

**Verkeersveiligheid van routes en van routekeuze
Indicatoren om de veiligheid van routes te beschrijven**

Wendy Weijermars
Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV
wendy.weijermars@swov.nl

Atze Dijkstra
Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV
atze.dijkstra@swov.nl

**Bijdrage aan het Colloquium Vervoersplanologisch Speurwerk
20 en 21 november 2008, Santpoort**

Samenvatting

Indicatoren om de veiligheid van routes te beschrijven.

Routekeuze beïnvloedt behalve de doorstroming ook andere factoren, zoals de verkeersveiligheid, de leefbaarheid en het milieu. Deze paper richt zich op de verkeersveiligheidseffecten van routekeuze. We bespreken drie typen indicatoren waaraan de veiligheid van een route en de veiligheidseffecten van een verandering in routekeuze kunnen worden afgelezen. Welke van de indicatoren het meest geschikt is, is afhankelijk van de toepassing.

Op Duurzaam Veilig gebaseerde criteria.

Dit zijn criteria die verschillende Duurzaam Veilig-aspecten van een route beschrijven. De scores kunnen weergegeven worden in een zogeheten routester, waarbij iedere punt een aspect van de veiligheid beschrijft. Deze indicator is met name geschikt om de veiligheid van verschillende (theoretisch mogelijke) routes met elkaar te vergelijken. Afhankelijk van de toepassing kan gebruikgemaakt worden van een gewone routester (9 criteria) of een uitgebreide routester (12 criteria). De uitgebreide routester houdt behalve met snelverkeer ook rekening met de veiligheid van langzaam verkeer op de route.

Gesimuleerde conflicten

Dit zijn conflicten – of daaraan gerelateerde maten - die met behulp van een microsimulatiemodel gesimuleerd zijn. Deze indicator is met name geschikt om de effecten van een verandering in routekeuze op de verkeersveiligheid te onderzoeken. Het voordeel van deze methode is dat met een microsimulatiemodel ook andere effecten van een veranderde routekeuze (bijvoorbeeld veranderingen in reistijd) bepaald kunnen worden en dat ook de effecten van verkeersmaatregelen op routekeuze gesimuleerd kunnen worden.

Risicocijfers en ongevallenmodellen

Deze indicatoren geven de kans op een ongeval weer, als functie van de intensiteit en (eventueel) wegkenmerken. Met behulp van (veranderingen in) intensiteiten kan (een verandering in) het aantal ongevallen op een route geschat worden. Het voordeel van dit indicatortype is dat het eenvoudig is om deze schattingen op netwerkniveau te doen en dat de rekentijd beperkt is. De betrouwbaarheid van deze indicator en de verkeersdeelnemers waarvoor de veiligheid beschouwd wordt, zijn afhankelijk van de wijze waarop het ongevallenmodel is geschat.

1. Inleiding

Het wordt steeds drukker op het Nederlandse wegennet en de congestie neemt toe (Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, 2008). Verkeersmanagementmaatregelen kunnen worden ingezet om de doorstroming te bevorderen. Een deel van deze maatregelen is erop gericht om de verdeling van het verkeer over het netwerk te beïnvloeden. Daarnaast worden routenavigatiesystemen steeds meer gebruikt en worden ze bovendien geavanceerder waardoor ze in staat zijn de route te selecteren die op dat moment het snelst is.

Behalve de doorstroming beïnvloedt de routekeuze echter ook andere factoren, zoals de verkeersveiligheid, de leefbaarheid en het milieu. Deze paper richt zich op de verkeersveiligheidseffecten van routekeuze en de indicatoren die de SWOV hiervoor ontwikkelt. In de volgende paragraaf wordt besproken bij welke vraagstukken gerelateerd aan routekeuze, ook verkeersveiligheid meegenomen zou moeten worden. Vervolgens worden in de derde paragraaf mogelijke indicatoren en hun toepassingsmogelijkheden behandeld. In de vierde paragraaf wordt een voorbeeld uitgewerkt. De vijfde paragraaf bevat een discussie en in de laatste paragraaf worden de conclusies behandeld.

2. Verkeersveiligheid in relatie tot routekeuze

Er is een scala aan verkeers(management)maatregelen die de verdeling van het verkeer over het netwerk beïnvloeden. Dit varieert van zeer concrete maatregelen die er direct op gericht zijn de routekeuze te beïnvloeden, zoals Dynamische Route Informatie Panelen langs de weg en routenavigatiesystemen in het voertuig, tot werkwijzen om tot een goede set verkeersmaatregelen te komen zoals Gebiedsgericht Benutten. Daarnaast kan gedacht worden aan maatregelen voor specifieke doelgroepen, zoals voorkeursroutes voor vrachtverkeer.

