta, A., Tiellemans, J., 2016. Evaluatie Pilot “Zichtbaarheid fietspaden N631”. Den Bosch: Provincie Noord-Brabant.

De Waard, D., Westerhuis, F., 2016. Effecten van diverse typen kantbelijning op fietsgedrag en beleving (bij daglicht en duisternis). Groningen: Rijksuniversiteit Groningen.

Stad Antwerpen, 2014. Draaiboek Openbaar Domein. Antwerpen: Stad Antwerpen.

Fietsberaad, 2014. Keuzeschema sanering palen op fietspaden. Utrecht: Fietsberaad.

CROW, 2016. Ontwerpwijzer fietsverkeer. Ede: CROW.

Spieard, R., 2015. Pilot kwaliteit en draagkracht bermen. Amersfoort: RHDHV.

Hendriksen, B., Pol, M., Bel, B.J., Veltrop, M. 2017. Verbeterde wegmarkering en bewegwijzering op snelfietsroutes.