



3D voetgangersoversteekplaatsen

Evaluatiestudie aan de hand van gedrags- en conflictobservatie en snelheidsmetingen

Tim De Ceunynck Brecht Pelssers, Stijn Daniels, Philip Temmerman en Heike Martensen
Vias institute – Kenniscentrum Verkeersveiligheid



Samenvatting

Het Agentschap Wegen en Verkeer (AWV) voerde in 2019 een proefproject uit waarbij op drie locaties (Beersel, Bilzen en Antwerpen) een 3D-effect werd gegeven aan een voetgangersoversteekplaats. Vias institute onderzocht de verkeersveiligheidseffecten van deze ingreep door middel van gedrags- en conflictobservatie op basis van camerabeelden en snelheidsmetingen, die op elke locatie zowel voor als na de aanpassing werden verzameld. Met video-analysesoftware werden de oversteekbewegingen uit de videobeelden geselecteerd.

De gedragsobservaties toonde een lichte verbetering van het voorrangsgedrag na de aanpassing. Er is een toename van het aandeel interacties waarbij de overstekende voetganger voorrang krijgt, een daling van het aantal interacties waarbij de voetganger geen voorrang krijgt en een daling van het aantal interacties waarbij de voetganger assertiever de voorrang neemt. Dit effect is significant voor de locatie in Beersel en voor de drie locaties samen, maar niet voor de locaties in Bilzen en Antwerpen apart.

De ernst van potentiële conflicten werd gemeten met behulp van conflictanalysesoftware. In Beersel een significante daling van het aantal ernstige conflicten gevonden. In Bilzen, in Antwerpen en voor de drie locaties samen was er geen significant verschil tussen voor- en na-periode. Een opvallende vaststelling is dat de overgrote meerderheid van de conflicten plaatsvindt op de tweede rijstrook die werd overgestoken.

Per locatie werden ook drie snelheidsradars geplaatst. Een eerste radar aan de oversteekplaats zelf, een tweede op 50m van de oversteekplaats en een derde radar op 300m die diende als vergelijkingspunt. We vonden geen statistisch significant effect van een 3D-zebrapad op de rijsnelheid.

Deze studie toonde geen negatieve effecten aan van een 3D-zebrapad op de onderzochte verkeersveiligheidsaspecten. Er zijn enkele aanwijzingen voor een beperkt gunstig effect op de veiligheid van overstekende kwetsbare weggebruikers. Deze effecten zijn echter te klein en te onzeker om te kunnen besluiten dat 3D-zebrapaden een positief effect hebben op de verkeersveiligheid.

1 Inleiding

Het Agentschap Wegen en Verkeer (AWV) voerde in 2019 een proefproject uit waarbij op drie locaties de klassieke oversteekplaats tijdelijk werd vervangen door een optische illusie van een '3D voetgangersoversteek'. Dit rapport beschrijft de evaluatiestudie die Vias institute uitvoerde om de verkeersveiligheidseffecten van een dergelijke '3D voetgangersoversteek' (ook wel '3D-zebrapad') te onderzoeken.

De doelstelling die AWV stelt is dat bestuurders op deze manier het zebrapad beter opmerken en hun snelheid verminderen. Door de verhoogde alertheid van de bestuurder en de lagere snelheid van het voertuig zal de bestuurder een beter overzicht hebben op de verkeerssituatie, en meer bepaald op voetgangers die het zebrapad naderen of die zich reeds op het zebrapad bevinden.

De studie werd uitgevoerd als een voor- en nastudie, waarbij de nadruk lag op een gedrags- en conflictobservatiestudie op basis van camerabeelden, en een meting van het snelheidseffect op basis van radarmetingen.

De doelstelling is het evalueren van de verkeersveiligheidseffecten van 3D-zebrapaden, of met andere woorden, achterhalen of het omvormen van een klassiek zebrapad naar een 3D-zebrapad een ingreep is die de veiligheid van overstekende voetgangers verbetert. Deze doelstelling wordt verder verfijnd aan de hand van volgende onderzoeksvragen:

- Zorgt een 3D-zebrapad voor een verlaging van de rijsnelheid bij passerende voertuigen, in vergelijking met een klassiek zebrapad?
- Heeft een 3D-zebrapad een effect op de manier waarop interacties verlopen? Zorgt het 3D-zebrapad ervoor dat er beter voorrang verleend wordt door bestuurders aan voetgangers?
- Heeft een 3D-zebrapad een effect op het aantal en het type ernstige conflicten ("bijna-ongevallen") dat optreedt?

2 Methodologie

2.1 Proeflocaties

De afbeeldingen hieronder tonen de 3 proeflocaties voor en na de aanpassing van de oversteekmarkeringen.



Figuur 1 Proeflocatie in Beersel, voor en na de aanpassing



Figuur 2 Proeflocatie in Bilzen, voor en na de aanpassing



Figuur 3 Proeflocatie in Antwerpen, voor en na de aanpassing

2.2 Gegevensverzameling

Op de drie proeflocaties werden videobeelden verzameld voor de gedrags- en conflictobservatie. Zowel in de periode voor als na de hermarkering als 3D-zebra pad werden van vier dagen videobeelden verzameld tussen 6u00 en 22u00.

