

Vernieuwde inzichten in boogstralen en remafstanden

Fietsberaadnotitie



Deze publicatie is samengesteld door adviesbureau Haskoning in opdracht van CROW-Fietsberaad.

CROW-Fietsberaad

CROW-Fietsberaad is een kenniscentrum voor fietsbeleid. De doelstelling van CROW-Fietsberaad is de ontwikkeling, verspreiding en uitwisseling van praktijkgerichte kennis.

CROW-Fietsberaad maakt onderdeel uit van Kennisplatform CROW. CROW is een onafhankelijke kennisorganisatie zonder winstoogmerk die investeert in kennis voor nu en in de toekomst. CROW biedt praktisch toepasbare en ondersteuning op het gebied van infrastructuur, openbare ruimte, verkeer en vervoer en aanbesteden en contracteren.

CROW-KpVV

Het KpVV-programma ontwikkelt, verspreidt en borgt collectieve kennis op het gebied van mobiliteit. Het gaat om kennis die ondersteunt bij de beleidsontwikkeling en -uitvoering bij decentrale overheden en andere organisaties.

CROW maakt praktische kennis direct toepasbaar

Kennisplatform CROW is de drijvende kracht achter een duurzame inrichting van de fysieke leefomgeving in Nederland. We ontwikkelen collectieve kennis over infrastructuur en mobiliteit; voor én met de sector. Als kennisplatform bieden we praktische oplossingen en bevorderen we directe toepasbaarheid van deze kennis. Iedereen die een stap buiten de deur zet, ervaart het onschatbare belang van onze publicaties en richtlijnen, opleidingen, netwerken en community's.

Werken aan praktische oplossingen is voor ons vanzelfsprekend. Dat doen we met ruim 120 professionals in Ede (hoofdkantoor) en Utrecht. CROW is een onafhankelijke kennisorganisatie zonder winstoogmerk.

CROW en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben de hierin opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld naar de laatste stand van wetenschap en techniek. Desondanks kunnen er onjuistheden in deze publicatie voorkomen. Gebruikers aanvaarden het risico daarvan. CROW sluit, mede ten behoeve van degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van de gegevens.

De inhoud van deze publicatie valt onder bescherming van de auteurswet.
De auteursrechten berusten bij CROW.

Inhoud

1	Inleiding	4
1.1	Aanleiding	4
1.2	Scope	4
1.3	Onderzoeksopzet	4
2	Literatuuronderzoek	5
2.1	Verkenning typen buitenmodelfietsen	5
2.2	Analyse (huidige) ontwerprichtlijnen	5
2.2.1	Ontwerprichtlijnen CROW	5
2.2.2	Ontwerprichtlijnen Vademecum Vlaanderen	6
2.2.3	Analyse ontwerpprogramma's	6
3	Praktijkonderzoek	7
3.1	Comfortabele boogstralen	7
3.2	Comfortabele remweg	10
3.3	Noodstop	12
4	Conclusies en aanbevelingen	13
	Bronnen	15
	Bijlage 1 'Fietseigenschappen buitenmodelfietsen praktijkonderzoek'	16

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In de aanbevelingen voor het ontwerp van fietsvoorzieningen wordt uitgegaan van het normvoertuig 'standaardfiets'. Deze standaardfiets is gebaseerd op de maten van en gereden snelheid met een traditionele stadsfiets. Met de huidige ontwikkelingen van de fietsfamilie blijkt dat die standaardfiets niet meer zo standaard is als 10 jaar geleden. Zo is het model tegenwoordig vaak uitgerust met elektrische trapondersteuning, waardoor het makkelijker is om een iets hogere snelheid (tot 25 km/h) te halen. Ook zijn fietsen vaak uitgerust met accessoires zoals een krat boven het voorwiel, fietstassen aan de bagagedrager of een kinderzitje aan het stuur of achter het zadel.

Naast aanpassing aan het model van de standaardfiets zien we ook hele nieuwe modellen, die voor de wet onder de aanduiding 'fiets' vallen. Zo is de bakfiets met name in hoog stedelijke gebieden een breed geaccepteerd alternatief voor de personenauto. Door nieuwe inzichten in de WMO en de gezondheidszorg wordt de meerwiel fiets ook steeds gewoner in het straatbeeld.

Al deze ontwikkelingen geven aanleiding om nog eens naar de details van het ontwerp voor fietsvoorzieningen te kijken.

1.2 Scope

De richtlijnen voor boogstralen en remafstanden in de 'Ontwerpwijzer Fiets' (CROW, 2016) zijn gebaseerd op het normvoertuig standaardfiets. Aan de hand van een praktijkgericht onderzoek willen we vaststellen of de in de Ontwerpwijzer fietsverkeer gehanteerde waarden voor de boogstraal in fietspaden en de remweg bij conflictpunten nog volstaan. Waar nodig worden aangepaste waarden voorgesteld. Deze notitie beschrijft de conclusies uit dit onderzoek.

Het onderzoek geeft antwoord op onderstaande onderzoeksvragen:

Boogstralen

- *Hoofdvraag 1:* Wat zou de nieuwe ontwerprichtlijn voor boogstralen op met name straathoeken bij kruispunten (90 graden) moeten zijn?
 - *subvraag:* Wat is een comfortabele boogstraal per snelheid per fietsmodel bij een linksaf beweging?
 - *subvraag:* Wat is een comfortabele boogstraal per snelheid per fietsmodel bij een rechtsaf beweging?
 - *subvraag:* Is met de verschillende fietsmodel op hun maximale snelheid (25 km/h) een boogstraal van 20 meter (ontwerpsnelheid 30 km/h) comfortabel nemen?
- *Hoofdvraag 2:* Wat zou de nieuwe fietspad-ontwerprichtlijn voor bochtverbreding moeten zijn?
 - *subvraag:* Welke fietstypen hebben een bochtverbreding nodig bij een krappe bocht (2-5 meter)?

Remweg

- *Hoofdvraag:* Wat zou de nieuwe fietspad-ontwerprichtlijn voor remafstanden moeten zijn?
 - *subvraag:* Wat is een comfortabele remvertraging per fietstype?
 - *subvraag:* Wat is de remvertraging tijdens een noodstop per fietstype?

