

B30a

## ***Is een robuust wegennet veilig genoeg?***

ir. A. Dijkstra

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV

ir. H.L. Tromp

Goudappel Coffeng

T. Hendriks

Koninklijke Nederlandse Toeristenbond ANWB

### **Samenvatting**

De doorstroming op het Nederlandse hoofdwegennet is geleidelijk afgenomen door een toenemend gebruik en een nagenoeg gelijkblijvende capaciteit. Daarmee is de bereikbaarheid van de economische centra onder zware druk komen te staan. Ruim twee jaar geleden heeft de ANWB haar visie op het wegennet openbaar gemaakt. Deze visie 'robuust wegennet' wil het antwoord vormen op de toenemende kwetsbaarheid van het huidige wegennet voor verstoringen in de doorstroming. De ANWB wil hiermee een constructieve bijdrage leveren aan de discussie over een betere bereikbaarheid van ons land. De ANWB geeft de minister van Verkeer en Waterstaat in overweging om de resultaten van het onderzoek als een vertrekpunt te gebruiken voor het ontwikkelen van een nieuwe infrastructuurvisie. Dit lijkt goed te zijn overgekomen want inmiddels spreekt het ministerie van Verkeer en Waterstaat in de nota Mobiliteitsaanpak over het streven naar een robuust wegennet.

De SWOV wil graag meer duidelijkheid krijgen over de verkeersveiligheidseffecten van deze visie en is daarom, in samenwerking met de ANWB, met een pilotstudie gestart.

### **Trefwoorden**

bereikbaarheid, onderliggend wegennet, verkeersveiligheid, verkeersmodel

## 1. **Inleiding**

De doorstroming op het Nederlandse hoofdwegenet is geleidelijk afgenomen door een toenemend gebruik en een nagenoeg gelijkblijvende capaciteit. Daarmee is de bereikbaarheid van de economische centra onder zware druk komen te staan. In 2008 heeft de ANWB, in samenwerking met TNO, haar visie op het wegennet openbaar gemaakt. Deze 'visie robuust wegennet' wil een antwoord vormen op de toenemende kwetsbaarheid van het huidige wegennet voor verstoringen in de doorstroming. De ANWB wil hiermee een constructieve bijdrage leveren aan de discussie over een betere bereikbaarheid van ons land. De ANWB geeft de minister van Verkeer en Waterstaat in overweging om de resultaten van het onderzoek als een vertrekpunt te gebruiken voor het ontwikkelen van een nieuwe infrastructuurvisie. Dit lijkt goed te zijn overgekomen want inmiddels spreekt het ministerie van Verkeer en Waterstaat in de nota Mobiliteitsaanpak over het streven naar een robuust wegennet.

De gepresenteerde visie ontbeert duidelijkheid omtrent de verkeersveiligheid- en milieueffecten. De SWOV wil het concept van TNO evalueren wat betreft de effecten op de verkeersveiligheid. Daartoe is een eerste pilotstudie opgezet en uitgevoerd. De voorgestelde aanpassingen en aanvullingen op een regionaal wegennet hebben effecten op de routekeuze en daardoor circulatie van het verkeer. Via een dynamisch verkeersmodel is het mogelijk die effecten kwantitatief te schatten. De effecten op verkeersveiligheid zijn vervolgens door het gebruik van risicocijfers en/of risicomodellen bepaald.

De ANWB heeft de pilotstudie mede gefinancierd. Goudappel Coffeng is gevraagd om de modelberekeningen te verrichten.

## 2. **Beide visies toegelicht**

### **Wat is een Robuust wegennet?**

De visie '*robuust wegennet*' is onderbouwd door TNO (Schrijver et al., 2008). De ontvlechting van langeafstandsverplaatsingen en regionale verplaatsingen centraal. In een robuust wegennet stroomt het verkeer op de hoofdwegen zoveel mogelijk door, onder andere door het verkeer op toegangspunten tijdelijk te bufferen. Robuust betekent volgens TNO 'functiebehoud onder wisselende omstandigheden': de stroomfunctie van de hoofdwegen moet zoveel mogelijk in stand blijven. Tijdens incidenten moet reservecapaciteit beschikbaar zijn. Dat is mogelijk door een opwaardering van onderliggende wegen en een herstructurering van knooppunten. Deze benadering gaat ervan uit dat het huidige stelsel van hoofdwegen niet meer verder kan worden verbeterd zonder er andere (stelsels van) wegen bij te betrekken.

