

Risico-onderzoek naar rotondes

Rico Andriesse, Jesse Voorhorst, Goudappel
28 mei 2025

Nu de Nederlandse fietspopulatie steeds sneller wordt, levert de veiligheid van fietsers bij rotonde meer aandachtspunten op. In deze paper verkennen we de mogelijkheden om op basis van landelijke data uitspraken te doen over de veiligheid en onveiligheid van bepaalde ontwerpoplossingen.

Rotondes hebben zich bewezen als veilig kruispuntoplossingen waarbij voor fietsers en voetgangers een snelle en comfortabele oversteek mogelijk is.

Hoewel oplossingen met fietsers in de voorrang onveiliger zijn dan met fietsers uit de voorrang, wordt aanbevolen voor kruispunten binnen de bebouwde kom te kiezen voor fietsers in de voorrang, als een optimum tussen afwikkeling, comfort en veiligheid. En met in het achterhoofd de veronderstelling dat als fietsers op veel plekken voorrang hebben, zorgt voor een aangepaster gedrag en hoger attentieniveau voor automobilisten, waar we overal baat bij hebben. Dus laten we de voorrang van de fietsers zeker niet zomaar bij de mestvaalt van de geschiedenis zetten, maar wel verkennen hoe de verschillende kenmerken van rotondes samenhangen met de ongevallen op deze rotondes.

De laatste 5-10 jaar is het aandeel van elektrische fietsen in het Nederlandse fietspark sterk toegenomen. Eerst alleen oudere fietsers, daarna fietsers op het platteland en fietsers die lange afstanden afleggen en daarna steeds meer in verstedelijkte gebieden. Deze snellere fietsen hebben als nadeel voor de verkeersveiligheid op de rotonde dat de beslistijd voor autobestuurders die de fietspaden moeten kruisen korter wordt.

Dit roept de vraag op, hoe het anno 2025 gesteld is met de verkeersveiligheid op de Nederlandse rotondes. Om dit te verkennen heeft Goudappel de afgelopen maanden, naast detailonderzoek op een aantal locaties (zie kader) op eigen initiatief een risicoanalyse gemaakt voor rotondes op basis van de verkeersintensiteiten voor fiets en auto uit het Mobiliteitsspectrum. In deze paper presenteren we de resultaten én de leerpunten uit dit onderzoek

Kader

Het afgelopen jaar is detailonderzoek gedaan naar de verkeersveiligheid bij twee rotondes. In Ede naar een oversteek van een doorfietsroute bij een turbo-achtige vormgeving; in Uithoorn naar een fietsoversteek bij een grootschalige 'normale' rotonde. In beide gevallen met fietsers op een tweerichtingenfietspad in de voorrang. In beide gevallen was sprake van ernstige ongevallen waar (snelle) fietsers bij betrokken waren. Voor beide situaties zijn de conflicten in detail uitgewerkt. De volgende punten kwamen als belangrijkste aandachtspunt naar voren, waarbij de snellere fietsers bij alle punten een belangrijke rol spelen:

- de complexiteit van de rotonde met onder andere tweerichtingenfietspaden
- het zicht op de naderende fietsers
- de afstand tussen het keuzepunt en het conflictpunt bij de fietsoversteken

Er is verkend welke oplossingsrichtingen zouden kunnen bijdragen aan een veiligere verkeersafwikkeling. Te denken valt aan het aanpassen van de naderingsrichting van automobilisten en fietsers, de remming van beide groepen, het vergroten van de afstand tussen keuzepunt en conflictpunt en het voorkomen van afdekongevallen bij tweerichtingspaden.

De ambitie van het dataonderzoek was om zeker ook de gevonden aandachtspunten in het onderzoek mee te nemen, maar dat is vooralsnog alleen voor de tweerichtingenfietspaden gelukt.

Onderzoeksmethode dataonderzoek

De kern van het onderzoek is het koppelen van gegevens over geregistreerde ongevallen uit BRON, intensiteiten uit Mobiliteitsspectrum en wegkenmerken uit NDW, aangevuld met nieuwe kenmerken specifiek voor rotondes. Concreet zijn de volgende gegevens gebruikt voor het onderzoek:

- De geregistreerde ongevallen in BRON voor 2021- 2023
- De intensiteitsgegevens uit Mobiliteitsspectrum voor 2023, het landsdekkende verkeersmodel voor heel Nederland voor voetgangers, fietsers, auto en OV.
- De wegkenmerken uit NDW voor december 2024, met een toets op de aanwezigheid van desbetreffende rotonde in de data voor januari 2021

Voor de wegkenmerken zijn de volgende gegevens verzameld

- De locatie van de rotonde
- Het type rotonde (normaal, turbo, groot)
- De snelheid van alle takken van de rotonde
- De wegbreedte van de in- en uitgaande links
- De ligging van de fietsinfrastructuur ten opzichte van de rotonde
- De voorrangssituatie*
- Het aantal in- en uitgaande takken
- De richtingen waarin de fietsinfrastructuur wordt gebruikt
- De afstand tussen de rotonde en het fietspad

Kader voorrangssituatie

Het vaststellen van de voorrangssituatie bij rotondes met fietspaden rondom de rotonde is op basis van de beschikbare wegkenmerken niet evident. Er is (nog) geen databestand dat de voorrangssituatie van alle rotondes in Nederland beschrijft. We hebben die als volgt aangepakt:

- Stap 1: Vaststellen in- en uitgaande takken rotonde (max 20 meter)
- Stap 2: Vaststellen kruispunten tussen in- en uitgaande takken met fietsinfrastructuur
- Stap 3: Vaststellen aanwezigheid voorrangsborden¹ binnen 10 meter van het kruispunt
- Stap 4: Vaststellen waarschijnlijke voorrangssituatie op basis van de borden
- Stap 5: Filteren rotondes met waarschijnlijk voorrang auto of waarschijnlijk voorrang fiets
- Stap 6: Toets van de bevindingen met steekproef op basis van beelden rotonde en databestand eerder onderzoek rotondes van DTV.