1.3 Onderzoekopzet

Het onderzoek is opgedeeld in een literatuur- en praktijkonderzoek. In het literatuuronderzoek is de achtergrond (gebruik, verkoop, fietseigenschappen) van verschillende typen buitenmodelfietsen onderzocht. Onder een buitenmodelfiets verstaan we: voertuigen die op het fietspad mogen rijden, aangedreven door spierkracht (met eventueel ondersteuning) die groter, zwaarder en/of sneller zijn dan de standaard stadsfiets. De meest relevante fietstypen zijn meegenomen in het praktijkonderzoek.

De huidige ontwerprichtlijnen voor boogstralen en remafstanden uit zowel Nederland als België (Vlaanderen) zijn geïnventariseerd en vergeleken. Aanvullend hierop zijn de boogstralen per ontwerpsnelheid uit het ontwerp-programma 'Autoturn' toegevoegd aan de vergelijking. Deze informatie is gebruikt als uitgangspunt voor het praktijkonderzoek.

In het praktijkonderzoek zijn verschillende deelnemers op verschillende typen fietsen gaan testen welke boogstralen comfortabel zijn bij diverse snelheden. Ook is getest wat een comfortabele remvertraging is binnen een aangegeven remafstand en wat de remafstand is per fietstype bij het uitvoeren van een noodstop. De testen zijn in een veilige omgeving uitgevoerd voor diverse typen buitenmodelfiets.

2 Literatuuronderzoek

Om te bepalen welke typen buitenmodelfietsen het meest relevant zijn voor het praktijkonderzoek en om de opzet daarvan vorm te geven, is eerst literatuuronderzoek uitgevoerd. Dit literatuuronderzoek bestaat uit drie onderdelen van deskresearch:

- een verkenning van de verschillende typen buitenmodelfietsen,
- een analyse van (huidige) ontwerprichtlijnen uit handboeken, en
- een analyse van ontwerprichtlijnen uit de meest gebruikte ontwerpprogramma's.

2.1 Verkenning typen buitenmodelfietsen

Het straatbeeld in Nederland verandert. Mensen maken niet alleen gebruik van standaardstadsfietsen, maar gebruiken ook andere modellen, zoals e-bikes, fatbikes, bakfietsen en/of drie- of vierwielige fietsen. De verkoop en het gebruik van deze buitenmodelfietsen is de laatste jaren gestegen. Zo worden sinds 2018 meer nieuwe e-bikes verkocht dan stads- of toerfietsen (KiM, 2023) en stijgt het aantal verkochte e-bakfietsen (cargobikes) jaarlijks met zo'n 30 tot 40% (Fietshuys, 2023). Daarnaast is in Nederland een groeiende, diverse groep fietsers met een fysieke beperking. Deze groep rijdt steeds vaker op aangepaste fietsen, omdat zij door hun beperking evenwichtsproblemen ervaren bij een tweewiel fiets (Fietzersbond, 2021). Gespecialiseerd bedrijven in aangepaste fietsen, verkopen steeds meer driewiel fietsen en duofietsen aan zowel particulieren als zorginstellingen.

Hoewel het gebruik van buitenmodelfietsen toeneemt, is de Nederlandse fietsinfrastructuur nog grotendeels afgestemd op het normvoertuig: de standaardfiets. Buitenmodelfietsen wijken hiervan af in eigenschappen zoals lengte, breedte en/of gewicht. Deze afwijkingen kunnen van invloed zijn op het nemen van bochten (boogstraal) en op de benodigde remafstand, wat gevolgen kan hebben voor zowel de veiligheid als het comfort van fietsers.

Om te onderzoeken of deze invloed daadwerkelijk aanwezig is, en hoe groot die invloed eventueel is, zijn in het praktijkonderzoek (zie hoofdstuk 3) verschillende typen buitenmodelfietsen geselecteerd. In tabel 1 staan de belangrijkste eigenschappen van deze fietsen weergegeven. Een uitgebreid overzicht is te vinden in Bijlage 1 'Fietseigenschappen buitenmodelfietsen praktijkonderzoek'.

Tabel 1 Fietseigenschappen buitenmodelfietsen (gewicht in kg, lengte en breedte in cm)

Fietstype	E-bike	Tweewielige bakfiets	Driewielige bakfiets	Duofiets (vierwielig)	Driewielige fiets
Gewicht (kg)	24,4	54,5	65	88,2	61,2
Lengte (cm)	195	265	210	199	225
Breedte (cm)	64	77	95	113	78

2.2 Analyse (huidige) ontwerprichtlijnen

2.2.1 Ontwerprichtlijnen CROW

De huidige ontwerprichtlijnen in de 'Ontwerpwijzer Fietsverkeer' (CROW, 2016) gaan uit van verschillende boogstralen bij verschillende ontwerpsnelheden. De ontwerpsnelheden zijn afhankelijk van de functie van het fietspad in het fietsnetwerk. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in drie categorieën: de ondergrens, het basisnetwerk en het hoofdnetwerk. Iedere categorie kent zijn eigen ontwerpsnelheid met bijbehorende minimale boogstraal, deze zijn opgenomen in tabel 2. De bron van deze richtlijnen is onbekend.

Bij lange neergaande hellingen wordt het advies gegeven om een hogere ontwerpsnelheid (tot 40 km/h) aan te houden en bochtverbreding (0,5 meter) toe te passen.

Tabel 2 Categorieën fietsnetwerken met bijbehorende ontwerpsnelheden en boogstralen

Categorie	Snelheid	Boogstraal
Ondergrens	12 km/h	5 meter
Basisnetwerk	20 km/h	10 meter
Hoofdnetwerk	30 km/h	20 meter

2.2.2 Ontwerprichtlijnen Vademecum Vlaanderen

Naast de Nederlandse ontwerprichtlijnen zijn ook de ontwerprichtlijnen uit Vlaanderen (AWV, 2024) meegenomen in dit onderzoek. Deze ontwerprichtlijn voor fietsinfrastructuur maakt onderscheid naar verschillende type bochten, namelijk: bochten op een kruispunt, standaardbochten en comfortabele bochten. De bochten onderscheiden zich door verschillende ontwerpsnelheden met ieder zijn eigen advieshoogstraal (zie tabel 3).