Terzelfdertijd werden per oversteekplaats drie radars geplaatst, die de individuele voertuigsnelheden in beide rijrichtingen maten. Een eerste radar werd zo dicht mogelijk bij het zebrapad geplaatst om de snelheden op het zebrapad zelf te meten. Een tweede radar werd geplaatst op ongeveer 50m van de oversteekplaats om de snelheid bij het naderen en kort na het passeren van het 3D-zebrapad te meten. Een derde camera werd geplaatst op ca. 300m van de oversteekplaats en dient als vergelijkingspunt. Op die afstand is geen eventueel effect van het 3D-zebrapad (meer) te verwachten.

2.3 Gedragsanalyse

Op basis van de camerabeelden werd het gedrag geobserveerd van overstekende kwetsbare weggebruikers en van hun interactie met motorvoertuigen. Een interactie wordt gedefinieerd als een situatie waarbij twee weggebruikers aan de oversteekplaats aankomen met zulke nabijheid in tijd en ruimte dat de ene weggebruiker een invloed kan hebben op het gedrag van de andere weggebruiker (De Ceunynck et al., 2013).

Per oversteekplaats werden zowel vóór als na de aanpassing van de oversteekplaats van één dag de videobeelden geanalyseerd. Deze videobeelden werden automatisch verwerkt met behulp van de Road User Behaviour Analysis software (RUBA). De videoanalysesoftware doet daarbij een eerste filtering van de videobeelden door de overstekende kwetsbare weggebruikers automatisch te detecteren met behulp van een detectorveld (zie Figuur 4).



Figuur 4 RUBA videoanalysesoftware.

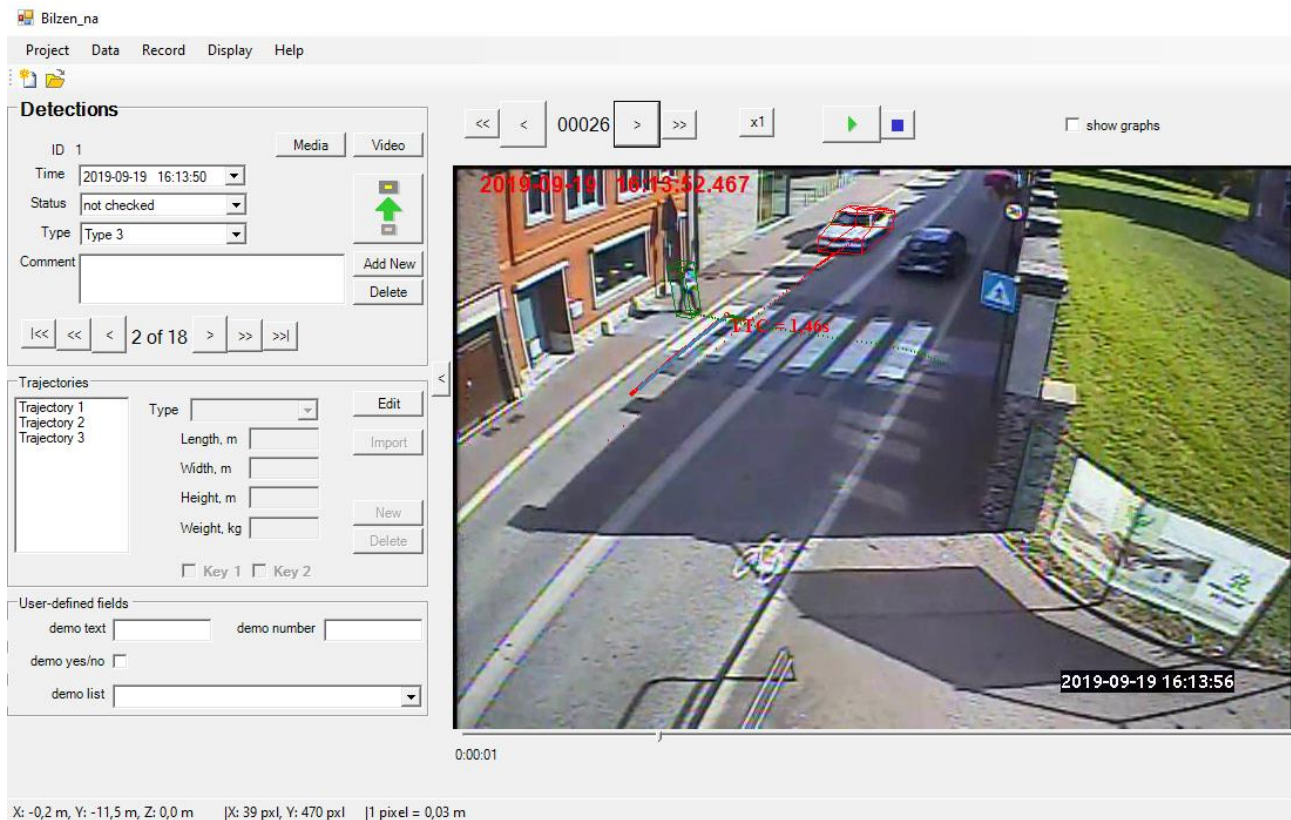
Het gedrag van alle overstekende voetgangers werd geregistreerd in een gestandaardiseerd codeerformulier, dat onder andere volgende elementen bevatte:

- Situationele omstandigheden (bv. tijdstip, licht- en weersgesteldheid)
- Types weggebruikers betrokken in de interactie
- Looplijn van de overstekende weggebruiker
- Rijstrook waarin de interactie plaatsvindt
- Verloopt van het interactieproces (voorrang krijgen/nemen/niet krijgen/afgeven)

2.4 Conflictanalyse

In deze stap detecteren en analyseren we de conflicten (ook wel 'bijna-ongevallen') die plaatsvinden op de oversteekplaatsen. Zowel voor als na de aanpassing van de oversteekplaats zijn voor elke locatie vier dagen aan videobeelden geanalyseerd.

Ook bij de analyse van de bijna-ongevallen vertrekken we van een eerste verwerking van de videobeelden met behulp van RUBA. De geselecteerde situaties worden door de onderzoekers bekeken, en indien een potentieel conflict wordt opgemerkt, wordt de ernst van het potentiële conflict accuraat en objectief gemeten met behulp van de videoanalysesoftware T-Analyst (zie Figuur 5).



Figuur 5 T-Analyst videoanalysesoftware.

In deze studie is ervoor geopteerd gebruik te maken van de indicatoren 'minimal Time-to-Collision (TTC_{min})' en de 'Post Encroachment Time (PET)'. Dit zijn de vaakst gebruikte en tevens best gevalideerde conflictindicatoren voor conflicten met kwetsbare weggebruikers (De Ceunynck, 2017; Johnsson, Laureshyn, & De Ceunynck, 2018). Om het onderscheid te maken tussen ernstige en niet-ernstige conflicten wordt een drempelwaarde gehanteerd. Elke interactie waarbij de meetwaarde van tenminste één van beide indicatoren onder de drempelwaarde zakt, wordt beschouwd als een ernstig conflict.

Time-to-Collision wordt gedefinieerd als "de tijd die overblijft tot een botsing die tussen twee weggebruikers zou plaatsvinden indien zij zich blijven voortbewegen op hun huidige koers en aan hun huidige snelheid" (Hayward, 1972). Vanuit validatieonderzoek wordt een drempelwaarde van 1,5s vooropgesteld om het onderscheid te maken tussen ernstige conflicten en niet-ernstige conflicten (Johnsson, Laureshyn, & De Ceunynck, 2018). TTC_{min} -waarden lager dan 1,5s zelden worden waargenomen in normale interacties (Brown, 1994; van der Horst, 1990).

Post Encroachment Time (PET) is de tijd tussen het moment waarop de eerste weggebruiker het pad van de tweede weggebruiker verlaat, en het moment waarop de tweede weggebruiker het pad van de eerste weggebruiker bereikt (Allen et al., 1978). Met andere woorden, PET duidt aan met hoeveel seconden marge de weggebruikers elkaar gemist hebben. Bij snelheden van 50 km/u of lager, wordt een PET-waarde lager dan 1s als ernstig beschouwd (van der Horst, 1990). Hierop wordt echter één uitzondering gemaakt. Situaties waarbij een voetganger op een gecontroleerde manier vlak achter een passerend voertuig doorwandelt, worden niet beschouwd als ernstige conflicten.

Daarnaast hebben we in dit onderzoek nog twee nieuwe conflictindicatoren getest, met name $T2_{min}$ en Extended Delta-V. Extended Delta-V is één van de weinige indicatoren die naast de nabijheid in tijd ook expliciet de mogelijke letselernst indien een ongeval zou plaatsvinden in rekening brengt (Laureshyn et al., 2017). $T2$ is de voorspelde duurtijd tot het moment dat de tweede weggebruiker het conflictpunt bereikt op het moment dat de eerste weggebruiker het conflictpunt nog niet verlaten heeft (Laureshyn et al., 2010). $T2$ leunt nauw aan bij TTC , maar biedt het voordeel dat deze eveneens bepaald kan worden wanneer

weggebruikers niet op botskoers zijn. Beide indicatoren zijn tot op heden nog maar zeer beperkt toegepast op interacties met kwetsbare weggebruikers. Uiteindelijk hebben we de analyses van deze indicatoren niet weerhouden omdat de resultaten onvoldoende valide bleken te zijn en weinig meerwaarde bleken te bieden ten opzichte van het gecombineerde gebruik van TTC_{min} en PET.