Risicomaat

De basis van ons onderzoek is de risicomaat op basis van het aantal ontmoetingen tussen auto- en fietsverkeer. Vergelijkbaar met risicocijfers voor wegvakken bepalen we de risicomaat door het aantal ongevallen te delen door een expositiemaat. De gebruikte expositiemaat is gebaseerd op de Traffic Flow Index van Shalom Hakkert en Mahalel². Deze index is een indicator voor het

¹ Haaiantanden die de voorrang ook kunnen regelen zijn helaas niet vastgelegd.

² A. Shalom Hakkert & D. Mahalel (1978). Estimating the number of accidents at intersections from a knowledge of the traffic flows on the approaches. *Accident Analysis & Prevention*, 10(1), pp. 69-79.

aantal ontmoetingen op een kruispunt door per conflictpunt (ieder punt waar verkeersstromen elkaar kruisen of raken) de volumes van de conflicterende stromen te vermenigvuldigen en de uitkomsten te sommeren voor alle conflictpunten op een kruispunt. De Traffic Flow Index is ontwikkeld voor gemotoriseerd verkeer en reguliere kruispunten maar hebben we aangepast om deze in te kunnen zetten op rotondes met zowel gemotoriseerd verkeer als fietsers.

De gebruikte expositiemaat is als volgt:

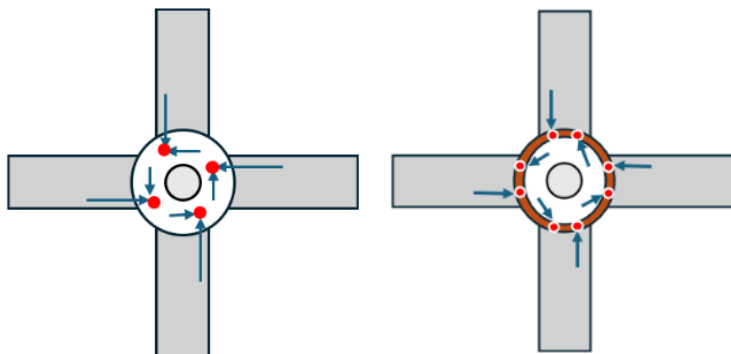
$$E = \sum_{c \in C} (V_{c_1} * V_{c_2})$$

Waarin:

- E de expositiemaat voor 1 dag
- c een conflictpunt
- C de verzameling van alle conflicten op een rotonde
- V_{c_1} de intensiteit van verkeersstroom 1 op conflictpunt c in voertuigen per etmaal

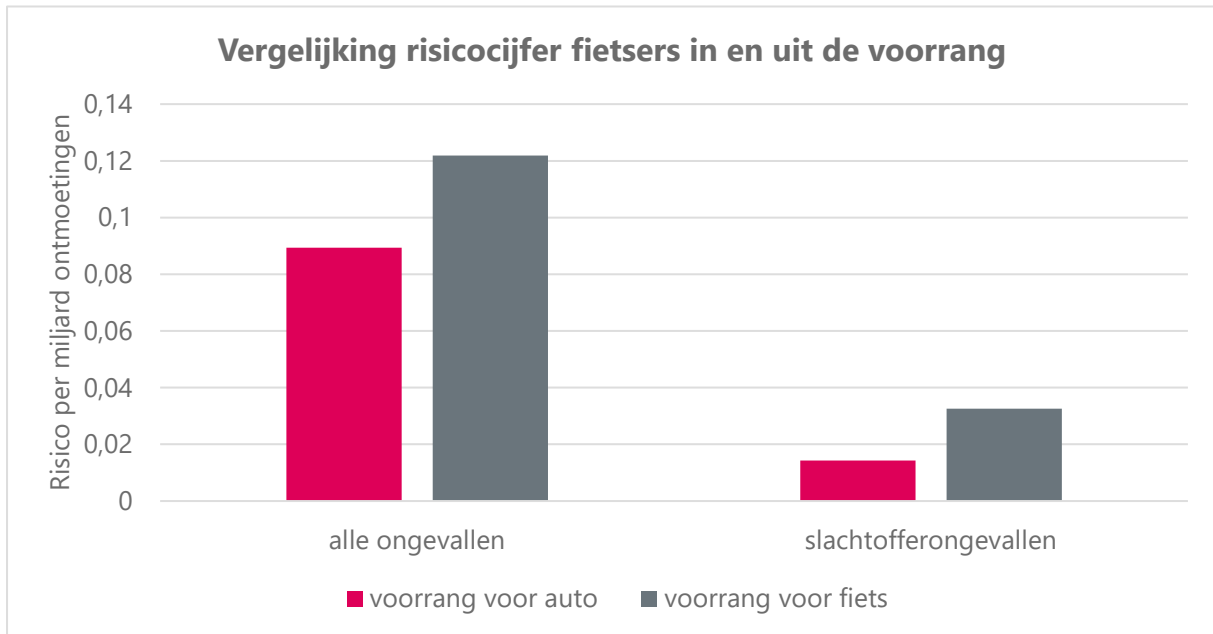
In de expositiemaat hebben we alle conflicten meegenomen tussen gemotoriseerd verkeer onderling en de conflicten tussen gemotoriseerd verkeer en fietsverkeer. Voor gemotoriseerd verkeer gaat het altijd om 1 conflict per tak van de rotonde waar verkeer op de rotonde komt.