In het Vademecum Vlaanderen zijn aanbevelingen opgenomen voor bochtverbreding. Zo wordt aangegeven dat bochtverbreding het belangrijkste is bij tweerichtingsfietspaden en hoe kleiner de bocht, hoe groter de bochtverbreding behoort te zijn.

De bronnen van het Vademecum Fietsvoorzieningen zijn de 'Ontwerpwijzer fietsverkeer' (CROW, 2016) en een masterproef van De Bruyn naar de 'Dimensionering en classificatie van fietswegen' (De Bruyn, 2013).

Tabel 3 Advieshoogstralen per ontwerpsnelheid en bochtverbreding uit Vademecum Vlaanderen

Type bocht	Ontwerpsnelheid	Advieshoogstraal	Bochtverbreding
Kruispunt	12 km/h	≥ 4 meter	0,5 meter
Standaard	20 km/h	17 meter	0,15 meter
Comfort	30 km/h	33 meter	n.v.t.

2.2.3 Analyse ontwerpprogramma's

Rijcurvesimulatieprogramma's zoals AutoTURN, Vehicle Tracking en CurSim worden veelvuldig gebruikt bij het ontwerpen van wegen. Van deze drie programma's is AutoTURN het enige waarin standaard ook fietsen zijn opgenomen. Binnen AutoTURN wordt onderscheid gemaakt tussen vier verschillende fietstypen, maar alle typen krijgen bij eenzelfde snelheid dezelfde hoogstraal toegekend.

Tabel 4 toont de geadviseerde hoogstralen per ontwerpsnelheid.

Tabel 4 Advieshoogstralen per ontwerpsnelheid uit Autoturn

Ontwerpsnelheid	Hoogstraal
12 km/h	4,3 meter
20 km/h	10,4 meter
25 km/h	17 meter

3 Praktijkonderzoek

Het praktijkonderzoek bestaat uit drie onderdelen:

- comfortabele boogstralen;
- comfortabele remweg, en;
- de noodstop.

De tests met betrekking tot de *boogstralen* en de *remweg* zijn uitgevoerd op het parkeerterrein van het 'Gazelle Experience Center' in Amersfoort, met behulp van een groep testrijders. Het onderdeel *noodstop* is op dezelfde locatie eenmalig getest. De testdag kende regenachtige omstandigheden, al vonden de metingen plaats tijdens droge tussenperiodes. De buitentemperatuur lag rond het vriespunt.

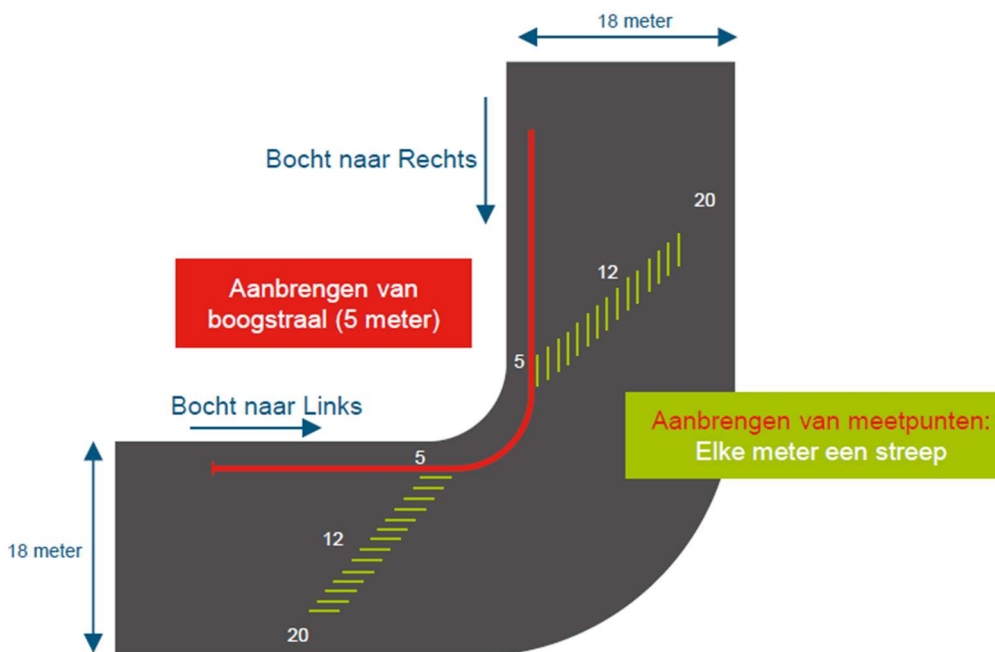
De testgroep voor de onderdelen *boogstralen* en *remweg* bestond uit 11 deelnemers, verdeeld over 3 testmomenten. De proefpersonen waren onervaren op de verschillende fietsen (m.n. de driewiel fiets) en varieerden in leeftijd en geslacht, tussen de 25 en 60 jaar.

3.1 Comfortabele boogstralen

Om de boogstraal van de verschillende fietsen te meten is op het parkeerterrein een proefopstelling uitgetekend met krijtspray (zie figuur 1). Een basislijn is uitgezet onder een bijna haakse bocht met een boogstraal van 5 meter, met vervolgens meetpunten tot aan een boogstraal van 25 meter.

Tijdens de proef is de deelnemers gevraagd zo nauwkeurig mogelijk de basislijn te volgen, met een steeds hogere snelheid (12, 15, 20 en 25 km/h), waarbij de bocht comfortabel moest worden ervaren. Per type fiets en per snelheid is genoteerd welke boogstraal is gereden. Het doel was te achterhalen wat een comfortabele boogstraal is voor verschillende type buitenmodelfietsen bij verschillende snelheden.