### **Wat is een Duurzaam Veilig wegennet?**

In Duurzaam Veilig is categorisering het *leitmotiv*: een wegverbinding functioneert naar behoren als functie, vorm en gebruik ervan op elkaar zijn afgestemd. In een DV-verkeerssysteem zijn de stroom- en erftoegangsfunctie strikt gescheiden. Voor elke functie bestaat een aparte wegcategorie: stroomwegen en erftoegangswegen. De wegen die beide categorieën verbinden zijn de gebiedsontsluitingswegen (GOW). Een GOW mag niet alleen maar de stroomfunctie bieden, hij moet ook uitwisseling tussen de andere categorieën faciliteren. De scheiding van de stroom- en uitwisselingsfunctie binnen deze categorie zou via de vormgeving tot stand moeten komen, met name door stromen alleen op wegvakken, en uitwisseling alleen op kruispunten (fysiek) mogelijk te maken. Elke wegcategorie heeft een kenmerkende snelheidslimiet. Voor wegen buiten de bebouwde kom zijn die limieten 60, 80 en 100/120 km/uur voor respectievelijk erftoegangswegen, gebiedsontsluitingswegen en stroomwegen. Door werkzaam-

heden of door omgevingskenmerken kunnen lokaal andere limieten wenselijk zijn (Dijkstra, 2010).

### **Overeenkomsten en verschillen tussen Robuust en DV**

Leggen we de bereikbaarheidsvisie van Robuust wegennet naast de veiligheidsvisie Duurzaam Veilig, dan blijkt dat de visies op dezelfde lijn liggen ten aanzien van de stroomfunctie van het hoofdwegennet. Het behoud van de stroomfunctie is van cruciaal belang voor zowel de verkeersveiligheid als bereikbaarheid. Als de hoofdstructuur functioneert zoals beoogd, dan zal langeafstandsverkeer niet uitwijken naar het onderliggend wegennet. Het onderliggend wegennet zal dan naar behoren kunnen blijven functioneren. Bij incidenten op het hoofdwegennet zou het langeafstandsverkeer moeten kunnen profiteren van voldoende reservecapaciteit op het onderliggend wegennet. Op een juiste manier uitgewerkt, zullen hierdoor de verkeersveiligheid en de bereikbaarheid op alle niveaus (nationaal, regionaal, lokaal) kunnen toenemen. De reservecapaciteit op het onderliggend wegennet mag de onveiligheid niet doen toenemen.

De beide visies wijken van elkaar af wat betreft de vormgeving van de regionale hoofdwegen. Volgens de SWOV zouden regionale hoofdwegen alle kenmerken moeten hebben van een stroomweg, inclusief de snelheidslimiet (100 km/uur) en de ongelijkvloerse knooppunten. Het lijkt erop dat de ANWB/TNO-visie een regionale stroomweg voorstaat die op deze punten minder kwaliteit qua verkeersveiligheid biedt. ANWB/TNO verwijzen terecht naar het slechte veiligheidsniveau van de huidige N-wegen. Juist om dat niveau van onveiligheid te vermijden dienen de kenmerken van regionale stroomwegen in de Duurzaam Veilig visie van een geheel andere orde te zijn! De visie Duurzaam Veilig staat verder een evenwichtige verhouding voor in de mate waarin het wegennet is opgebouwd uit verschillende wegcategorieën. De SWOV heeft dit uitgewerkt voor enkele regionale netwerk analyses (Schermers et al., 2007). Een dergelijke benadering lijkt ook gewenst voor het robuuste wegennet. Voorsnog is het namelijk in de ANWB/TNO-visie onduidelijk wat de plaats wordt van de regionale gebiedsontsluitingswegen en van de lokale hoofdwegen.

### **3. Kenmerken van de wegennetten**

#### **Kenmerken van een Robuust wegennet**

De meeste wegen in het huidige wegennet hebben een vaste capaciteit: bij bijzondere omstandigheden is het niet mogelijk de capaciteit tijdelijk te verhogen. In een robuust wegennet zou dat juist wel mogelijk moeten zijn. Op wegvakken en kruispunten zijn verschillende soorten maatregelen toepasbaar om dit te bereiken.

De capaciteit van wegvakken hangt vooral af, zeker buiten de bebouwde kom, van het aantal rijstroken per richting. Op enkele autosnelwegen is al enkele jaren de *spitsstrook* een manier om gedurende de spitsuren extra capaciteit te leveren door de vluchtstrook als tijdelijke rijstrook open te stellen. Bij incidenten zal de wegbeheerder trachten zo snel mogelijk deze strook weer beschikbaar te stellen voor hulpdiensten. Een *wisselstrook* is een rijstrook die beurtelings beschikbaar is voor de drukste richting. Soms is er voor de rijrichtingscheiding een verplaatsbare barriër aanwezig die via een speciaal voertuig in positie wordt gebracht. Scheiding tussen doorgaand verkeer en uitvoegend en/of invoegend verkeer is mogelijk door *aparte rijbanen* (voor dezelfde rijrichting) aan te leggen. Op een parallelbaan geldt meestal een lagere snelheidslimiet dan op de rijbaan voor doorgaand verkeer.