Conflicten tussen gemotoriseerd verkeer en fietsverkeer zijn afhankelijk van de vormgeving van de rotonde. Op rotondes met fietsers op de rijbaan is uitgegaan van 2 conflicten per tak: een conflict tussen fietsers op de rotonde met gemotoriseerd verkeer dat de rotonde wil verlaten en een conflict met verkeer dat de rotonde op wil. Voor de overige rotondes zijn de locaties van conflicten bepaald op basis van de geometrieën van de vrijliggende fietspaden.



Alle rotondes samen

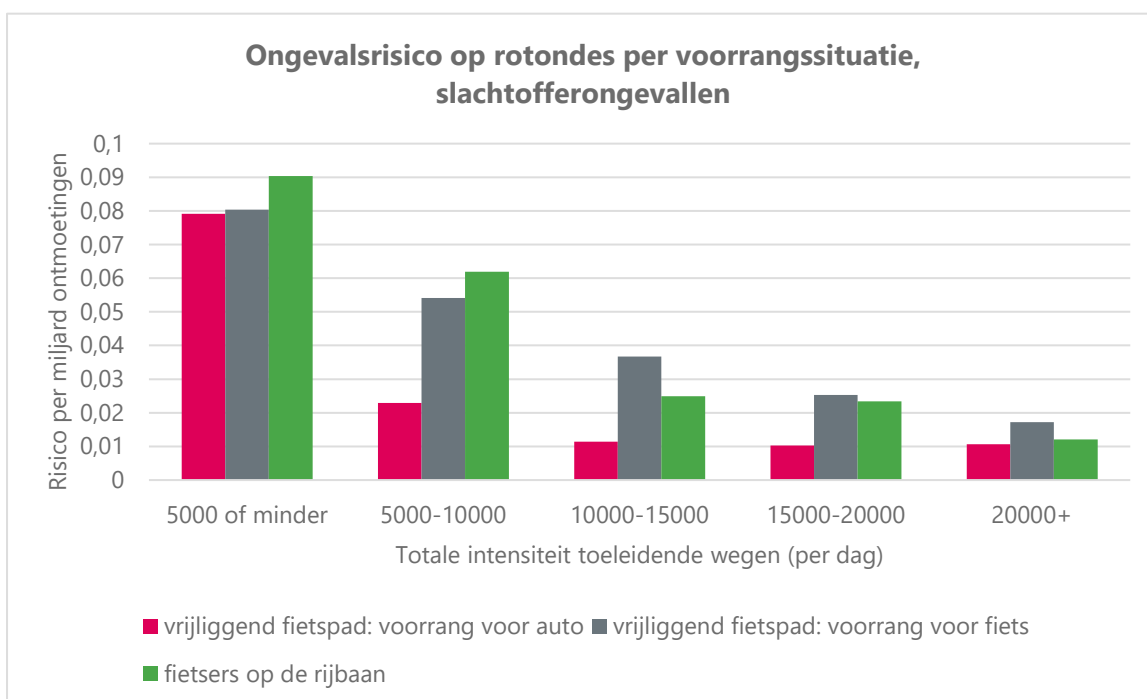
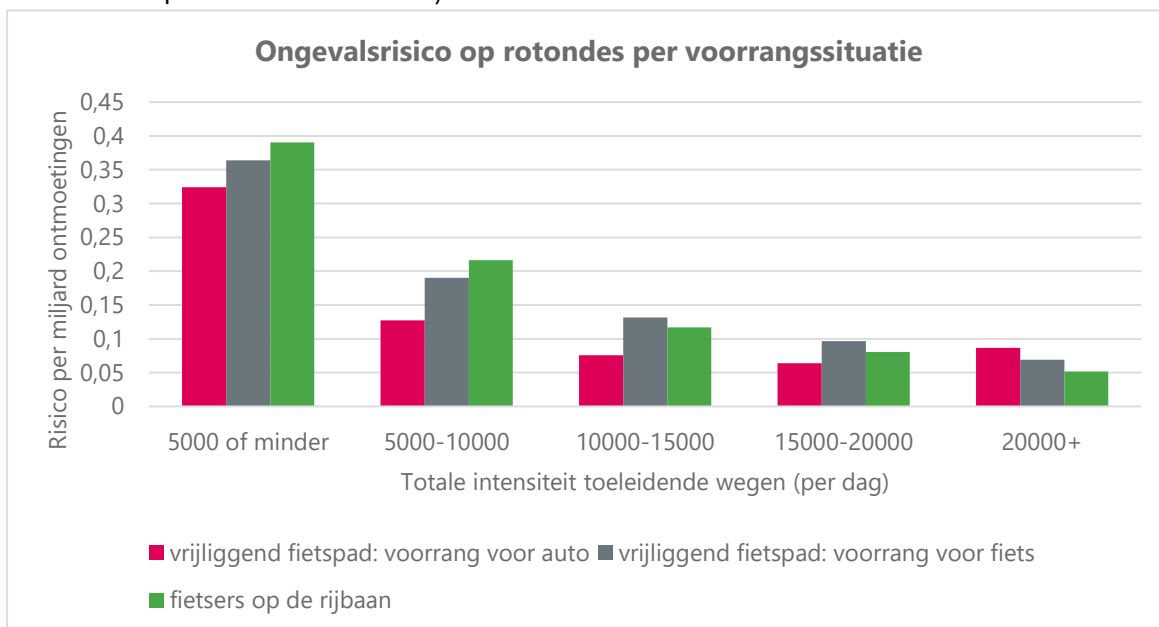
In de eerste analyse zijn alle rotondes met vrijliggende fietspaden vergeleken. Uit deze analyse volgt dat over alle rotondes bezien het risicocijfer bij fietsers in de voorrang hoger is dan bij fietsers uit de voorrang en dat het verschil bij het risico op een slachtofferongeval nog sterker verschilt. Dit wisten we al uit andere onderzoeken. Het is interessant om te verkennen of dit te koppelen is aan de kenmerken van desbetreffende rotondes.