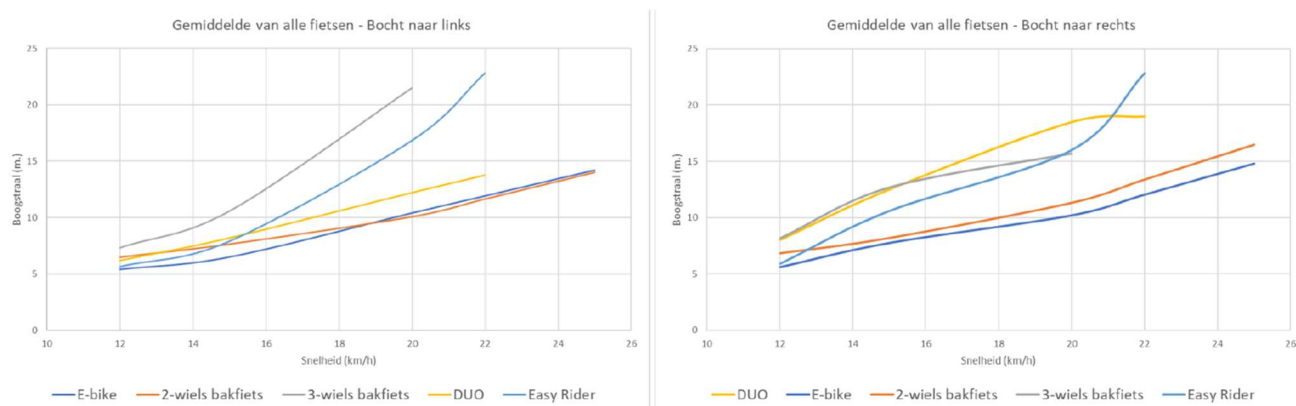
Naast de uitvoering van de rijtaak is een belevingsonderzoek uitgevoerd. Nadat deelnemers de taak uitvoerden is hun een aantal vragen gesteld over de ervaringen tijdens de proef. Aan hen is onder andere gevraagd naar de invloed van gewicht, lengte en breedte van de verschillende fietstypen op de uitvoering van de taak.



Figuur 1 Proefopstelling praktijkonderzoek 'Boogstraal'

Resultaten praktijkonderzoek

Figuur 2 toont de gemiddeld gemeten boogstralen per type fiets bij verschillende gereden snelheden. Hierin is te zien dat naarmate de snelheid toeneemt, deelnemers op de driewielige bakfiets en de driewielige fiets gemiddeld een ruimere bocht (zowel naar links als rechts) nemen, dan deelnemers op de e-bike en de tweewielige bakfiets. Deelnemers op de duofiets nemen gemiddeld ook een ruimere bocht naar rechts, maar slechts in geringe mate een ruimere bocht naar links.

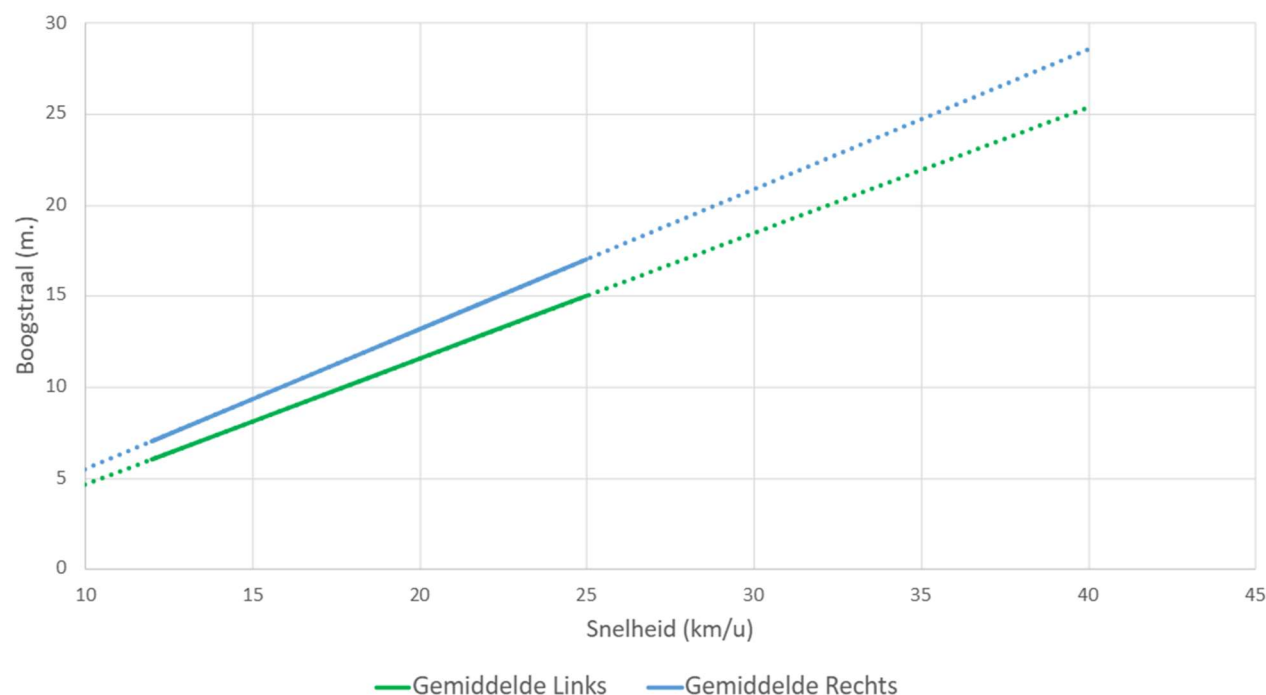


Figuur 2 Gemiddelde boogstralen bocht naar links/bocht naar rechts

Verschillen tussen bocht naar links en bocht naar rechts

De meetresultaten laten verschillende waarden zien voor bochten naar links en bochten naar rechts. Voor de driewielbakfiets geldt bijvoorbeeld dat de boogstraal van de bocht naar links exponentieel toeneemt naarmate de snelheid toeneemt, terwijl voor de bocht naar rechts een afvlakkende curve te zien is. Voor de duofiets geldt een meer lineaire toename van de boogstraal, de bocht naar rechts vlakt vanaf 20 km/h af. De overige typen (e-bike, tweewielbakfiets en de driewielige fiets) hebben een vergelijkbaar gemeten boogstraal voor links en rechts.

Uit het gemiddelde van de gemeten waarden over alle fietstypen blijkt een verschil tussen links- en rechtsaf slaan: bij een snelheid van 12 km/h is de gemiddelde boogstraal bij een linkerbocht 1 meter groter dan bij een rechterbocht, en bij 25 km/h bedraagt dit verschil 2 meter (zie figuur 3).