Kruispunten bepalen in het stedelijk gebied de capaciteit van het wegennet. Tabel 1 geeft een overzicht van de capaciteit van enkele kruispunttypen. Via een *bypass* vergroot men perma-

nent de capaciteit van een specifieke richting (meestal een rechtsafslaannde richting). Een *ongelijkvloerse* uitvoering van een bypass (meestal voor het rechtdoorgaande verkeer op de hoofdstroom) geeft eveneens een aanzienlijke verhoging van de capaciteit.

Om kruispunten tijdelijk extra capaciteit te laten bieden zijn in het geval van een verkeerslichtenregeling faciliteiten in te bouwen die de verdeling van de capaciteit over de verschillende richtingen aanpassen aan de *actuele 'vraag'*.

Bij opritten is voorgesteld zogeheten *buffers* aan te leggen. Bij een buffer wachten voertuigen enige tijd totdat er ruimte beschikbaar is op de autosnelweg. Een buffer bestaat uit een aantal naast elkaar gelegen rijstroken die ten minste enkele tientallen meters lang zijn.

**Tabel 1: Praktische capaciteit van enkele kruispunttypen met vier takken (CROW, 2008)**

	Capaciteit in een spitsuur van alle toeritten tezamen [mvt per uur]	Maatgevende conflictbelasting van toerit en rotondetak
Kruispunt met voorrangregeling	1.500	1.100
Kruispunt met VRI, per toevoertak drie rijstroken	3.500	3.800
Enkelstrooksrotonde	2.000	1.100 - 1.500
Turborotonde, basisvorm	3.500	1.900 - 2.100

### Kenmerken van een Duurzaam Veilig wegennet

Een wegennet is Duurzaam Veilig als de wegen op de juiste manier zijn gecategoriseerd en als de verkeersvoorzieningen voldoen aan de DV-eisen (CROW, 1997). De DV-eisen zijn uitgewerkt in diverse richtlijnen en aanbevelingen.

Op wegvakken buiten de bebouwde kom, met snelheidslimieten vanaf 80 km/h, mogen voertuigen in tegengestelde richting elkaar niet kunnen raken als een voertuig op de andere weg helpt terecht komt. Een *fysieke rijrichtingscheiding* moet dit bewerkstelligen. Bij snelheidslimieten van 50 of 70 km/h kan men volstaan met alleen een dubbele asmarkering als rijrichtingscheiding

Een bestuurder die met zijn voertuig van de weg afraakt, heeft baat bij een *semi-verharde berm*. Deze berm zorgt ervoor dat het voertuig bestuurbaar blijft.

Botsingen met obstakels zijn vermijdbaar door een *obstakelvrije zone* aan te brengen. De breedte ervan is afhankelijk van de geldende snelheidslimiet of van de ontwerpsnelheid.

De DV-eisen voor kruispunten op gebiedsontsluitingswegen beogen haakse conflicten uit te sluiten, tenzij de voertuigen elkaar met lage snelheid (50km/h of lager) kruisen. Ook conflicten tussen voertuigen in tegengestelde richting (bijvoorbeeld links afslaand voertuig en tegemoetkomend voertuig) passen niet bij een Duurzaam Veilig kruispunt. Op een rotonde komen alleen convergerende en divergerende conflicten voor. Daarom past een rotonde zeer goed in Duurzaam Veilig. De *enkelstrooksrotonde* is in betrekkelijk korte tijd relatief veel toegepast. Vervanging van een kruispunt door een rotonde resulteert in een forse afname van het aantal letselongevallen (ongeveer 70%). Een *turborotonde* heeft meer capaciteit dan de enkelstrooksrotonde. Door de extra rijstroken op de rotonde neemt het aantal mogelijke conflicten iets toe. Fortuijn (2005) constateert in een evaluatie dat het veiligheidseffect (in termen van ongevallen) van een turborotonde even groot is als van een enkelstrooksrotonde.