3 Analyses en resultaten

3.1 Analyses gedragsobservaties

Het totale aantal geregistreerde interacties per locatie en periode wordt weergegeven in Tabel 1. Zoals aangegeven betreft het voor iedere locatie en meetperiode de interacties die plaatsvonden gedurende één dag (6u-22u). Terwijl het aantal interacties in Beersel in de na-periode iets lager ligt, ligt het aantal interacties in Bilzen en in Antwerpen iets hoger in de na-periode.

Tabel 1 Aantal geregistreerde interacties per locatie en periode.

Locatie	aantal interacties voorperiode	aantal interacties na-periode
Beersel	131	80
Bilzen	205	282
Antwerpen	257	297

3.1.1 Analyses voorrangproces

Hieronder wordt het verloop van het voorrangproces van de interacties weergegeven. Hierbij is het belangrijk om te onthouden dat één oversteekbeweging kan resulteren in meerdere interacties, of in nul interacties indien er op dat moment geen gemotoriseerd verkeer aanwezig.

Daarbij moet opgemerkt worden dat er een beperkt aantal interacties met fietsers was; deze werden uit deze gedragsanalyse gefilterd omdat fietsers aan zebrapaden geen voorrang hebben en het verloop van deze interacties dus sterk verschilt. Personen die overstaken met de fiets in de hand werden conform de wegcode beschouwd als voetganger.

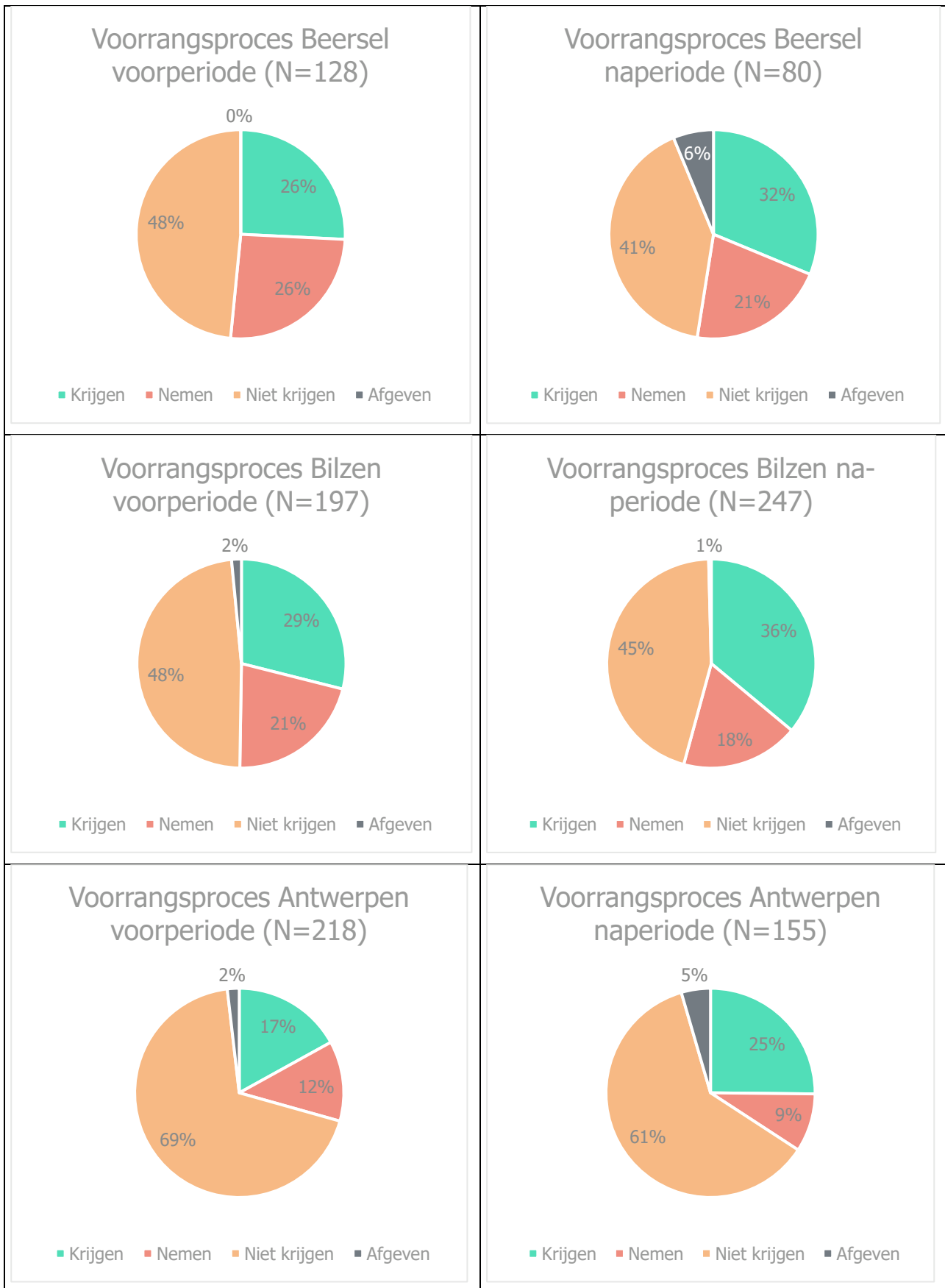
Voor deze analyse worden enkel de interacties die plaatsvinden bij daglicht besproken. De reden hiervoor is dat het voorrangsgedrag in het donker duidelijk anders is dan bij daglicht. Dit bleek tijdens de analyses van de na-periode van Antwerpen; dit was de enige observatieperiode waar een substantieel deel van de observatieduur in het donker viel. De voor- en na-periode van Antwerpen blind met elkaar vergelijken zonder met dit element rekening te houden zou de resultaten vertekenen. Voor de andere locaties en periodes heeft dit nauwelijks effect op de resultaten, aangezien er quasi geen interacties waren die niet bij daglicht plaatsvonden.