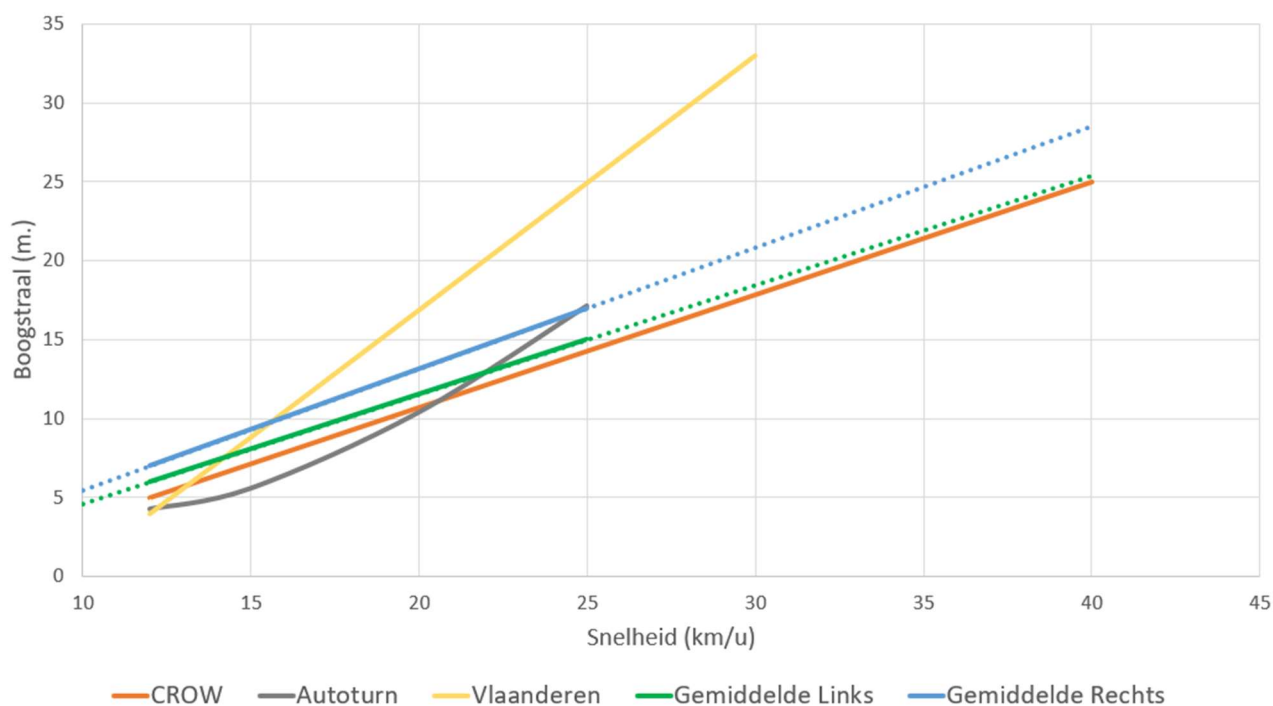


Figuur 3 Gemiddelde boogstralen bocht naar links en bocht naar rechts voor alle fietstypen

Vergelijking praktijkonderzoek met ontwerprichtlijnen

In figuur 4 zijn de resultaten van het praktijkonderzoek voor boogstralen vergeleken met de huidige ontwerprichtlijnen uit de Ontwerpwijzer fietsverkeer (CROW, 2016), de ontwerprichtlijnen uit het Vademecum Vlaanderen (AWV, 2024) en de ontwerprichtlijnen uit het ontwerpprogramma Autoturn. In het praktijkonderzoek zijn geen snelheden hoger dan 25 km/h getoetst aangezien de ondersteuning van e-bikes stopt bij die snelheid. De gemiddelde lijn is daarom vanaf 25 km/h doorgetrokken als stippellijn.

Te zien is dat de gemiddelden van zowel de bocht naar links als de bocht naar rechts hoger liggen dan de ontwerprichtlijnen uit de ontwerpwijzer fietsverkeer en grotendeels ook boven de ontwerprichtlijnen uit Autoturn. Daarentegen zijn de ontwerprichtlijnen voor boogstralen in het Vademecum Vlaanderen nog veel groter.



Figuur 4 Vergelijking praktijkonderzoek met ontwerprichtlijnen

Kanttekeningen resultaten praktijkonderzoek

Bij de resultaten van het praktijkonderzoek voor boogstralen zijn een aantal aandachtspunten in ogenschouw te nemen. Deze aandachtspunten hebben te maken met praktische eigenschappen van bepaalde type fietsen en veiligheidsoverwegingen.

Allereerst zijn de mindervalide fietsen (duofiets en driewielige fiets) gelimiteerd op een snelheid van 22 km/h en zijn deze fietsen om die reden niet getest op 25 km/h. Daarnaast is de duofiets getest met een persoon. Hierdoor zit de bestuurder en daarmee het gewicht op de fiets, aan één kant van de fiets. Dit heeft als gevolg dat het nemen van de bocht naar links en rechts anders ervaren wordt dan wanneer er twee personen op dezelfde fiets hadden gezeten.

Tijdens het praktijkonderzoek bleek het niet comfortabel om met de driewielbakfiets sneller dan 15 km/h door een bocht te fietsen en niet veilig om sneller te fietsen dan 20 km/h. Dit heeft de resultaten van deze metingen beïnvloed.

De weersomstandigheden tijdens het onderzoek waren koud en nat. Dit heeft mogelijk invloed gehad op de inschatting van de comfortabele bochten ten opzichte van droog weer en hogere temperaturen. Omdat de Nederlandse weersomstandigheden door het jaar variëren, kunnen deze metingen worden beschouwd als een 'worst-case' en daarmee representatief voor een veilige fietsomgeving.

Resultaten beleevingsonderzoek

Nadat deelnemers de taak hadden uitgevoerd, is gevraagd naar de ervaringen tijdens de proef. Per fiets zijn de reacties geanalyseerd en op een rij gezet.

E-bike:

- Lengte en breedte van de fiets hebben geen invloed op het nemen van een bocht.
- Een enkele deelnemer gaf aan dat de e-bike zwaarder aanvoelde dan de stadsfiets.

- Deelnemers merkten op dat je met de e-bike gemakkelijker op hoge snelheid fietst t.o.v. de stadsfiets.
- De versnelling vanuit stilstand werd als groot ervaren.
- Ondanks ervaringen van deelnemers is de gemiddeld gereden boogstraal conform de huidige ontwerprichtlijn.