### Overeenkomsten en verschillen tussen de beide visies

Een wegennet dat zowel robuust als Duurzaam Veilig is zou een combinatie van de hiervoor genoemde kenmerken moeten bezitten. Sommige kenmerken van het ene soort wegennet passen soms niet goed in de andere soort. De *semi-verharde berm* en de *obstakelvrije zone* van Duurzaam Veilig zijn toe te passen in een robuust wegennet. Een *fysieke rijrichtingscheiding* op wegen met een snelheidslimiet van 80 km/h is vereist bij Duurzaam Veilig maar zal niet

altijd in het huidige of robuuste wegennet aanwezig kunnen zijn. *Aparte rijbanen* om doorgaand verkeer te scheiden van afslaand en invoegend verkeer passen bij de DV-eisen. Een *spitsstrook* past eigenlijk niet in Duurzaam Veilig omdat automobilisten minder snel op een veilige manier hun voertuig tot stilstand kunnen brengen. Anderzijds zijn er bij spitsstroken vaak op regelmatige afstand pechvoorzieningen aangebracht (*refuges*) en kan de wegbeheerder via cameratoezicht snel ingrijpen als er onverhoopt een voertuig stil staat op de spitsstrook. De *wisselstrook* past in Duurzaam Veilig als er via een *barrier* sprake is van fysieke rijrichtingscheiding. De voorzieningen die de capaciteit verhogen in een robuust wegennet passen in Duurzaam Veilig als er geen extra ongewenste conflicten ontstaan. Dit geldt voor de *bypass* en de *ongelijkvloerse bypass*. *Verkeerslichten* passen niet in een Duurzaam Veilig wegennet omdat er ongewenste conflicten op kunnen treden als een regeling niet conflictvrij is (links afslaand verkeer heeft tegelijk groen met tegemoetkomend verkeer) en als verkeersdeelnemers door rood licht rijden. De *rotonde* past niet altijd in een robuust wegennet omdat de capaciteit geringer is dan van een kruispunt met verkeerslichten. Combinaties van rotonde en ongelijkvloerse bypasses passen in beide soorten wegennetten.

#### **4. Uitgevoerde pilotstudie**

De keuze van een gebied voor de pilotstudie is bepaald door twee eisen:

- aanwezigheid van een dynamisch verkeersmodel;
- bereidheid van de regionale betrokkenen (rijk, provincie, stadsregio) om mee te denken over de toepassing van een robuust wegennet.

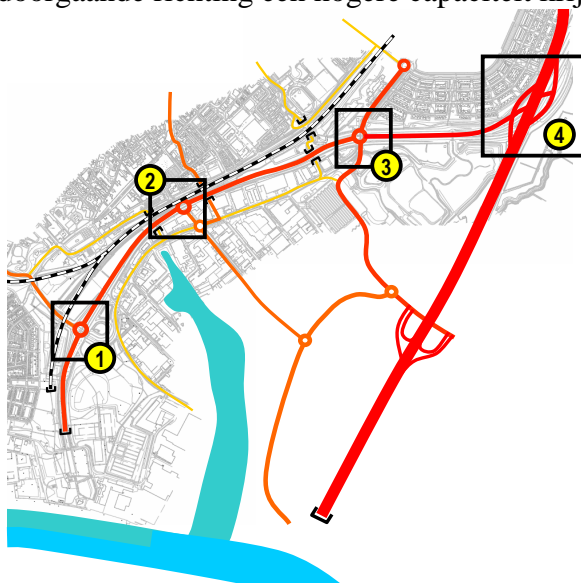
Deze eisen hebben geleid tot de keuze van pilotstudie in het gebied rond de Wijker- en Velsertunnel. De Wijkertunnel werd in 1996 geopend als aanvulling op de Velsertunnel. Het wegvak via de Wijkertunnel duidt men als rijksweg A9 aan en het gedeelte door de Velsertunnel als A22; zie *Afbeelding 1*. De A22 is een autosnelweg; de A9 heeft de functie van de A22 als interregionale stroomweg overgenomen. De A22 heeft nu een wat rare en onlogische functie en locatie. Hierdoor wordt de weg vooral voor regionale verplaatsingen gebruikt. De autosnelweg A22 loopt langs Velsen-Noord en snijdt door Beverwijk heen. Hierdoor is de binding tussen Beverwijk en bedrijventerrein De Pijp bijna geheel verdwenen. De A22 is over de gehele route 2x2-strooks en heeft één afrit ter hoogte van de Velsertaverse. Slechts één afrit voor Beverwijk, Velsen en Wijk aan Zee is eigenlijk niet voldoende. Er is een aansluiting Velsertaverse ontworpen als een half klaverblad, echter door de beperkte ruimte tussen de aansluiting en de tunnel is dit ontwerp nooit tot uitvoering gekomen. Nu zijn er drie doorgangen onder de A22. Dit betekent dat veel bewegingen plaatsvinden naar de verbindingen toe om aan de overzijde te komen.