Variatie in auto-intensiteiten

In de onderstaande grafieken is het risicocijfer opgenomen voor alle ongevallen en slachtofferongevallen met onderscheid naar auto-intensiteiten (alle takken samen) en de positie van de fiets.

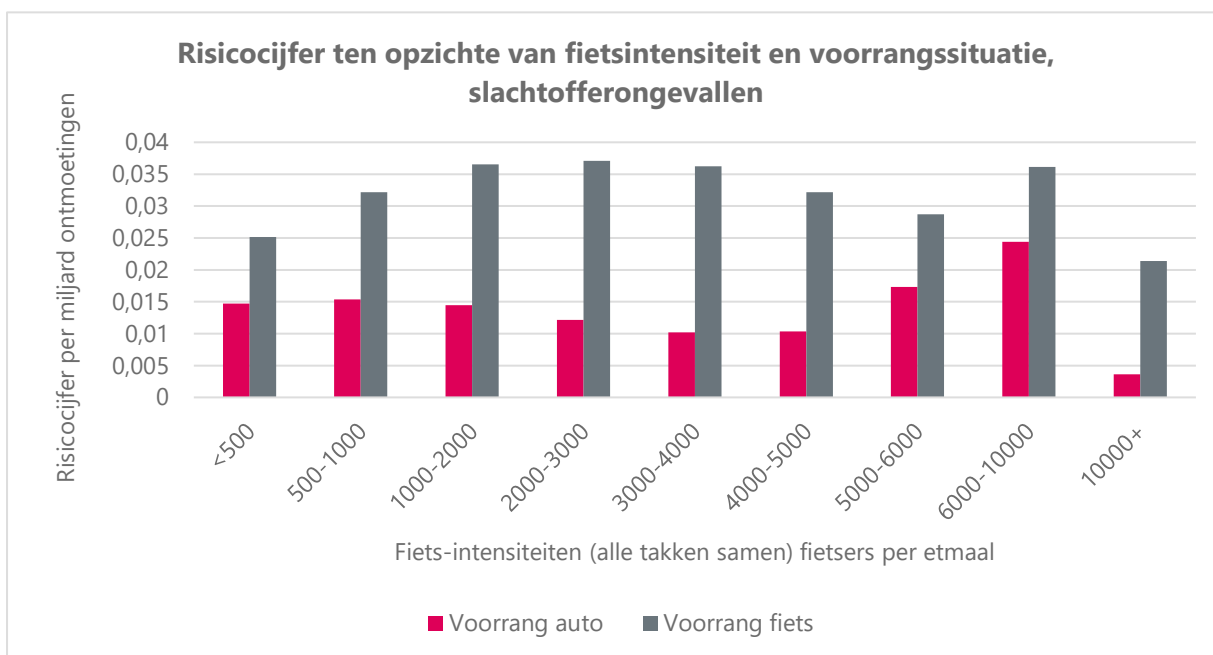
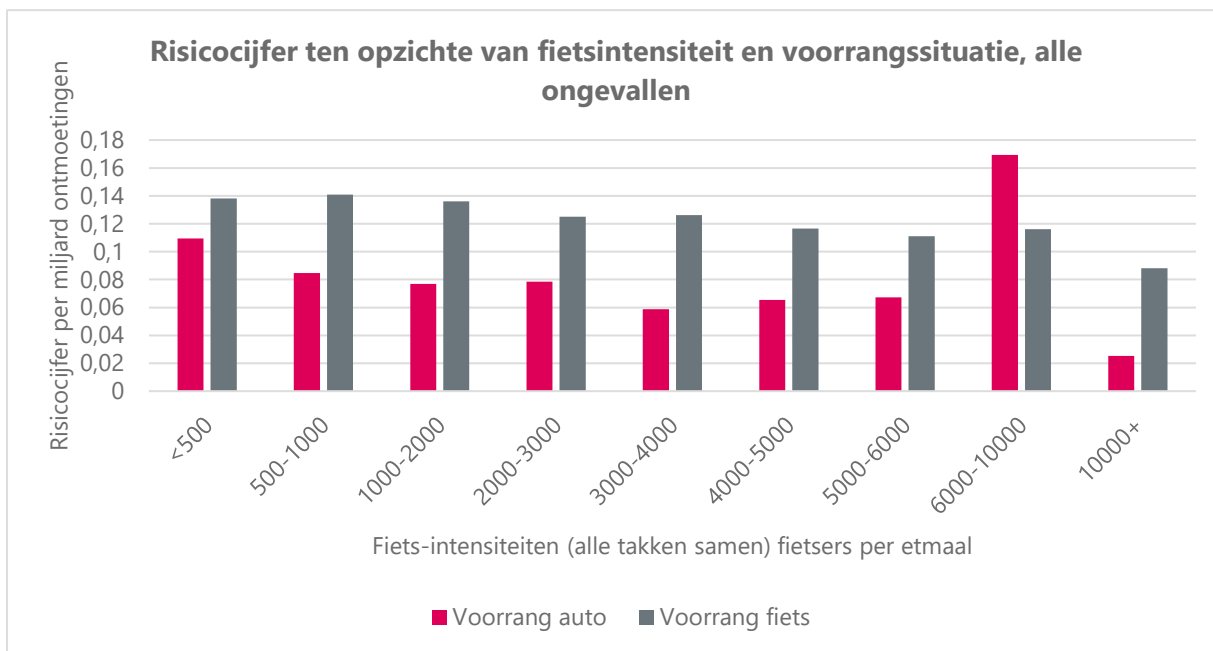
Het valt op dat het risicocijfer bij rotondes met een lage auto-intensiteit relatief hoog is. Dit risico neemt snel af met een hogere auto-intensiteit. Het verschil tussen de intensiteitsklassen is veel groter dan het verschil tussen de situatie met voorrang voor de fiets op voor de auto. Fietzers op de rijbaan kent het hoogste risico, behalve bij de hogere intensiteitsklassen (maar dat betreft maar een beperkt aantal rotondes).