Tweewielige bakfiets:

- Deelnemers gaven aan dat het gewicht van de bak, die aan de voorkant van de fiets zat, naar buiten duwt in de bocht; compenseren is nodig om de bocht te kunnen houden.
- Het voorste wiel is op afstand en niet zichtbaar.
- Lengte van de fiets leidde tot onzekerheid, de focus lag op het goed insturen in de bocht. Daardoor voelt het niet per se comfortabel.
- Breedte van de fiets had geen invloed op het nemen van de bocht.

Driewielige bakfiets:

- Deelnemers gaven aan dat de bak zwaar aanvoelde, wat de bestuurbaarheid beperkte. Sturen bleek lastig en kostte kracht.
- Een enkele deelnemer nam de bocht ruimer n.a.v. de lengte van de fiets.
- De breedte van de fiets leidde tot (ervaring van) instabiliteit, en dus kantelgevaar.
- Vanaf 20 km/h was het niet mogelijk om een comfortabele bocht te nemen.

Duofiets:

- Het gewicht en de breedte van de fiets liet fietsers kantelgevaar/instabiliteit ervaren.
- Bij hoge snelheden hadden deelnemers het gevoel los te komen van de grond, wanneer bestuurd werd door één persoon;
- Daardoor werd sturen naar rechts als gevaarlijk ervaren: dit is in lijn met resultaten praktijkonderzoek.
- Lengte van de fiets had geen invloed op het nemen van de bocht.

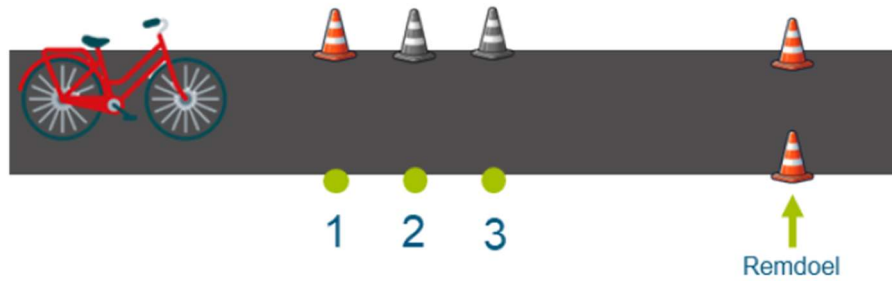
Driewielige fiets:

- Een enkele deelnemer gaf aan dat het zwaartepunt lager ligt bij deze fiets, als gevolg van het gewicht van de fiets.
- Breedte van de fiets had invloed op het nemen van de bocht: met twee achterwielen gevoel dat je snel kunt kantelen.
- Het in 'ligstand' fietsen creëert een onveilig gevoel;
- Deelnemers gaven aan niet te kunnen 'hangen' om het evenwicht te verdelen, zoals dat bij een stadsfiets wel kan.

3.2 Comfortabele remweg

Om de comfortabele remweg te testen is een proefopstelling uitgezet zoals te zien in figuur 5. In deze opstelling zijn drie rempunten gemarkeerd met pylonen, gebaseerd op remvertragingen van respectievelijk $1,4 \text{ m/s}^2$, $1,5 \text{ m/s}^2$ en $1,6 \text{ m/s}^2$ bij een snelheid van 25 km/h (zie

tabel 5). De waarde van $1,5 \text{ m/s}^2$ komt overeen met de huidige richtlijn van CROW; de andere twee waarden zijn gekozen om de effecten van iets lagere en hogere remvertragingen in kaart te brengen. Deelnemers reden met 25 km/h en remden gelijkmatig af van het rempunt tot het remdoel. Nadat deelnemers de taak voltooid hadden werd hen gevraagd of de remvertraging comfortabel was.



Figuur 5 Proefopstelling praktijkonderzoek 'Comfortabele remwegen'

Tabel 5 Remvertragingen en stopafstanden

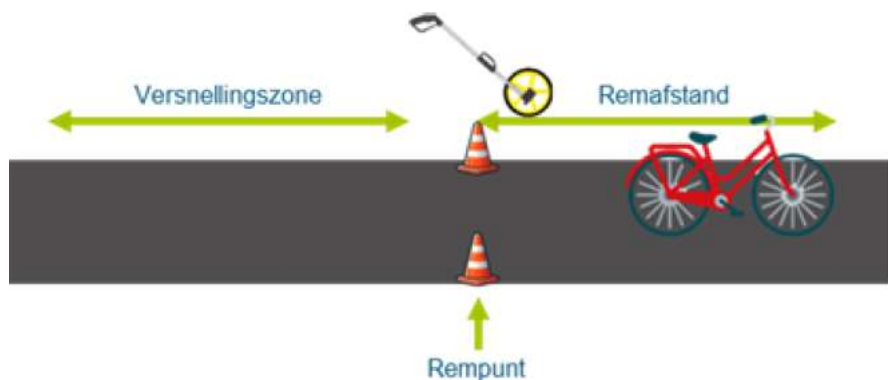
Rempunt	Remvertraging	Stopafstand trapondersteuning (25 km/h)
1	1,4 m/s ²	17,4 meter
2	1,5 m/s ²	16,0 meter
3	1,6 m/s ²	14,9 meter

Resultaat remproef

Resultaten van deze proef tonen een overeenkomstig uitkomst. Alle deelnemers gaven aan op alle type buitenmodel-fietsen dat een remvertraging van 1,5 m/s² als comfortabel werd ervaren. Dit is conform de richtlijnen uit de Ontwerpwijzer fietsverkeer (CROW, 2016).

3.3 Noodstop

Om de remafstand bij een noodstop te onderzoeken is een proefopstelling uitgezet zoals te zien in figuur 6. De noodstop is voor ieder fietstype (in dit onderzoek is de speedpedelec ook getest) eenmalig uitgevoerd door één deelnemer op een vochtige asfaltweg. De deelnemer versnelt in de versnellingszone en nadert het rempunt met een snelheid van 25 km/h (voor de speedpedelec geldt een snelheid van 40 km/h). Op het moment dat de deelnemer bij het rempunt is, remt diegene zo hard als mogelijk af. Vervolgens, nadat de taak is uitgevoerd, wordt de remafstand (afstand tussen het rempunt en voorwiel) opgemeten en aan de hand daarvan de remvertraging bepaald. Hoe hoger de remvertraging, hoe korter de remafstand en dus hoe sneller de fiets tot stilstand komt.