De regio zou moeten kiezen tussen uitbreiden van de A22 met aansluitingen conform de systematiek van snelwegen (maar dat is niet logisch vanwege het grote aandeel regionaal verkeer), of downgraden van de A22 tot regionale route met meer aansluitingen. De weerstand daartegen zal groot zijn, niet alleen omdat een snelweg nu eenmaal veiliger is, maar omdat men nu eenmaal niet gelooft dat het qua doorstroming en veiligheid anders (lees gelijkvloers) kan.



Afbeelding 1: Onderzoeksgebied met A9 en A22

In Afbeelding 2 is een mogelijke aanpassing getoond die zou passen in de filosofie van een robuust wegennet. De A22 is daarbij vervangen door twee ver uit elkaar gelegen rijbanen die elk in één richting berijdbaar zijn. Vanuit de capaciteit redenerend biedt deze oplossing de mogelijkheid nieuwe gelijkvloerse aansluitingen te maken. De vraag is uiteraard wat dit betekent voor het dwarsprofiel en snelheidsregime op de wegvakken, maar vooral is het de vraag hoe de kruispunten vormgegeven kunnen worden. De intensiteiten blijven namelijk erg hoog, zeker bij een incident op de parallelle A9. In beginsel eist Rijkswaterstaat dat het verkeer op een rijksweg moet blijven stromen. Vanuit Rijkswaterstaat redenerend kan de voorgestelde aanpassing robuustheid bieden door bij incidenten, de verkeerslichten zo te regelen dat de doorgaande richting een hogere capaciteit krijgt.



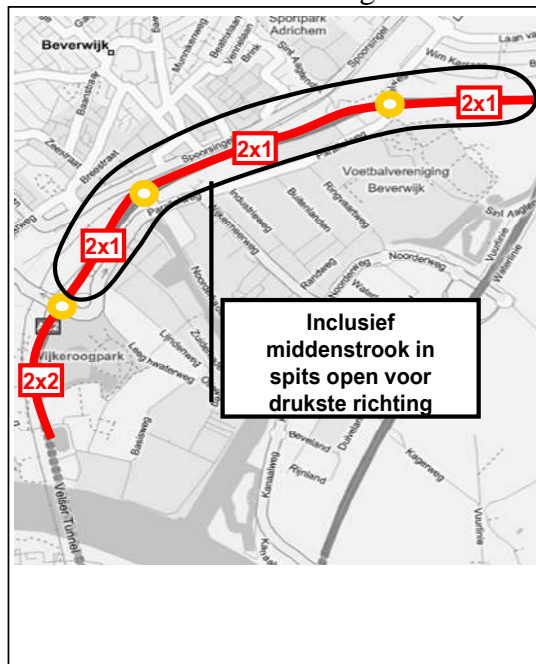
Afbeelding 2: Aanpassing huidige situatie, variant met drie gelijkvloerse kruispunten op de A22

In de *fictieve* basisvariant veronderstelden we dat de A22 wegvakken heeft met een dwarsprofiel bestaande uit twee rijstroken per rijrichting. De ingestelde snelheidslimiet is daarbij 70 km/h. De kruispunten 2 en 3 zijn viertakskruispunten en hebben verkeersregelininstallaties. Kruispunt 1 blijft ongewijzigd, dus een ongelijkvloerse kruising. In de andere varianten is kruispunt 1 ook niet aangepast. Fietsers kruisen de A22 ongelijkvloers via tunnels.

In de varianten met een robuust wegennet zijn de kruispunten 2 en 3 uitgevoerd als tweestrooks rotondes met een onderdoorgang voor de hoofdstroom. Fietsers kunnen de A22 gelijkvloers kruisen via de rotondes of via een tunnel. Een deel van de wegvakken van de A22 heeft een dwarsprofiel met één rijstrook per richting (*Afbeelding 3*). In bijzondere omstandigheden, bijvoorbeeld een incident, is een extra rijstrook beschikbaar voor de relevante rijrichting. Op deze wegvakken is langzaam verkeer niet toegestaan.