De Fisher's Exact Test voor de drie locaties samen geeft aan dat het voorrangproces tussen de voorperiode en de na-periode significant verschilt (Fisher's Exact Test: $p=0,006$). Bij de drie locaties zien we op het eerste gezicht enkele gelijkaardige verschillen tussen de voor- en de na-periode. We zien op de drie locaties enerzijds een lichte daling met enkele procentpunten van het aantal situaties waarbij de overstekende voetganger de voorrang niet krijgt. Aan de andere kant zien we een lichte stijging van het aantal situaties waarbij de overstekende voetganger de voorrang krijgt. Er is ook een lichte daling in het aantal interacties waarbij de voetganger de voorrang neemt. Globaal gezien kunnen we dit beschouwen als een lichte verbetering van het voorrangsgedrag, aangezien de situatie 'niet krijgen' de minst wenselijke uitkomst van een interactie is, en 'voorrang krijgen' de meest wenselijke.

De significantietests van de individuele oversteeklocaties geven evenwel niet overall een statistisch significant effect. In Beersel is het verschil statistisch significant (Fisher's Exact Test: $p=0,0246$). In Bilzen is het verschil niet significant (Fisher's Exact Test: $p=0,2709$). In Antwerpen is het verschil ook niet statistisch significant (Fisher's Exact Test: $p=0,0751$).

Van de interacties in Antwerpen in de na-situatie die plaatsvinden bij schemer of bij duister, en die dus niet opgenomen zijn in de grafiek, is 88% interacties van het type 'niet krijgen', 4% krijgen en 8% nemen. Deze verdeling over de types voorrangproces verschilt statistisch significant van de verdeling bij daglicht. Met

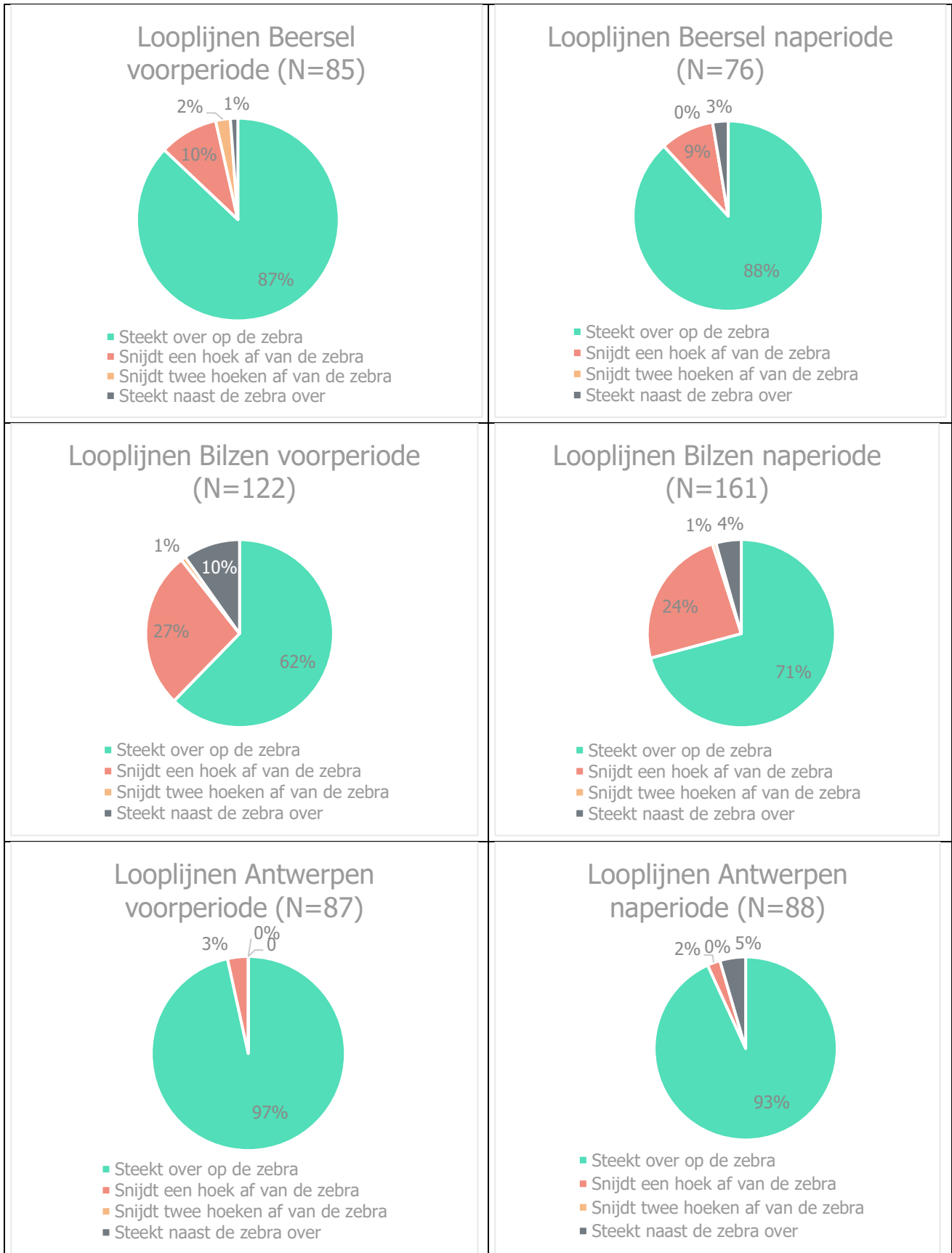
andere woorden, van zodra de zichtbaarheid vermindert wordt significant minder goed voorrang verleend in Antwerpen dan overdag (Fisher's Exact Test: $p < 0,001$).