Bij het bepalen van de snelste route kan al dan niet rekening gehouden worden met de actuele verkeerssituatie. De reguliere routeplanners houden geen rekening met de actuele verkeerssituatie. Meer geavanceerde routeplanners en maatregelen die erop gericht zijn de routekeuze te beïnvloeden houden hier wel rekening mee. Het berekenen van de snelste route kan in het laatste geval offline of realtime/online plaatsvinden. Bij het realtime berekenen van de snelste route, worden actuele verkeersgegevens gebruikt om de snelste route op dat moment te berekenen. Omdat de informatie snel beschikbaar moet zijn, kunnen hiervoor alleen modellen gebruikt worden met een beperkte rekentijd. Wanneer reistijden offline berekend worden, is een langere rekentijd mogelijk. Hierbij wordt de gemiddelde reistijd berekend met behulp van historische gegevens en/of gegevens met betrekking tot de omstandigheden (zoals dag van de week en evenementen) . Het nadeel van een offlineberekening is dat deze geen rekening houdt met afwijkende omstandigheden zoals incidenten.

Bij het optimaliseren van de reistijd door het beïnvloeden van routekeuze wordt vaak onderscheid gemaakt tussen het gebruikersoptimum en het netwerkoptimum. Het gebruikersoptimum - vanuit doorstromingsperspectief - is de route die voor de individuele gebruiker het snelst is. Wanneer iedereen echter de snelste route neemt, wil

dit niet zeggen dat dit in totaal (over alle gebruikers gesommeerd) leidt tot de minste vertraging. Het netwerkoptimum hoeft dus niet gelijk te zijn aan het gebruikersoptimum. Routenavigatiesystemen zoeken in principe naar de snelste route voor de individuele gebruiker van het systeem, terwijl de aanpak bij bijvoorbeeld Gebiedsgericht Benutten erop gericht is om de doorstroming op netwerkniveau te optimaliseren.

De ene route is veiliger dan de andere route. Maatregelen die erop gericht zijn om de verdeling van het verkeer over het netwerk te beïnvloeden, hebben daarom mogelijk ook een effect op de verkeersveiligheid. Wanneer deze maatregelen genomen worden, moet verkeersveiligheid dus niet uit het oog verloren worden. Allereerst is het van belang om de effecten van verschillende maatregelen op de verkeersveiligheid te onderzoeken. Bij het nemen van maatregelen kan in verschillende mate rekening gehouden worden met de verkeersveiligheid. Verkeersveiligheid kan worden meegenomen als randvoorwaarde, maar er kan ook voor gekozen worden om de routekeuze zo te beïnvloeden dat de veiligheid vergroot wordt.

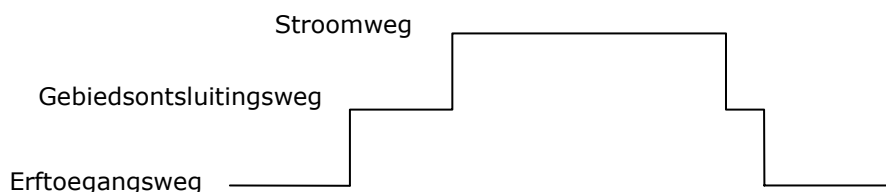
Kortom, er zijn allerlei soorten maatregelen die de verdeling van het verkeer over het netwerk beïnvloeden en bij al deze maatregelen kan in meer of mindere mate rekening gehouden worden met de verkeersveiligheid. Hiervoor zijn indicatoren nodig die de veiligheid van een route beschrijven. Deze indicatoren worden in de volgende paragraaf beschreven.

3. Indicatoren voor de verkeersveiligheid van een route

Als indicator voor de doorstroming op een route wordt vaak de reistijd of vertraging gebruikt. Wanneer we de veiligheid van verschillende routes willen vergelijken, of de effecten van een verandering in routekeuze op de verkeersveiligheid willen bepalen, zijn ook veiligheidsindicatoren nodig. Verschillende soorten maatregelen vragen om verschillende indicatoren voor de veiligheid van een route. In deze paragraaf worden verschillende indicatoren en hun toepassingsmogelijkheden besproken.

3.1 Duurzaam Veilig-routediagram en routester

Een van de Duurzaam Veilig-eisen (CROW, 1997) is dat de snelste en veiligste route moeten samenvallen. Om te voorkomen dat verkeer dwars door verblijfsgebieden gaat rijden, is als aanvullende eis gesteld dat een route duurzaam veilig moet zijn. Een duurzaam veilige route leidt vanuit een 'herkomst' via de kleinst mogelijke afstand over de lagere wegcategorieën (erftoegangswegen en gebiedsontsluitingswegen) naar de hoogste wegcategorie (stroomwegen), via de juiste opwaartse overgangen (slechts één categorie per keer), vervolgens zo lang mogelijk over de hoogste wegcategorie en daarna via de juiste neerwaartse overgangen (wederom slechts één categorie per keer) via de kleinst mogelijke afstand over de lager gelegen wegcategorieën naar de bestemming. Het routediagram van een route laat zien welke wegcategorieën de route achtereenvolgens aandoet en hoe lang gebruikgemaakt wordt van iedere wegcategorie, zie Figuur 1 voor een voorbeeld.