Er zijn twee varianten met een robuust wegennet doorgerekend:

- Een situatie met een gewone ochtendspits van 7.00 tot 9.00 uur;
- Een situatie met een incident in de Wijkertunnel (A9) tijdens de ochtendspits van 7.00 tot 9.00 uur. Tijdens dit incident kan verkeer in beide richtingen slechts van een tunnelbuis gebruik maken. In deze variant is ook het effect van toeritdoseerinstallaties (TDI) nagegaan die het verkeer reguleren dat zich op de kruispunten 2 en 3 bij de hoofdstroom wil voegen.



*Afbeelding 3: Variant Robuust wegennet*

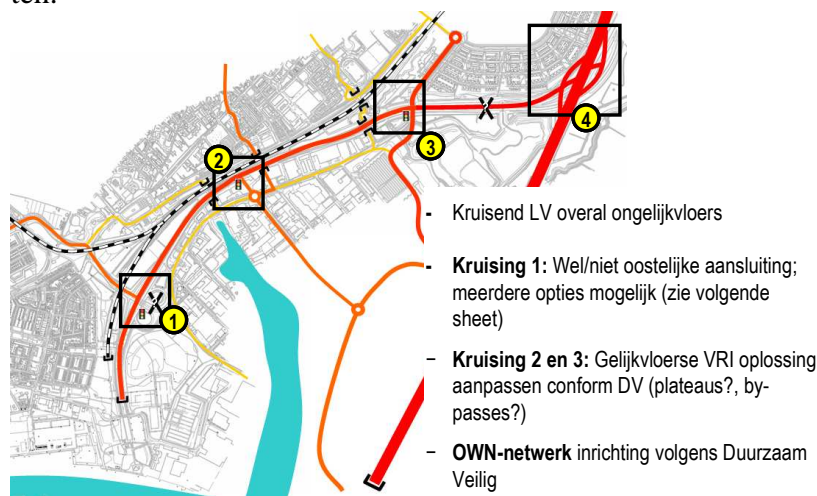
In de varianten met Duurzaam Veilig hebben enkele wegvakken van de A22 een dwarsprofiel met één rijstrook per richting. Bij een incident is er voor lokaal en regionaal verkeer extra capaciteit beschikbaar op het onderliggende (parallele) wegennet.

De kruispunten 2 en 3 zijn als turborotonde uitgevoerd met bypasses voor alle rechtsafslaande richtingen (*Afbeelding 4*). Fietsers kruisen de A22 ongelijkvloers via tunnels. Kruispunt 1 is niet gewijzigd (ongelijkvloers gebleven). In deze varianten is de capaciteit verhoogd op de wegen die parallel lopen aan de A22. Op deze wegvakken is langzaam verkeer niet toegestaan. Ook voor Duurzaam Veilig zijn er twee varianten doorgerekend: met en zonder incident in de Wijkertunnel.

## Resultaten van de modelberekeningen

De veranderingen in veiligheid op de kruispunten 2 en 3 zijn aanzienlijk. Dat komt vooral doordat in alle varianten de relatief onveilige kruispunten met verkeersregelinstantie zijn omgebouwd tot relatief veilige rotondetypen. Op de kruispunten is er eigenlijk geen sprake van twee hoofdvarianten DV en Robuust maar van respectievelijk Gelijkvloers en Ongelijkvloers. Daardoor kan Robuust via de onderdoorgang veel meer voertuigen laten passeren dan

Duurzaam Veilig. Robuust is veiliger dan DV door de ongelijkvloers kruisende hoofdstroom. Beide varianten zijn veel veiliger ten opzichte van de fictieve basisvariant met verkeerslichten.



Afbeelding 4: Variant Duurzaam Veilig

Bij incidenten is het dwarsprofiel van DV veiliger door het ontbreken van inhaalbewegingen, bij Robuust treden die dan namelijk op door de extra rijstrook. Robuust is iets veiliger dan Duurzaam Veilig op de wegvakken van de A9 tussen de aansluiting met de A22 en de tunnel.

Op de wegvakken van de A22 en op de wegvakken van de routes parallel aan de A22 zijn de Robuuste variant en de Duurzaam Veilig variant even veilig; beide varianten zijn veiliger dan de basisvariant. Bij een incident laat Robuust tijdens de simulatieperiode grotere aantallen voertuigen de A22 passeren dan de DV variant met incident. Het aantal afgelegde motorvoertuigkilometers is daardoor bij 'Robuust met incident' hoger dan bij 'DV met incident'. Het aantal ongevallen neemt gewoonlijk evenredig toe met de toename van het aantal motorvoertuigkilometers. Het lijkt hierdoor alsof Robuust op deze wegvakken onveiliger is dan DV. Bij DV staan echter voertuigen elders in een rij die later alsnog de A22 zullen passeren inclusief de bijbehorende bijdrage aan de onveiligheid. Een langere simulatieperiode zou een beter beeld hebben kunnen geven van de totale onveiligheid op de A22 van beide varianten