Figuur 6 Voorrangsproces voor en na op de drie proeflocaties.

3.1.2 Analyses looplijnen overstekende voetgangers

De looplijnanalyses van overstekende voetgangers worden weergegeven in Figuur 7. Elke oversteekbeweging (dus elke voetganger of groep voetgangers die oversteekt) wordt slechts één keer meegenomen in de analyses.



Figuur 7 Looplijnen overstekende voetgangers.

De patronen die we waarnemen zijn niet eenduidig. In Beersel en in Antwerpen wordt globaal genomen eerder zelden buiten de oversteekplaats overgestoken. In Beersel is er quasi geen verschil in looplijnen tussen de voor- en de naperiode. In Antwerpen zien we een lichte verslechtering van het oversteekgedrag, maar de aantallen zijn zeer beperkt. In Bilzen zien we een verbetering waarbij er voornamelijk minder mensen naast de oversteekplaats oversteken, en meer op de oversteekplaats. Ook in Bilzen is het verschil echter niet statistisch significant (Fisher's Exact Test: $p=0,1993$). We kunnen concluderen dat we geen significante effecten vinden van het aanbrengen van een 3D-zebrapad op de looplijnen van de voetgangers.

3.2 Analyses conflictobservaties

Tabel 2 geeft een overzicht van de resultaten van de conflictobservatie. Gezien de relatief lage aantallen conflicten, dienen de resultaten met de nodige voorzichtigheid te worden geïnterpreteerd.

Tabel 2 Overzicht resultaten conflictobservatie.

Locatie	Voorperiode			Naperiode		
	# ernstige conflicten	# interacties (raming)	# conflicten per 1000 interacties (conflict rate)	# ernstige conflicten	# interacties (raming)	# conflicten per 1000 interacties (conflict rate)
Beersel	9	315	28,6	1	242	4,1
Bilzen	5	765	6,5	4	930	4,3
Antwerpen	1	956	1,1	2	1137	1,8

In Beersel zien we een opvallende daling van het aantal ernstige conflicten van 9 in de voorperiode naar 1 conflict in de na-periode. De conflict rate daalt van 28,6 naar 4,1. Dit verschil is statistisch significant (Fisher's Exact Test: $p=0,0487$). In Bilzen daalt het aantal ernstige conflicten van 5 naar 4 bij een hoger aantal interacties in de na-periode. De conflict rate daalt van 6,5 ernstige conflicten per 1000 interacties naar 4,3. Dit verschil is niet statistisch significant ($p=0,7394$). Antwerpen is de locatie met de laagste conflict rates. Het aantal ernstige conflicten stijgt van 1 naar 2, en de conflict rate van 1,1 ernstige conflicten per 1000 interacties naar 1,8. Dit verschil is niet statistisch significant ($p=1,000$). Voor de drie locaties samen is het verschil tussen voor- en na-periode net niet statistisch significant ($p=0,0537$).