Figuur 1: Voorbeeld van een routediagram.

Het routediagram geeft een eerste indruk van de mate waarin een route duurzaam veilig is. Wanneer echter verschillende routes met elkaar vergeleken worden, kan niet altijd direct uit het routediagram opgemaakt worden welke route het veiligst is. Dijkstra en Drolenga (2007) stellen daarom negen criteria voor om tot een kwantitatieve beoordeling van de veiligheid van een route te kunnen komen. Deze criteria zijn:

1. Aantal categorieovergangen; volgens het DV-routediagram zouden er vier categorieovergangen moeten zijn. Hoe verder het werkelijke aantal van deze vier verwijderd is, des te slechter de score.
2. Aard van de overgang; voor iedere overgang die niet duurzaam veilig is (dit is een overgang van erftoegangsweg naar stroomweg of andersom) krijgt een route strafpunten.
3. Aantal ontbrekende wegcategorieën; voor iedere ontbrekende wegcategorie krijgt een route strafpunten.
4. Percentage van de route over erftoegangswegen.
5. Percentage van de route over gebiedsontsluitingswegen.
6. Lengte van de route; hoe korter de route, des te minder blootstelling aan onveiligheid).
7. Reistijd; hoe korter de reistijd, des te beter de route.
8. Aantal linksafbewegingen; linksafbewegingen zijn relatief onveilig, daarom verdient een route met weinig linksafbewegingen de voorkeur boven een route met veel linksafbewegingen.
9. Kruispunt dichtheid; een route met een lage kruispunt dichtheid verdient de voorkeur boven een route met een hoge kruispunt dichtheid.

De eerste zeven criteria zijn bedoeld om na te gaan of de gevolgde route voldoet aan het routediagram. De laatste twee criteria zijn toegevoegd naar aanleiding van specifieke studies waaruit geconcludeerd is dat deze criteria een relatie hebben met het aantal ongevallen. Het aantal linksafbewegingen wordt bijvoorbeeld beschouwd in Drolenga (2005) en de kruispunt dichtheid in Li (1993) en Brindle (1998).

De hierboven besproken negen criteria beschrijven de veiligheid van een (regionale) route voor een auto die de route volgt (de gebruiker). De routekeuze van een voertuig beïnvloedt echter ook de veiligheid van andere verkeersdeelnemers op de verschillende routes. De route die het veiligste is voor de gebruiker (gebruikersoptimum) is niet per definitie de veiligste voor alle verkeersdeelnemers in het netwerk (netwerkoptimum). Weijermars en Dijkstra (te verschijnen) hebben de negen criteria daarom aangevuld met criteria voor de veiligheid van een route voor langzaam verkeer. Let wel, het gaat nog steeds om de routekeuze van het autoverkeer, in dit geval worden echter de implicaties van deze routekeuze voor het langzaam verkeer meegenomen. De drie aanvullende criteria zijn:

10. De mate van scheiding tussen snelverkeer en fietsers op gebiedsontsluitingswegen; routes over gebiedsontsluitingswegen met een fietspad verdienen de voorkeur boven routes over gebiedsontsluitingswegen zonder fietspad.
11. Het aantal rechtsafbewegingen op wegen met fietsers; rechtsafbewegingen zijn relatief onveilig voor fietsers, daarom verdient een route met weinig rechtsafbewegingen op wegen met fietsers de voorkeur boven een route met veel rechtsafbewegingen.
12. Aantal oversteekvoorzieningen (zebrapaden en fietsoversteken); een route met weinig oversteekbewegingen verdient de voorkeur boven een route met veel oversteekbewegingen. Omdat het aantal oversteekbewegingen moeilijk te meten is, wordt het aantal oversteekvoorzieningen als criterium gebruikt voor het aantal oversteekbewegingen.

De scores op bovenstaande criteria kunnen worden weergegeven in een zogeheten routester (zie paragraaf 4 voor een voorbeeld). De routester toont de scores op de verschillende criteria, gestandaardiseerd op een schaal van 0 tot 1. Hoe langer de sterpunt, des te beter de score van een route op het betreffende criterium ten opzichte van alternatieve routes. Met andere woorden, hoe vollediger de ster, des te duurzaam veiliger de route.