## 5. Bepalen van kruispuntveiligheid voor nog niet bestaande kruispunttypen

In de modelberekeningen zijn aannames gedaan over de kruispuntveiligheid van de bestaande en nieuwe kruispunttypen. Harde kennis over kruispuntveiligheid is in onvoldoende mate aanwezig (Dijkstra & Tromp, te verschijnen). De aannames hebben een opbouw via vier mogelijke veranderingen waarvan een verkeersveiligheidseffect mag worden verwacht:

1. ander kruispunttype
2. meer of minder passerende motorvoertuigen ( $I_z + I_h$ )
3. andere verhouding  $I_z/I_h$
4. meer of minder conflictpunten (met of zonder snelheidsreductie)

In sommige gevallen zullen twee of meer soorten veranderingen optreden. In dat geval dient men de hiervoor gegeven volgorde aan te houden, en de veranderingen stapsgewijs door te nemen. De keuze voor deze volgorde is voornamelijk gebaseerd op de manier waarop 'crash prediction models' en vergelijkbare methoden gewoonlijk zijn opgebouwd (Reurings et al, 2006). De vierde verandering, het aantal en de aard van de conflictpunten is toegevoegd om de schatting te preciseren voor varianten op bestaande kruispunttypen. Dit is het minst zekere



deel van de totale schatting. De invloed op de eerdere drie mogelijke veranderingen wordt niet verstopt in de totale schatting maar, naar wens, zichtbaar als laatste stap toegevoegd. Als voorbeeld bepalen we de verandering in kruispuntveiligheid als een drietaxskruispunt met verkeerslichten wordt vervangen door een rotonde buiten de bebouwde kom met een onderdoorgang:  $I_z/I_h = 0,25$  en  $I_z+I_h = 25.000$  mvt/etmaal. In de nieuwe situatie geldt dezelfde waarde voor  $I_z/I_h$  en is  $I_z+I_h = 30.000$  mvt/etmaal.



*Afbeelding 5: Kruispunttype Rotonde met onderdoorgang voor de hoofdstroom*

In beginsel functioneert het voorgestelde kruispunttype als rotonde, waarbij de hoofdstroom via de onderdoorgang gaat en dus niet direct conflicteert met de zijstroom. Ver vóór en na de rotonde en de onderdoorgang vindt er in- en uitvoegen plaats.

Een drietaxskruispunt met verkeerslichten vervangen door kruispunt met voorrangregeling geeft een verandering in het relatieve aantal ongevallen van 1,00 naar 0,65 (Dijkstra & Tromp, te verschijnen). Over drietaxsrotondes buiten de bebouwde kom is weinig bekend. Ongetwijfeld zal zo'n rotonde veiliger zijn dan een kruispunt met voorrangregeling. Er is een stijging van het aantal passerende motorvoertuigen voorzien. De voor- en de nasituatie bevinden zich in de hoogste intensiteitklasse. Dit is schijn omdat in de nieuwe situatie de volledige hoofdstroom ( $0,75 \times 30.000 = 22.500$  voertuigen) het kruispunt 'mijdt'. Op de rotonde resteren 7.500 passerende voertuigen. Daardoor neemt het relatief aantal ongevallen af van 0,35 naar 0,15 (Dijkstra & Tromp, te verschijnen). De verhouding van zij- en hoofdstroom blijft gelijk. Het aantal conflictpunten van de voorgestelde kruispunttype is minder dan bij een reguliere rotonde. Een viertaxsrotonde heeft vier conflictpunten. De hier voorgestelde rotonde heeft er ook vier. Deze variant is op dit aspect niet beter, maar doordat alleen de zijstroom onderling conflicteert, scoort deze rotonde toch gunstiger dan een gewone rotonde. Dit is al verwerkt bij het aantal passerende voertuigen.

De geschatte verandering is:  $(0,65 / 1,0) \times (0,15 / 0,35) = 0,28$ . De daling op dit kruispunt is naar schatting dus 72%.

## **5. Conclusies en aanbevelingen**

1. De kennis omtrent kruispuntveiligheid is onvoldoende om effecten van maatregelen nauwkeurig te kunnen evalueren. Er dient meer helderheid te komen aangaande veiligheidsaspecten van verschillende kruispunttypen, namelijk de:

- kwantitatieve relatie tussen het aantal ongevallen per kruispunt en het aantal passerende voertuigen;
- effecten van specifieke maatregelen, zoals bypasses, ongelijkvloers laten kruisen van de hoofdstroom of andere belangrijke stromen, aanwezigheid van gelijkvloerse oversteekvoorzieningen, aantal opstelstroken per tak, gedeeltelijk conflictvrije verkeersregeling;
- effecten van verandering van kruispunttype (voor-/nastudies).