Variatie in fietsintensiteiten

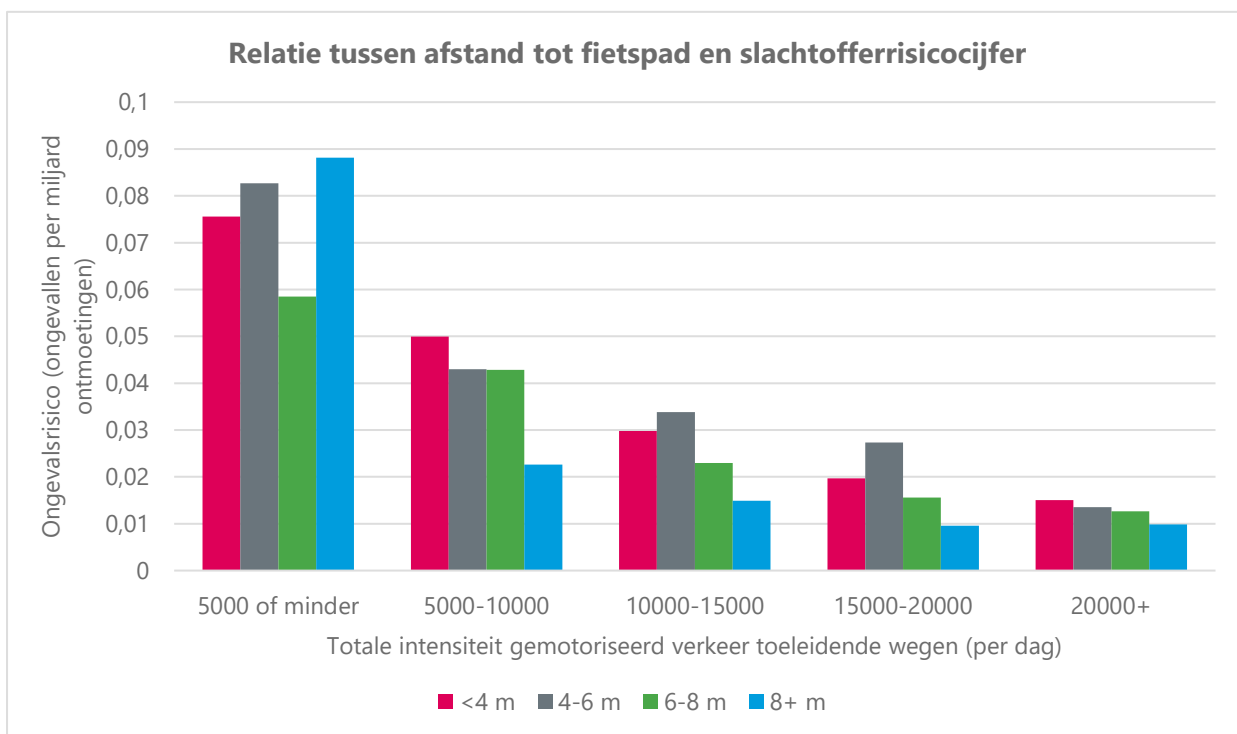
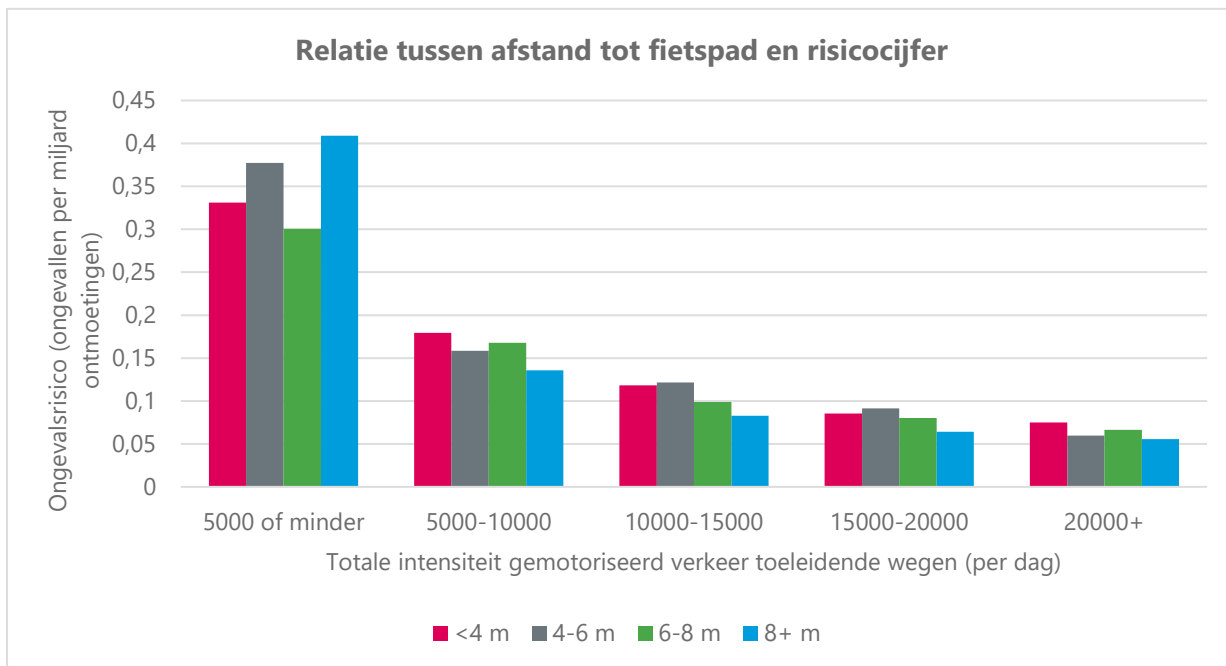
In de onderstaande grafieken is het risicocijfer opgenomen voor alle ongevallen en slachtofferongevallen met onderscheid naar fietsintensiteiten (alle takken samen) en de positie van de fiets.

Het risicocijfer neemt ook bij hogere fietsintensiteiten af, maar het effect is veel kleiner dan bij de auto-intensiteiten. Voor alle klassen met fietsintensiteiten is het risico groter bij fietsers in de voorrang, behalve bij rotondes met tussen 6000 en 10.000 fietsers, maar dat is bij fietsers uit de voorrang slechts een kleiner groep.