De routester beschrijft de veiligheid van een (regionale) route in een 'leeg netwerk', dus zonder rekening te houden met de hoeveelheid verkeer op die route. Uit de routester volgt op welke aspecten een route goed scoort en op welke aspecten minder goed. De routester is met name geschikt om de veiligheid van verschillende (theoretisch mogelijke) regionale routes met elkaar te vergelijken (statische situatie). Wanneer men de veiligste route voor het verkeer dat de route volgt wil bepalen (gebruikersoptimum) voldoen de oorspronkelijke negen criteria. Wanneer men de veiligste route voor het totale verkeerssysteem wil bepalen, moeten de drie aanvullende criteria aan de oorspronkelijke negen worden toegevoegd. In paragraaf 4 wordt een voorbeeld besproken. De criteria wegen nu allemaal even zwaar. Uit het lopende onderzoek kan volgen dat sommige criteria zwaarder moeten wegen dan andere. In dat geval zal er aanvullend op de routester een gewogen som van de criteria als indicator kunnen fungeren.

3.2 Gesimuleerde conflicten

Wanneer twee of meer voertuigen elkaar zodanig naderen dat een botsing dreigt, ontstaat een kritische situatie (conflict). Conflictmaten geven een kwantitatief inzicht in de mate waarin voertuigen langs een route andere voertuigen ontmoeten en hoe deze ontmoeting verloopt. In een microsimulatiemodel kan het aantal conflicten gesimuleerd worden. Minderhoud en Bovy (2001) en Dijkstra en Drolenga (2007) bespreken verschillende indicatoren die op het aantal conflicten gebaseerd zijn. Bij deze indicatoren speelt de Time To Collision (TTC) een belangrijke rol. De Time To Collision is een maat voor de resterende tijdsduur tot een botsing met een voorliggend of conflicterend voertuig, als beide voertuigen hun koers en snelheid niet zouden aanpassen. In een microsimulatiemodel kan voor ieder voertuig, voor iedere tijdstap de TTC berekend worden. Op de TTC gebaseerde indicatoren worden daarom vaak toegepast om de verkeersveiligheidseffecten van maatregelen (zoals bijvoorbeeld

bestuurdersondersteunende systemen) te schatten met behulp van een microsimulatiemodel.

Wat de veiligheid van routes betreft, zijn gesimuleerde conflicten en daaraan gerelateerde indicatoren met name geschikt om de verkeersveiligheidseffecten van veranderingen in routekeuzegedrag van bestuurders te modelleren. Voordeel van dit type indicatoren, en dus het gebruik van een microsimulatiemodel, is dat ook de andere effecten van veranderingen in routekeuze (bijvoorbeeld veranderingen in reistijd) onderzocht kunnen worden. Daarnaast kan het simulatiemodel ook de effecten van maatregelen op het routekeuzegedrag onderzoeken. Zo kunnen effecten van maatregelen van tevoren ingeschat worden en kan de optimale verdeling van het verkeer over de routes bepaald worden. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat deze simulatiemodellen een behoorlijke rekentijd vergen (afhankelijk van de grootte van het netwerk) en dat gebruik voor realtime doorrekenen van effecten dus (nog) niet mogelijk is.

Op het niveau van individuele bestuurders kunnen verschillende conflictgerelateerde maten gebruikt worden om het veiligheidseffect van een verandering in routekeuze te bepalen. De veiligheid van een route voor een bepaald voertuig kan bijvoorbeeld worden uitgedrukt in het totale aantal conflicten waarmee een voertuig op zijn route geconfronteerd wordt of in de totale tijdsduur dat de TTC onder een kritische waarde ligt. Op netwerkniveau is de potentiële botsenergie (PCE) het geschikt om effecten van een veranderde routekeuze te bepalen. Ten minste, wanneer zich ook langzaam verkeer op het netwerk bevindt. Deze maat houdt namelijk rekening met snelheidsverschillen en massaverschillen van botspartners, en deze spelen een grote rol bij conflicten tussen snelverkeer en langzaam verkeer. Bovendien moet bij het bepalen van de effecten op netwerkniveau de totale botsenergie voor alle weggebruikers in het netwerk meegenomen worden, en niet alleen die van het voertuig of de voertuigen waarvoor de routekeuze onderzocht wordt.

3.3 Risicocijfers en ongevallenmodellen

Risicocijfers en ongevallenmodellen kwantificeren de verkeersonveiligheid van bepaalde weg- of kruispunttypen door de onveiligheid af te zetten tegen een expositiegraad en eventueel wegkenmerken. Zo kan bijvoorbeeld voor een weg het aantal letselongevallen per afgelegde kilometer op die weg geschat worden, gegeven de intensiteit. Ongevallenmodellen kunnen geschat worden voor verschillende wegtypen, letselernsten en ongevalstypen. Meer informatie over deze modellen is te vinden in Reurings et al. (2006).