Figuur 6 Proefopstelling praktijkonderzoek 'Noodstop'

Resultaten

De resultaten van het noodstoponderzoek laten zien dat de remvertraging verschilt per type buitenmodelfiets. De remvertraging per fietstype is weergegeven in tabel 6.

Tabel 6 Onderzoek noodstop – remvertraging en stopafstand per fiets

Type fiets	Remvertraging	Stopafstand (25 km/h)
E-bike	5,4 m/s ²	4,4 m
Bakfiets (tweewielig)	4,9 m/s ²	4,9 m
Bakfiets (driewielig)	5,3 m/s ²	4,5 m
Duofiets (vierwielig)	2,9 m/s ²	8,2 m
Driewielige fiets	2,3 m/s ²	10,4 m
Speedpedelec	8,9 m/s ²	2,6 m

4 Conclusies en aanbevelingen

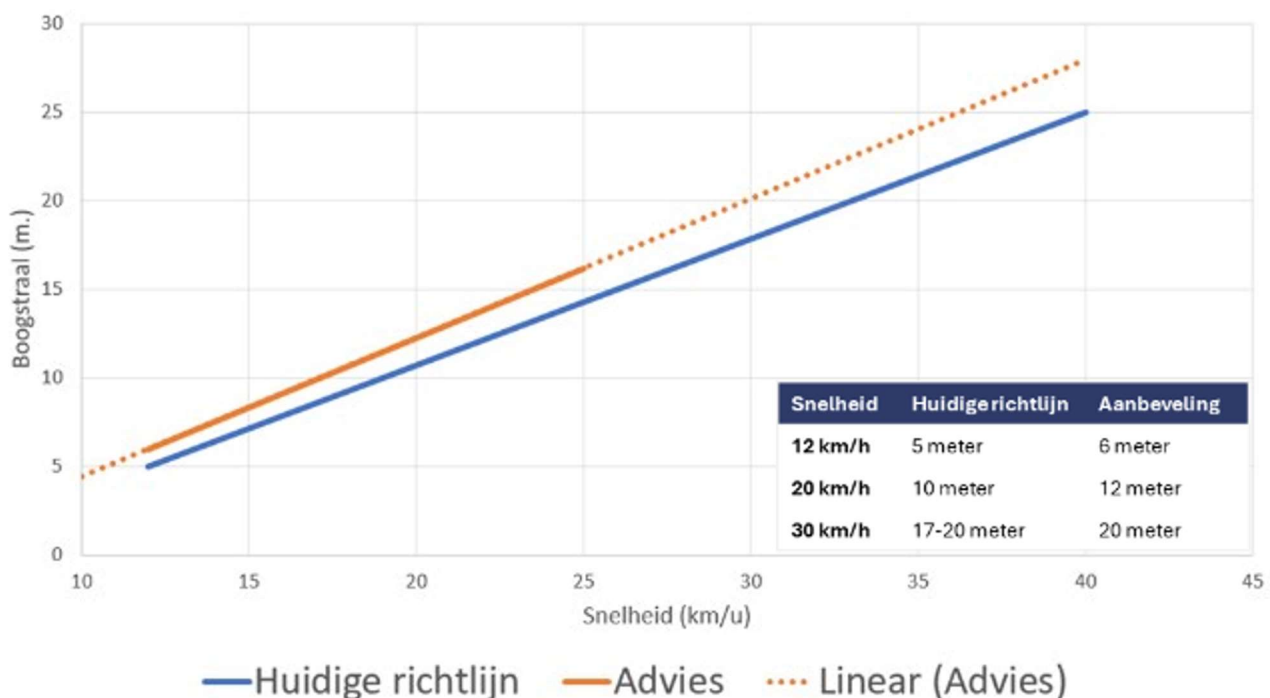
Boogstalen

Op basis van de diverse metingen blijkt dat de huidige ontwerprichtlijnen voor boogstralen onvoldoende zijn afgestemd op buitenmodelfietsen (zie figuur 7). Het lijkt daarom wenselijk om de richtlijnen voor boogstralen enigszins te verruimen om aan te sluiten op de praktijk.

Om de praktische toepasbaarheid te vergroten, wordt voorgesteld om geen onderscheid te maken tussen bochten naar links en naar rechts, maar uit te gaan van de gemiddelde benodigde boogstraal.

De aangepaste aanbevelingen ten opzichte van de bestaande richtlijnen luiden als volgt, afhankelijk van de snelheid:

- Bij 12 km/h: boogstraal verruimen met 1 meter, tot 6 meter;
- Bij 20 km/h: boogstraal verruimen met 2 meter, tot 12 meter;
- Bij 30 km/h: boogstraal handhaven van 20 meter, het onderzoek bevestigt de onderbouwing voor een boogstraal van 20 meter, als verantwoorde afronding van de gemeten 17 meter in de huidige richtlijn.



Figuur 7 Advies op de huidige ontwerprichtlijn

Bochtverbreiding

Ook is onderzocht of naast de aanpassing van de boogstralen, bochtverbreiding noodzakelijk is. Het Vlaamse Vademecum Fietsvoorzieningen (AWV, 2024) bevat richtlijnen voor bochtverbreiding, die zijn meegenomen in de analyse van dit onderzoek. Uit de metingen blijkt geen noodzaak voor aanvullende verbreiding tussen verschillende fietstypes; deze metingen zijn echter verricht bij solofietsers. Daarom wordt geadviseerd, in lijn met het Vademecum, een bochtverbreiding van 0,5 meter toe te passen bij boogstralen kleiner dan of gelijk aan 12 meter op tweerichtingsfietspaden. Dit bevordert het comfort en de verkeersveiligheid voor de fietsers, doordat fietsers dan minder vaak op de andere weghelft uitwijken.

Vervolgonderzoek

Aanvullend wordt aanbevolen om vervolgonderzoek uit te voeren waarbij het ruimtegebruik van twee naast elkaar fietsende personen in bochten wordt onderzocht.