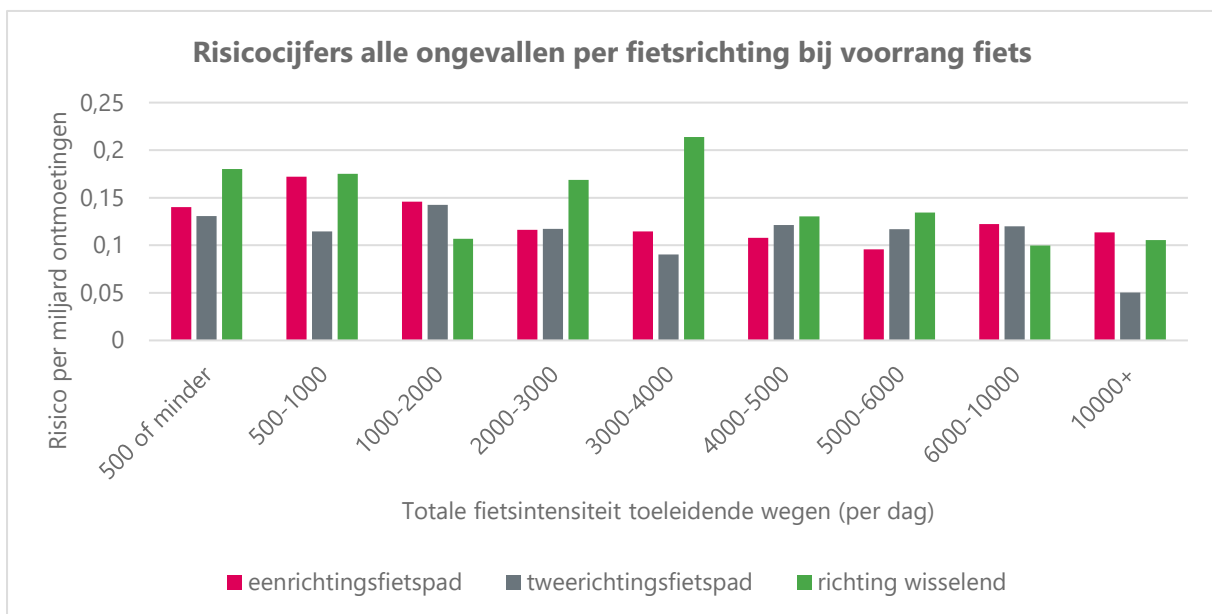
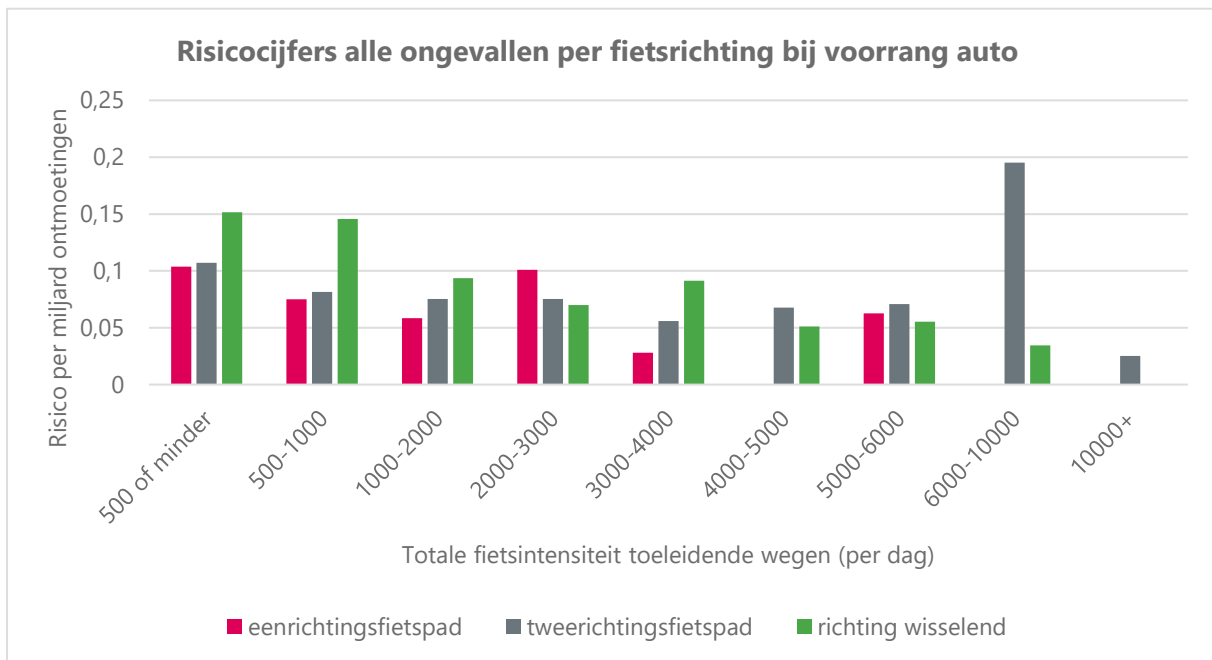
Variatie in afstand rotonde - fietspad

Ook voor de vergelijking van rotondes op basis van afstand tussen fietspad en rotonde, valt op dat de intensiteit van het autoverkeer veel effect heeft. Verder valt op dat de rotondes waar de afstand tussen fietspad en rijbaan relatief groot is (meer dan 8 meter) relatief veilig zijn, ook als de fietsers voorrang hebben, behalve bij heel rustige rotondes.



Variatie in fietsrichtingen

Voor de analyse van het effect van de fietsrichtingen valt vooral op dat de verschillen tussen de opties relatief klein zijn. Het risico voor situaties met wisselende richtingen (niet alle takken hetzelfde) lijkt in veel situaties wel duidelijk hoger. Bij fietsers in de voorrang lijken tweerichtingsfietspaden zelfs een iets lager risicocijfer te kennen dan eenrichtingspaden; bij voorrang voor het autoverkeer is het andersom. Eerder onderzoek van Erwin van der Leeden (Goudappel, 2012)³ liet op basis van camerabeelden al zien, dat zowel bij rotondes met een- als tweerichtingspaden fietsers uit de 'verkeerde richting' tot conflict leidt; bij tweerichtingspaden zijn dat er meer, maar bij eenrichtingspaden zijn deze (in dat geval illegale) fietsers veel onverwachter. Er zou ook kunnen meespelen dat tweerichtingsfietspaden ertoe leiden dat fietsers een kortere weg afleggen over de rotonde en daardoor minder ontmoetingen hebben.