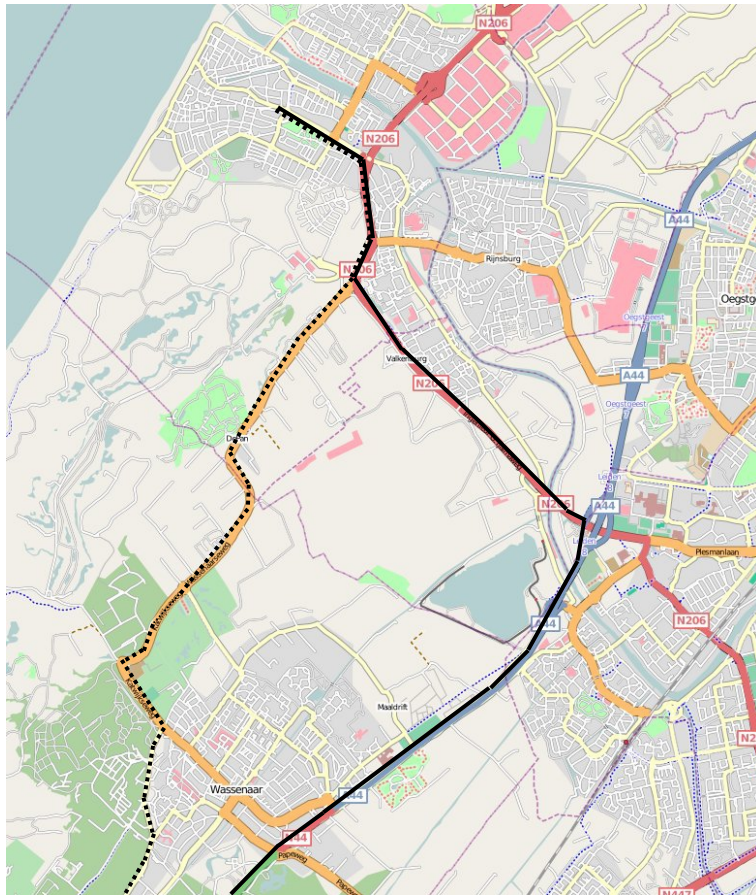
Wanneer de intensiteiten (en eventueel wegkenmerken) van de verschillende wegvakken op een route bekend zijn, kan met behulp van een ongevallenmodel het aantal ongevallen voor die route geschat worden. Dit modeltype kan ook gebruikt worden om de effecten van een verandering in routekeuze op de verkeersveiligheid te bepalen door de verandering in intensiteiten als input te nemen voor het model. Een verkeerssimulatiemodel (microscopisch of macroscopisch) kan gebruikt worden als hulpmiddel om de verdeling van het verkeer over verschillende routes te bepalen (zie paragraaf 4 voor een voorbeeld).

Ongevallenmodellen bieden de mogelijkheid om op netwerkniveau de veiligheidseffecten van een verandering in routekeuze te kunnen schatten. Dit kan ook 'realtime' omdat de rekentijd meestal beperkt is. Er zijn veel gegevens nodig om betrouwbare ongevallenmodellen samen te stellen. Op dit moment zijn er voor de Nederlandse wegen nog betrekkelijk weinig ongevallenmodellen beschikbaar. Hiervoor in de plaats zijn risicocijfers per wegtype te hanteren, de zogeheten kencijfers.

4. Voorbeeld

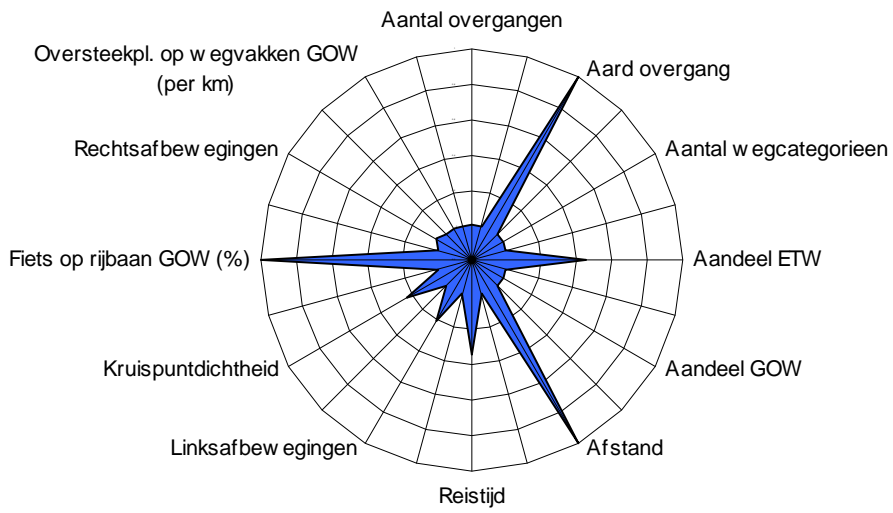
Een initiatief waarbij rekening gehouden wordt met verkeersveiligheid bij het beïnvloeden van routekeuze is bijvoorbeeld *Gebiedsgericht Benutten plus Duurzaam Veilig* (AVV, 2007). Gebiedsgericht benutten is gericht op een betere benutting van de bestaande wegcapaciteit in een regio. Door gezamenlijk negen stappen te doorlopen komen verschillende wegbeheerders in een regio tot een regionaal verkeersmanagementplan en maatregelenpakket om de bereikbaarheid in de regio te verbeteren. Om negatieve verkeersveiligheidseffecten te voorkomen (of in ieder geval te kunnen onderkennen) is het van belang om verkeersveiligheid een plaats te geven in dit stappenplan. In *Gebiedsgericht Benutten plus Duurzaam Veilig* wordt besproken welke mogelijkheden er zijn. In dit voorbeeld wordt aangegeven welke indicatoren in de verschillende stappen gebruikt kunnen worden.