Remwegen

Naast de boogstralen is ook onderzocht wat de comfortabele remafstanden zijn – oftewel, op welke afstand men nog op een comfortabele manier tot stilstand kan komen. Dit helpt de ontwerper bijvoorbeeld bij het bepalen van de breedte van een middeneiland. Op basis van de resultaten uit de remtests is er geen aanleiding om de richtlijn voor de remvertraging van $1,5 \text{ m/s}^2$ aan te passen. Aan de hand van de beginsnelheid kan daarmee de comfortabele remafstand bepaald worden. In tabel 7 zijn de comfortabele remafstanden bij enkele beginsnelheden weergegeven. Hierbij is geen rekening gehouden met een reactietijd. Ook is een indicatie gegeven van de lengte van een remweg bij een noodstop. Deze is gebaseerd op de laagste remvertraging; die van de driewiel fiets. Voor andere remvertragingen bij een noodstop wordt verwezen naar tabel 6.

Tabel 7 Aanbevelingen remwegen

	Comfortabel ($1,5 \text{ m/s}^2$)	Noodstop ($2,3 \text{ m/s}^2$)
12 km/h (laagste veilige snelheid)	3,6 m	2,3 m
20 km/h (kruissnelheid)	10,3 m	6,7 m
25 km/h (max. trapondersteuning)	16,0 m	10,4 m
30 km/h (ontwerpsnelheid)	22,9 m	15,0 m

Bronnen

AWV, 2024	Vademecum fietsvoorzieningen. Brussel, Agentschap Wegen en Verkeer, 2024
CROW, 2016	Ontwerpwijzer Fietsverkeer (CROW-publicatie 351). Ede, CROW, 2016
De Bruyn, 2013	Dimensionering en classificatie van fietswegen. S. De Bruyn, Gent, U-Gent, 2013
Fietsersbond, 2021	Fietsers met een beperking verdienen meer aandacht. Utrecht, Fietsersbond, 2021
Fietshuys, 2023	Elektrische bakfietsen: Het vervoer van de toekomst. Blog, Het Fietshuys, 2023
KiM, 2023	Fietsfeiten 2023. Den Haag, Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, 2023

Overige bronvermelding

Rijcurve simulatieprogramma's:

- [CURSIM - simulatie voertuigrijcurven](#)
- [AutoTURN Pro Includes a Library of Different Cycle Types - Transoft Solutions](#)
- [Vehicle Tracking | Swept Path Analysis Software | Autodesk](#)

Fietsdata fietstypen:

- Verkoopcijfers bak- en vrachtfietsen in 2022 [\[link\]](#)
- Aantal fietsen blijft stijgen, aantal kilometers vlak af [\[link\]](#)

Bijlage 1 'Fietseigenschappen buitenmodelfietsen praktijkonderzoek'

E-bike

Gebruik e-bike:

Sinds 2018 worden er meer nieuwe e-bikes verkocht dan stads- of toerfietsen (KiM).

- 56% van het totaal aantal verkochte fietsen in 2023 is een e-bike (RAI Vereniging);
 - Ca. 453.000 fietsen
- Naar schatting telt Nederland in 2023 4,2 miljoen e-fietsen (CROW);
 - Ca. 17,4% van het totaal aantal fietsen
- Aandeel totaal afgelegde afstand per e-bike neemt toe onder alle leeftijdsgroepen;
 - Totaal afgelegde fietsafstand het grootst onder senioren, maar grotere stijging onder jongeren

E-bike praktijkonderzoek: Gazelle Grenoble C8

- Lengte: ca. 195 cm.
- Breedte: ca. 64 cm.
- Gewicht: ca. 27 kg. (incl. accu)

Twee- en driewielige bakfietsen:

Gebruik twee- en driewielige bakfietsen:

- Exacte verkoopcijfers voor bakfietsen ontbreken (Fietsdiensten.nl):
 - Een schatting voor 2022: zo'n 40.000 verkochte bakfietsen;
 - O.b.v. verstrekte gegevens van de RAI-vereniging en marktaandeel van bakfietsproducenten
- Gem. groei van aantal verkochte e-bakfietsen zo'n 30-40% per jaar (Het Fietshuys)
- Verwachting 2025: ca. 400.000 bak- en vrachtfietsen in Nederland (Fietsdiensten.nl)

Tweewielige bakfiets praktijkonderzoek: Gazelle Makki Load

- Gewicht: ca. 57 kg. (incl. accu)
- Lengte: ca. 265 cm.
- Breedte: ca. 77 cm.

Driewielige bakfiets praktijkonderzoek: Standaard driewielige bakfiets

- Gewicht: ca. 65 kg.
- Lengte: ca. 210 cm.
- Breedte: ca. 95 cm.

Drie- en vierwielige fietsen:

Gebruik drie- en vierwielige fietsen:

- In Nederland is een groeiende, diverse groep fietsers met fysieke beperking;
- Aangepaste fietsen voor mensen die geen gebruik kunnen maken van een tweewielige fiets;
- Nederlandse fietsinfrastructuur is grotendeels ingericht op gebruik van tweewielige fietsen (Fietzersbond)
- Driewielige fietsen en duofietsen worden veel gekocht/gebruikt door zorginstellingen, ouderen (Van Raam)

Vierwielige fiets onderzoek: Van Raam Fun2Go Duofiets

- Gewicht: ca. 88 kg. (incl. elektrosysteem)
- Lengte: ca. 199 cm.
- Breedte: ca. 113 cm.

Driewielige fiets onderzoek: Van Raam Easy Rider

- Gewicht: ca. 61 kg. (incl. elektrosysteem)
- Lengte: ca. 225 cm.
- Breedte: ca. 78 cm.

Versie	Datum	Opsteller	Opmerking
1.0	22-05-2025	CROW-Fietsberaad en Haskoning	
1.1	2-7-2025	CROW-Fietsberaad en Haskoning	Kleine foutcorrecties doorgevoerd.

Colofon

Vernieuwde inzichten in boogstralen en remafstanden

Fietsberaadnotitie

versie

versie 1.1, 2 juli 2025

datum

22 mei 2025

in opdracht van

CROW-Fietsberaad

auteur

Jacob Tiellemans, Haskoning
Mark van Gurp, CROW

uitgave

Kennisplatform CROW, Ede

contact

Kennisplatform CROW
klantenservice@crow.nl