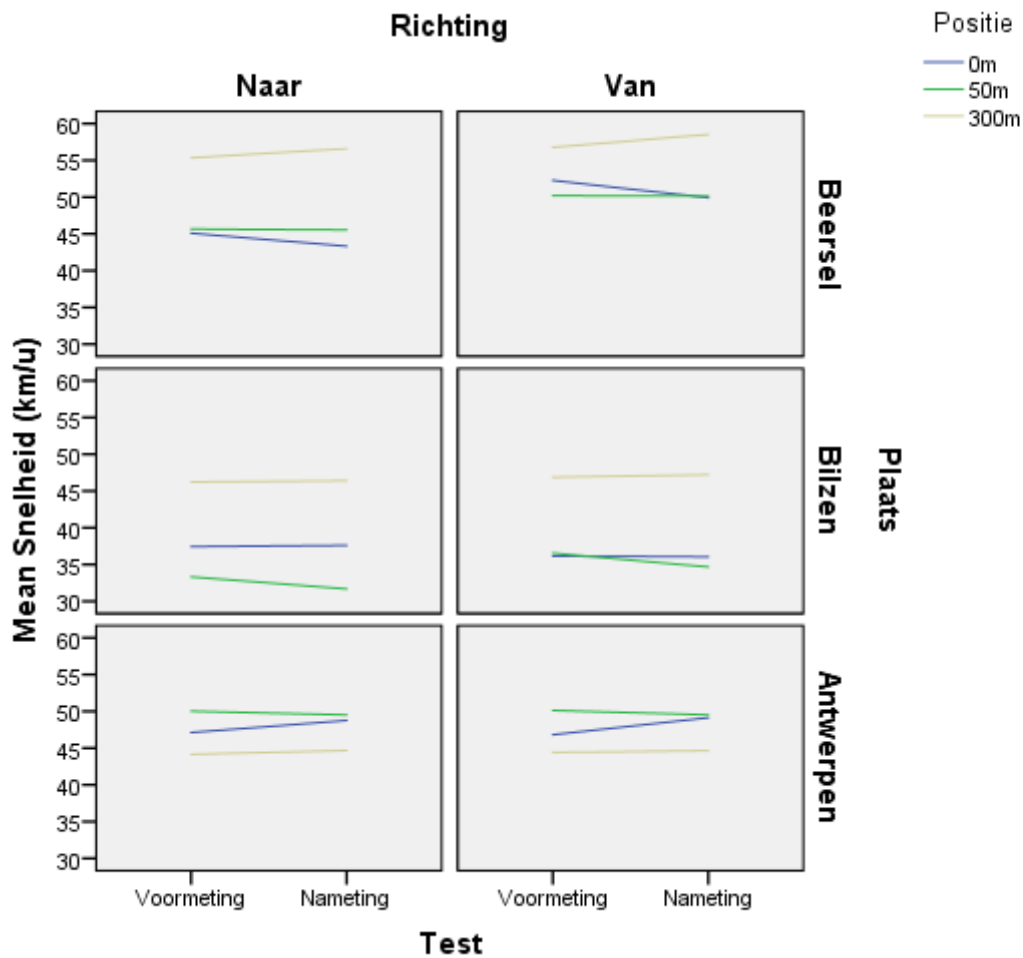
17 van de 21 geobserveerde conflicten plaatsvonden op de tweede rijstrook. De reden voor de dominantie van conflicten op de tweede rijstrook is onduidelijk en kan meestal niet rechtstreeks afgeleid worden uit de geobserveerde conflicten.

3.3 Analyse snelheidsmetingen

Van elk voorbijrijdend voertuig werd de rijrichting, de snelheid en de voertuiglengte gemeten. Voertuiglengtes van meer dan 19 meter kunnen wijzen op een meetfout of een uitzonderlijk voertuig (aangezien 18,75 meter in België de maximale toegelaten voertuig lengte is, enkele uitzonderingen daargelaten) en werden daarom tijdens de data cleaning verwijderd.

Observaties met een snelheid lager dan 15 km/u werden eveneens uitgesloten van de analyse. Dit werd gedaan om enerzijds de meeste fietsers en anderzijds het aanschuivend verkeer uit te sluiten.

De snelheden per locatie worden in Figuur 8 samengevat. In Beersel en Bilzen liggen de snelheden op 300 m afstand van het zebrapad hoger dan die op het zebrapad en direct daarvoor of daarachter (50 m). In Antwerpen is dit echter omgekeerd. De veranderingen tussen voor- en na-periode zijn klein en niet systematisch over alle locaties heen.



Figuur 8 Gemiddelde snelheden (km/h) naargelang de plaats en richting en positie voor de vóór- en nametingen

Om te testen of het effect van de markering als 3D-zebrapad (namelijk een gelijke of zelfs dalende snelheid dicht bij het zebrapad bij een algemene toename van de snelheid bij 300 m) over de meetplaatsen heen gegeneraliseerd mag worden, voerden we een gegeneraliseerde lineaire modelanalyse uit met Positie (0, 50, 300) en Test (voor, na) als hoofdeffecten en Locatie (Beersel, Bilzen, Antwerpen) als random factor. Daarbij wordt getest of er een systematisch verschil is tussen de voor- en nametingen. De resulterende effecten worden in Tabel 3 weergegeven.

Tabel 3 Resultaten gegeneraliseerd lineair model snelheidsdata.