In de derde stap van *Gebiedsgericht Benutten* moeten voorkeursroutes bepaald worden. Men kan de routester gebruiken om de veiligheid van verschillende routes te vergelijken en de voorkeursroute vanuit veiligheidsoogpunt te selecteren. Omdat ook de veiligheid van langzaam verkeer op de routes beschouwd moet worden, verdient de 'uitgebreide routester' de voorkeur. Als voorbeeld zijn twee routes genomen tussen het centrum van Katwijk en de toegang van den Haag nabij Wassenaar (zie Figuur 2). De ene route verloopt via de N441 en gaat door de kom van Wassenaar. De andere route loopt voornamelijk over de A44 en N44, buiten Wassenaar om. Voor beide routes is een routester samengesteld. Deze routesterren zijn weergegeven in Figuur 3.

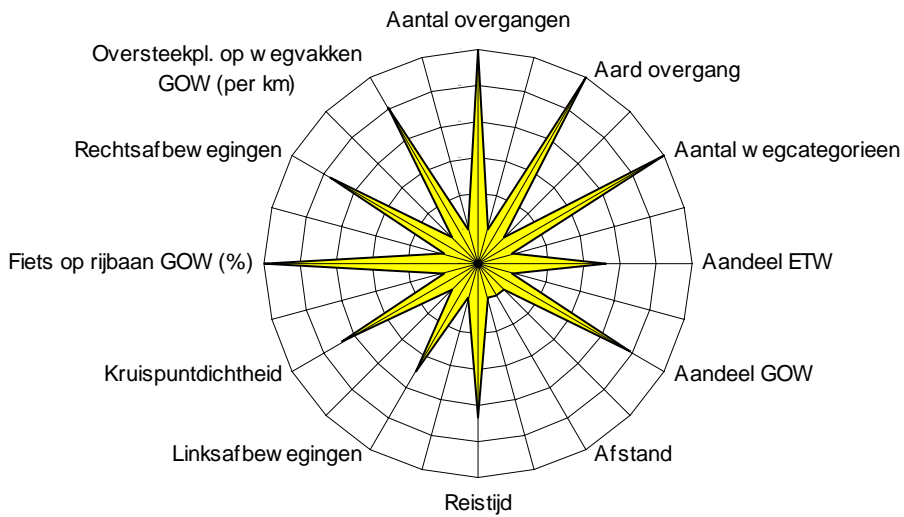


- via N441
- via A44/N44

Figuur 2: Alternatieve routes van Katwijk naar Den Haag.



Route via N441



Route via A44/N44

Figuur 3: Routesterren van de routes van Katwijk naar Den Haag.

De routester toont de scores op de twaalf verschillende criteria die in paragraaf 3.1 zijn toegelicht, gestandaardiseerd op een schaal van 0 tot 1. Hoe langer de sterpunt, des te beter de score van een route op het betreffende criterium ten opzichte van alternatieve routes. Voor de operationalisatie van de criteria en de standaardisatiemethode wordt verwezen naar Dijkstra en Drolenga (2007) en Weijermars en Dijkstra (te verschijnen).

De route via de N441 heeft een routester die op (slechts) drie criteria goed scoort: fietsvoorzieningen, afgelegde weglengte en de aard van de overgangen tussen de wegcategorieën (respectievelijk de criteria 10, 6 en 2). De route via de A44 en N44 scoort vooral goed op het aantal overgangen tussen wegcategorieën (1), fietsvoorzieningen (10), aantal wegcategorieën (3), aandeel GOW (5), aantal oversteekplaatsen per kilometer (12) en het aantal malen dat verkeer rechtsaf moet slaan (11). De reistijd van beide routes bedraagt (zonder congestie) 27 minuten via de N441 en 26 minuten via de A44, de weglengte is 19,4 km, respectievelijk 20,2 km. Aangezien de routester van de route via de A44 en N44 vollediger is, verdient deze vanuit veiligheidsoogpunt de voorkeur.