³ A comparison between the pleintje, priority intersection and roundabout, Erwin van der Leeden, 2012

Conclusie: Uitkomst op hoofdlijnen

- Rotondes zonder voorrang voor fietsers zijn zoals verwacht veiliger dan met voorrang voor fietsers. Het verschil is groter als we kijken naar slachtofferongevallen dan naar alle ongevallen.
- Het risicocijfer op basis van het aantal ontmoetingen neemt sterk af naar mate de intensiteit van auto's en fietsers toeneemt: drukker is relatief veiliger. Dit geldt voor de fietsintensiteit maar in veel sterkere mate voor de auto-intensiteiten
- Het verschil tussen de veiligheid op rotondes met voorrang voor de auto's of voor de fietsers wordt kleiner wanneer wordt gecorrigeerd voor intensiteiten en vormgeving (appels met appels vergelijken).
- De auto-intensiteit heeft verreweg de grootste invloed op het risicocijfer. Op rotondes met een lage auto-intensiteit is het risicocijfer per ontmoeting veel hoger dan bij de andere intensiteitsklassen. Dit effect is groter dan alle andere factoren.
- Een vergelijking van rotondes met verschillende fietsrichtingen laat geen eenduidig beeld zien; wisselende fietsrichtingen lijken samen te hangen met een hoger risico; bij fietsers voorrang lijkt het risicocijfer bij tweerichtingspaden zelfs iets lager dan bij eenrichtingspaden (!).

Doorkijk: naar meer risicogestuurd ontwerpen

Veel van de veronderstellingen over verkeersveiligheid, bijvoorbeeld in relatie tot ontwerpaanbevelingen, zijn gebaseerd op wat we uit het verleden weten van de ongevallenregistratie. Aan deze analyses zat een aantal belangrijke beperkingen:

- Er was geen landelijke database met wegkenmerken, waardoor onderzoek vaak over een beperkt deel van het wegennet gingen
- Er waren geen landelijke intensiteitsgegevens voor voetgangers en fietsers (en in beperkte mate voor autoverkeer)
- De ongevalgegevens waarop de meeste analyses zijn gestoeld, kenden (en kennen) een sterke onderregistratie, zeker bij (eenzijdige) fietsongevallen.
- De meeste analyses voor ontwerpaanbevelingen waren niet werkelijk risicogestuurd, maar onderzoeken bijvoorbeeld snelheid, passeerafstand of de mening van fietsers maar niet de ongevallen zelf
- Risicoanalyses die wel plaatsvinden waren vaak op regionale of stedelijke schaal

Nieuwe ontwikkelingen maken het nu mogelijk om gestructureerd – praktisch en/of wetenschappelijk – landelijk onderzoek te doen naar de samenhang tussen ongevallen, wegkenmerken en intensiteiten. Een landelijke risicogestuurde aanpak om onze veiligheidskennis te vergroten voor bijvoorbeeld ontwerpaanbevelingen:

- Steeds meer wegkenmerken in het NWB
- Landelijke intensiteitsdata voor auto, maar ook fiets en voetganger in het Mobiliteitsspectrum
- In de nabije toekomst: ambulancedata met veel completere en afwijkende informatie over (vooral fiets)ongevallen

We hebben in deze paper een verkenning opgesteld van de mogelijkheden van zo'n analyse op basis van wegkenmerken bij rotondes. Dit soort analyses bieden veel meer mogelijkheden,

bijvoorbeeld over de veiligheid van fietsstroken, de menging van fietsers en autoverkeer bij verschillende vormen van menging, wegbreedte en verschillende intensiteitencombinaties. Maar ook bijvoorbeeld naar de risico's bij voetgangers- en fietsoversteken, Hiermee zouden we (eindelijk) ook voor dit soort landelijke uitgangspunten een echt risicogestuurde aanpak krijgen.

Maar ook nog de nodige beperkingen

Alle databronnen die we nu hebben gebruikt bevatten beperkingen, ontbrekende data en fouten:

- We weten dat de registratiegraad van de ongevallen in BRON relatief beperkt is; wellicht kan de ziekenhuisdata van Veiligheid.NL hier op termijn verbetering in brengen;
- De intensiteitsdata in het Mobiliteitsspectrum zijn voor fiets en auto (en OV en voetgangers) landelijk beschikbaar voor alle wegvakken uit het NWB; de intensiteiten zijn, zeker voor de fiets, beperkt gekalibreerd en kennen dus een grote betrouwbaarheidsmarge. Bovendien zijn de afslagbewegingen over de rotonde voor auto en fiets ingeschat.
- De wegkenmerken in NDW zijn niet compleet, bevatten duidelijk fouten en de gezochte kenmerken moeten soms met een omweg worden bepaald, wat ook onbetrouwbaarheid oplevert. In onze onderzoek hebben we rotondes met ontbrekende gegevens, zeer lage intensiteiten (minder dan 1500 mvt/etm) en echt vreemde uitkomsten weggelaten.

Kansrijk aan de gebruikte onderzoeksmethode is dat wegkenmerken onderling vergeleken worden en dat de gegevens van veel wegvakken en kruispunten (in dit geval: rotondes) worden meegenomen, zodat niet-structurele fouten uitmiddelen, maar foutloos is de gebruikte methode zeker nog niet.

We lichten ons onderzoek graag in een sessie en gaan graag in gesprek over de kansen en beperkingen van deze onderzoeksmethode.

Het dataonderzoek rotondes is op eigen initiatief uitgevoerd binnen het Innovatieprogramma van Goudappel door Carlijn Ligterink, Mijke Romkema, Jesse Voorhorst en Rico Andriesse. We danken DTV voor het mogen gebruik maken van de data van het eerdere onderzoek naar de vormgeving van rotondes.