Effect	df	F	Sig.
Intercept	1; 5	414,643	,000
Positie	2; 10	2,461	,135
Test	1; 5,002	,030	,869
Positie * Test	2; 10,002	2,220	,159
Locatie	5; 9,851	3,973	,031
Positie * Locatie	10; 10	60,215	,000
Test * Locatie	5, 10	,564	,726
Positie * Test * Locatie	10, 1035898	277,419	,000

De resultaten van de GLM analyse tonen vooral dat de geobserveerde effecten zeer inconsistent zijn over de meetplaatsen heen. Het hoofdeffect "Locatie" en de interacties daarmee ("Positie * Locatie" en "Positie * Test * Locatie") zijn namelijk wel significant.

4 Conclusies

Er werd geen statistisch significant effect gevonden van een 3D-zebrapad op de rijsnelheid. De (beperkte) verschillen die op sommige meetpunten werden gevonden tussen de voor- en na-periode zijn erg variabel en inconsistent.

We zien een lichte verbetering van het voorrangsgedrag na het aanbrengen van het 3D-zebrapad. Meer bepaald zien we dat het percentage interacties waarin de overstekende voetganger de voorrang krijgt toeneemt, en het aantal interacties waarbij deze de voorrang niet krijgt afneemt. Ook het aantal interacties waarbij de voetganger assertiever de voorrang neemt, daalt. Zowel de globale test voor de drie locaties samen als de aparte test voor Beersel duiden op een statistisch significant effect van het 3D-zebrapad. De aparte testen voor Bilzen en Antwerpen geven geen significant effect aan. Er is geen significant effect van het 3D-zebrapad op de gekozen looplijnen van de voetgangers.

De significantietest over de drie locaties heen geeft aan dat er geen significante daling is in het aantal ernstige conflicten tussen voor- en na-periode. In Beersel zien we een significante daling van het aantal ernstige conflicten, in Bilzen een lichte niet-significante daling en in Antwerpen een lichte niet-significante stijging. Een opvallende vaststelling is dat de overgrote meerderheid van de conflicten plaatsvindt op de tweede (verste) rijstrook die de kwetsbare weggebruiker oversteekt. Gezien de relatief lage aantallen conflicten, dienen de resultaten van de conflictobservatie met de nodige voorzichtigheid te worden geïnterpreteerd.

Op basis van deze studie concluderen we dat er geen indicaties zijn dat een 3D-zebrapad negatieve effecten zou kunnen hebben op de verkeersveiligheid. De gevonden effecten zijn echter te klein en te onzeker om te kunnen concluderen dat 3D-zebrapaden een positief effect hebben op de verkeersveiligheid.

Een alternatieve verklaring voor de licht gunstige effecten op het voorrangsgedrag kan bovendien te maken hebben met het beter zichtbaar zijn van de nieuwe oversteekmarkeringen, los van het 3D-effect. Doordat er in het onderzoek geen controlelocaties waren opgenomen, kunnen we deze alternatieve mogelijkheid niet uitsluiten.

Referenties

- Allen, B., Shin, B. T., & Cooper, P. J. (1978). Analysis of traffic conflicts and collisions. *Transportation Research Record*, 667, 67–74.
- Brown, G. R. (1994). Traffic conflicts for road user safety studies. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 21(1), 1–15. <https://doi.org/10.1139/l94-001>
- De Ceunynck, T. (2017). *Defining and applying surrogate safety measures and behavioural indicators through site-based observations* [Doctoral dissertation]. Hasselt University, Belgium, & Lund University, Sweden.
- De Ceunynck, T., Polders, E., Daniels, S., Hermans, E., Brijs, T., & Wets, G. (2013). Road Safety Differences Between Priority-Controlled Intersections and Right-Hand Priority Intersections. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2365, 39–48. <https://doi.org/10.3141/2365-06>
- Hayward, J. C. (1972). Near-miss determination through use of a scale of danger. *Highway Research Record*, 384, 24–34.
- Johnsson, C., Lareshyn, A., & De Ceunynck, T. (2018). In search of surrogate safety indicators for vulnerable road users: A review of surrogate safety indicators. *Transport Reviews*, 38(6), 765–785. <https://doi.org/10.1080/01441647.2018.1442888>
- Lareshyn, A., De Ceunynck, T., Karlsson, C., Svensson, Å., & Daniels, S. (2017). In search of the severity dimension of traffic events: Extended Delta-V as a traffic conflict indicator. *Accident Analysis & Prevention*, 98, 46–56. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.09.026>
- Lareshyn, A., Svensson, Å., & Hydén, C. (2010). Evaluation of traffic safety, based on micro-level behavioural data: Theoretical framework and first implementation. *Accident Analysis & Prevention*, 42(6), 1637–1646. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.03.021>
- van der Horst, A. R. A. (1990). *A Time-based Analysis of Road-User Behaviour at Intersections*. 91–107.



Vias institute

Haachtsesteenweg 1405, 1130 Brussel · Chaussée de Haecht 1405, 1130 Bruxelles · +32 2 244 15 11 · info@vias.be · www.vias.be