De zevende stap in Gebiedsgericht Benutten is het ontwikkelen van maatregelen. Een van de mogelijke maatregelen is het herverdelen van verkeersstromen. Om de verkeersveiligheidseffecten van een gewijzigde verdeling van het verkeer over het netwerk te bepalen kan gebruikgemaakt worden van de indicatoren die gebaseerd zijn op kencijfers of ongevallenmodellen.

Stel bijvoorbeeld dat in de huidige situatie het verkeer tussen Katwijk en Den Haag gelijk verdeeld is over de routes. Omdat de route via de A44/N44 veiliger is, is het wenselijk dat zoveel mogelijk verkeer gebruikmaakt van deze route. Om dit te bereiken kunnen bijvoorbeeld maatregelen genomen worden om de doorstroming op de A44 en de N44 te bevorderen. Met behulp van een simulatiemodel kunnen de effecten van de maatregelen op de routekeuze onderzocht worden. Vervolgens kunnen de nieuwe intensiteiten die uit het simulatiemodel komen, ingevoerd worden in de ongevallenmodellen voor de betreffende wegen. Tabel 1 illustreert de werkwijze voor een versimpelde hypothetische situatie. Bij gebrek aan ongevallenmodellen voor deze wegtypen is hierbij gebruik gemaakt van hypothetische kencijfers.

Route	Kencijfer (doden /mld km)	Voor maatregel			Na maatregel		
		Intensiteit (vtg/etm)	Lengte (km)	Onveiligheid (doden/uur)	Intensiteit (vtg/uur)	Lengte (km)	Onveiligheid (doden/uur)
Route 1: N441	4,5	2000	19,4	$1,75 \times 10^{-4}$	500	19,4	$0,44 \times 10^{-4}$
Route 2: A44	2,0	2000	10,0	$0,40 \times 10^{-4}$	3500	10,0	$0,70 \times 10^{-4}$
N44	2,5	2000	10,2	$0,51 \times 10^{-4}$	3500	10,2	$0,89 \times 10^{-4}$
A44+N44			20,2	$0,91 \times 10^{-4}$		20,2	$1,59 \times 10^{-4}$
Totaal				$2,66 \times 10^{-4}$			$2,03 \times 10^{-4}$

Tabel 1: Hypothetisch voorbeeld van het gebruik van kencijfers om de effecten van een veranderde routekeuze op de veiligheid te bepalen. De intensiteiten zijn in dit geval hypothetisch. Gewoonlijk bepaalt men deze met een simulatiemodel.

Wanneer de effecten van de maatregelen op de routekeuze gesimuleerd worden met een microsimulatiemodel, kunnen de verkeersveiligheidseffecten ook met behulp van conflictgerelateerde maten bepaald worden. Eerst wordt het gemiddelde aantal conflicten

per voertuig en per route in de basissituatie bepaald. Vervolgens kunnen de effecten van de maatregelen op de routekeuze gesimuleerd worden en kan voor de nieuwe situatie het gemiddelde aantal conflicten per voertuig voor de verschillende routes bepaald worden. Tabel 2 illustreert de werkwijze voor een hypothetische situatie.

	Voor maatregel		Na maatregel	
	# conflicten per vtg	% verkeer	# conflicten per vtg	% verkeer
N441	1	50%	0,8	10%
A44/N44	0,2	50%	0,25	90%
Veiligheid netwerk	0,6 (50%*1+50%*0,2)		0,31 (10%*0,8+90%*0,25)	

Tabel 2: Hypothetisch voorbeeld van het gebruik van gesimuleerde aantallen conflicten om de effecten van een veranderde routekeuze op de veiligheid te bepalen. Het aantal conflicten en de verdeling van het verkeer over de routes zijn output van het microsimulatiemodel.

5. Discussie

Er is een aantal kanttekeningen te plaatsen bij de besproken indicatoren. Ten eerste vormt deze opsomming geen uitputtende lijst. Er zijn andere (variaties op de besproken) indicatoren denkbaar en voor een specifieke toepassing kunnen de hier besproken indicatoren worden aangepast. Ten eerste is de routester in de huidige vorm met name geschikt om de veiligheid van een regionale route te beschrijven. Voor het bepalen van de veiligheid van een stedelijke route moet deze routester aangepast worden. Ten tweede moet de link tussen het aantal gesimuleerde conflicten en de daadwerkelijke verkeersveiligheid verder onderzocht worden. In een lopend onderzoek van de SWOV wordt de relatie tussen het aantal gesimuleerde conflicten en het aantal ongevallen onderzocht. Tot slot is de kwaliteit van ongevallenmodellen erg bepalend voor de kwaliteit van de geschatte ongevallenkans van een route. De soorten ongevallen die in deze modellen betrokken zijn, bepalen tevens met welke verkeersdeelnemers de indicatoren rekening houden.