Voor kennis over deze maatregelen dienen geschikte en voldoende gegevens te worden verzameld over weg- en verkeerskenmerken. Dit betreft algemene kruispuntkenmerken, verkeersintensiteiten (uitgesplitst naar kruispunttak), aanwezigheid van verkeerslichtenregeling

(en aard van de regeling), indeling opstelvakken per tak, aanwezigheid en aard van oversteekvoorzieningen, intensiteit oversteekbewegingen.

2. De uitgevoerde pilotstudie kan niet tot algemene uitspraken leiden over het verschil tussen een Robuust wegennet en Duurzaam Veilig. Deze pilotstudie is geen representatief verkeerskundig probleem. Het betreft een specifieke situatie waarvoor specifieke oplossingen zijn aangedragen.

3. In deze pilotstudie komen hoge verkeersintensiteiten voor, waarbij zowel de robuuste varianten als de DV-varianten (redelijk) goed scoren op veiligheid en doorstroming. Hiertuit zouden we voorzichtig kunnen afleiden dat in andere gebieden met lagere intensiteiten beide visies ook goed uitpakken.

4. De oorspronkelijke doelstelling was om na te gaan welk effect een robuust wegennet heeft op de verkeersveiligheid. De pilotstudie zou overeenkomsten en verschillen tussen 'robuust' en DV moeten laten zien. Dit laatste doel is zeker gehaald. Het eerste doel is in dit verband nauwelijks te halen omdat er dan veel meer situaties moeten worden doorgerekend.

5. Een vervolgstudie moet een overzicht geven van de mogelijkheden die er zijn om de verschillende toepassingsmogelijkheden van een robuust wegennet tevens Duurzaam Veilig te maken. Dit kunnen kleinschalige toepassingmogelijkheden zijn (zoals in de onderhavige pilotstudie) en grootschalige mogelijkheden (zoals in de ANWB/TNO-studie).

6. In deze pilotstudie zijn voor de dagelijkse verkeerssituatie betrekkelijk geringe verschillen gevonden tussen Duurzaam Veilig en Robuust wegennet, zowel voor doorstroming als voor verkeersveiligheid. Bij een incident levert de robuuste oplossing een aanzienlijk hogere capaciteit. Het lijkt mogelijk beide varianten te integreren tot een variant die meer doorstroming biedt en tegelijkertijd optimaal veilig is.

7. In de pilotstudie is gekozen voor ongelijkvloerse doorgangen. Een dergelijke oplossing kost meer dan de meeste soorten gelijkvloerse kruispunten. Een kosten-batenanalyse kan duidelijk maken of kosten van de ongelijkvloerse oplossing opwegen tegen de (maatschappelijke) baten.

### **Referenties**

CROW (1997). *Handboek Categorisering wegen op duurzaam veilige basis. Deel I (Voorlopige) Functionele en operationele eisen*. Publicatie 116. CROW, Ede.

CROW (2008). *Turborotondes*. Publicatie 257. CROW, Ede.

Dijkstra, A (2010). *Welke aanknopingspunten bieden netwerkbouw en weg categorisering om de verkeersveiligheid te vergroten*. R-2010-3. SWOV, Leidschendam.

Dijkstra, A. & Tromp, H.L. (te verschijnen). *Gaat een robuust wegennet samen met Duurzaam Veilig?* SWOV, Leidschendam.

Fortuijn, L.G.H. (2005). *Veiligheidseffect turborotondes in vergelijking met enkelstrooksrotondes*. In: Verkeerskundige Werkdagen 2005, CROW, Ede.

Reurings, M.; Janssen, Th.; Eenink, R.; Elvik, R.; Cardoso, J. & Stefan, Ch. (2006). *Accident prediction models and road safety impact assessment: a state-of-the-art*. Ripcord-Iserest consortium. SWOV, Leidschendam.

Schermers, G.; Drolenga, J. & Tromp, H.L. (2007). *Verkeersveiligheid in regionale netwerkanalyses*. Publicatie R-2007-12. SWOV. Leidschendam.

Schrijver, J.; Egeter, B.; Immers, B. & Snelder, M. (2008). *Visie robuust wegennet ANWB*. Rapport 2008-D-R0661/B. TNO Mobiliteit en Logistiek, Delft.