6. Conclusies

In deze paper hebben we een aantal indicatoren voorgesteld die de veiligheid van een route of de verdeling van het verkeer over verschillende routes beschrijven. Welke van deze indicatoren het meest geschikt is, is afhankelijk van de toepassing. Tabel 3 geeft een overzicht van de indicatoren en hun toepassingsmogelijkheden.

Aanbevolen wordt om deze indicatoren te gebruiken zodat bij het selecteren van de beste route en bij het beïnvloeden van routekeuze rekening gehouden kan worden met de verkeersveiligheid.

Indicator	Omschrijving	Toepassing
Routester	9 (beperkte routester) of 12 (uitgebreide routester) criteria, grotendeels gebaseerd op Duurzaam Veilig	<ul style="list-style-type: none"> – Met name geschikt om de veiligheid van (theoretisch mogelijke, regionale) routes met elkaar te vergelijken. – Geeft inzicht in de sterke en zwakke punten van een route (in relatie tot Duurzaam Veilig) – De beperkte routester houdt alleen rekening met veiligheid voor het voertuig waarvoor de optimale route bepaald wordt, de uitgebreide routester beschouwt de veiligheid van alle verkeer (inclusief fietsers en voetgangers) op een route.
Aantal conflicten of daaraan gerelateerde maten	Met behulp van een verkeersmodel Gesimuleerde aantal conflicten of daaraan gerelateerde maten	<ul style="list-style-type: none"> – Bepaling verkeersveiligheidseffecten van een veranderde routekeuze met behulp van een microsimulatiemodel. – Met behulp van dit simulatiemodel kunnen ook andere effecten van routekeuze onderzocht worden en kunnen de effecten van verkeersmaatregelen op de routekeuze gesimuleerd worden – Wanneer ook de veiligheid van langzaam verkeer meegenomen moet worden, is de potentiële botsenergie de meest geschikte maat.
Risicocijfers en ongevallenmodellen	Kans op ongeval, gebaseerd op intensiteit en (eventueel) wegkenmerken	<ul style="list-style-type: none"> – Bepaling verkeersveiligheidseffecten van een veranderde routekeuze. – Wanneer de verandering in intensiteiten bekend is, zijn de verkeersveiligheidseffecten gemakkelijk en snel in te schatten; – De betrouwbaarheid van de indicator en de verkeersdeelnemers waarvoor de veiligheid beschouwd wordt, zijn afhankelijk van de wijze waarop het model geschat is.

Tabel 3: Overzicht van de indicatoren en hun toepassingsmogelijkheden.

Referenties

AVV (2007) *Gebiedsgericht Benutten plus Duurzaam Veilig. Samenwerken aan veilige bereikbaarheid en bereikbare veiligheid*. Rijkswaterstaat Adviesdienst Verkeer en Vervoer, Rotterdam.

Brindle, R. (1998). *Relationship between accidents and access conditions*. Research Report ARR 320. ARRB Transport Research Ltd, Vermont South (Victoria, Australia).

CROW (1997). *Handboek Categorisering wegen op duurzaam veilige basis. Publicatie 116*. Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond-, Water- en Wegenbouw en de Verkeerstechniek, Ede.

Drolenga, J. (2005). *Het ontwerp van een verkeersveiligheidsindicator van routes*. Afstudeerverslag Universiteit Twente, Enschede.

Dijkstra, A. & Drolenga, J. (2007). *Verkeersveiligheidsevaluaties van routekeuze*. R-2006-19. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid, Leidschendam.

Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid (2008). *Mobiliteitsbalans 2008, Congestie in perspectief*. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid, Den Haag.

Li, J. (1993). *Study of access and accident relationships*. Highway Safety Branch. Ministry of Transportation and Highways, Victoria (British Columbia, Canada).

Minderhoud, M.M. & Bovy, P.H.L (2001). *Extended time-to-collision measures for road traffic safety assessment*. In: Accident Analysis and Prevention, Vol. 33, p. 89-97.

Reurings, M. Janssen, T. Eenink, R. Elvik, R. Cardoso, J. & Stefan, C. (2006). *Accident prediction models and road safety impact assessment : a state-of-the-art. Report D 2.1 of the RiPCORD-iSEREST project*. European Commission, Directorate-General for Transport and Energy (TREN), Brussels.

Weijermars, W.A.M. & Dijkstra, A. (te verschijnen). *Verkeersveiligheidsevaluaties van routekeuze II*. Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid, Leidschendam.