

## **Blokkade uit zicht**

*Een verkeersopstopping is voor iedereen vervelend. Vaak is het onduidelijk hoe lang het nog duurt en of een alternatieve route beter is. Hierdoor lopen vooral logistieke bedrijven honderden miljoenen euro's per jaar mis. Wiskundig zijn vooral onverwachte situaties op de weg een grote uitdaging. In samenwerking met SWI hoopt TNO een voorspellend model te kunnen maken, om de reis en reistijd toch zo goed mogelijk te begrijpen en verbeteren.*

Plotseling staat het verkeer stil. Is het verstandig om door te rijden, kun je beter omrijden, of staan alternatieve wegen inmiddels ook helemaal vast? Je mist misschien een belangrijke afspraak, of bent pas veel later thuis dan verwacht. Of kun je misschien beter thuisblijven, tot de file is opgelost? Voor jou enorm vervelend, voor logistieke bedrijven zijn dit soort opstoppingen een belangrijke kostenpost. Hoe beter de snelste weg en exacte reistijd te voorspellen is, hoe efficiënter hun schema's.

## **Vol patronen**

Het Nederlandse hoofdwegennet wordt volledig gemonitord met behulp van sensoren. Met ruim vijftienduizend sensoren langs de belangrijkste wegen wordt de gemiddelde snelheid en de doorstroom van voertuigen iedere minuut uitgelezen en opgeslagen bij Rijkswaterstaat. Dit zorgt ervoor dat het verkeer goed in kaart kan worden gebracht. Dankzij al deze gegevens is TNO in staat met behulp van algoritmes patronen te herkennen. Hierdoor is de reistijd, zonder onverwachte gebeurtenissen, vrij precies te voorspellen.

Maar een onverwachte gebeurtenis kan alles platleggen. Een sneeuwstorm of een omgevallen vrachtwagen kunnen uren vertraging opleveren. Dit soort vertragingen blijft vaak niet beperkt tot de weg waarop de opstopping startte, maar kan grote gevolgen hebben voor nabijgelegen wegen. Op- en afritten staan vast, alternatieve routes slibben dicht en het verkeer kan urenlang stilstaan.

Onverwachte verstoringen komen in vele vormen. Er kunnen ongelukken gebeuren waardoor een deel van de rijstroken moet worden afgesloten. Plotselinge weersomstandigheden kunnen een andere snelheid vereisen. Ook voorziene omstandigheden kunnen zorgen voor verstoringen. Wegwerkzaamheden, evenementen, of te weinig capaciteit. Met terugwerkende kracht kunnen de effecten van de verstoringen worden geïdentificeerd. 'Afhankelijk van de oorzaak zien we andere vormen in de filevorming', legt opdrachtgever Taoufik Bakri van TNO uit, 'zo kan een plotselinge regenbui zorgen voor een lokale schokgolf in de snelheid, terwijl een ongeluk zorgt voor een opbouw van stilstaand verkeer.'

## **Korte sprint**

Onderzoeksinstituut TNO vraagt zich af hoe de reistijd nog beter kan worden voorspeld, ook in onverwachte situaties. Bakri: 'dit is een antwoord waar mensen echt op zitten te wachten, hoe beter de voorspelling hoe beter de situatie op de weg. Vooral logistieke bedrijven kunnen hier veel voordeel uit halen.' Niemand neemt nu nog alternatieve routes mee in de berekeningen. 'Als je van Amsterdam naar Groningen rijdt, en er is in de buurt van Groningen een incident, kan deze al lang opgelost zijn tegen de tijd dat je daar bent, of juist geëscaleerd,' legt Bakri uit, 'de routeplanners nemen alleen de huidige situatie mee in de tijd- en routeberekening.'

Als instituut verbindt TNO wetenschappers en de markt in dit soort lastige vragen. Ze innoveren met behulp van korte sprints. Bakri: 'we willen graag snel kijken of bepaalde methoden veelbelovend kunnen zijn.' Dit sluit goed aan bij de manier van werken in de SWI-week. De wiskundigen hebben verschillende invalshoeken, waardoor de discussies interessante oplossingsrichtingen opleveren.

Een van de wiskundigen in het project, Jacobien Carstens, herkent die samenwerking. 'Zelf heb ik een sterke wiskundige basis op het gebied van netwerken, anderen in de groep waren juist gespecialiseerd in abstracte grafen-theorie. Vanwege mijn achtergrond koos ik voor deze case: ik verwachtte zeker wat te kunnen bijdragen.' Voor de wiskundigen is het even een uitdaging om het probleem in korte tijd goed te leren kennen. 'Hierbij hielp het dat Taoufik een achtergrond in wiskunde-onderzoek heeft, hierdoor kon hij de case gemakkelijk voor ons vertalen.' Tijdens eerste brainstormsessies vonden de wiskundigen al snel eerste onderzoeksrichtingen, waar in kleinere groepen aan verder werd gewerkt.

### **Kwetsbare wegen**

De wiskundigen stortten zich vooral op de kwetsbaarheid van wegen. Carstens: 'hoe meer uitwijkmogelijkheden een weg in het globale wegennet heeft, hoe minder kwetsbaar de weg is.' Automobilisten kiezen al snel een andere route en de fileopbouw blijft beperkt. De kwetsbaarheid van een weg in het wegennet is een belangrijke maat binnen dit project.

In Nederland ligt een wegennet met vele mogelijkheden. De belangrijkste wegen zijn de snelwegen, aangegeven met de letter A en een getal. De A2 loopt bijvoorbeeld van Amsterdam via Utrecht en Eindhoven naar Maastricht. Daarnaast zijn er een aantal provinciale wegen die door hun ligging belangrijk zijn voor het globale wegennet. Verder zijn er vele 'secundaire' provinciale en stedelijke wegen, die in dit stuk buiten beschouwing worden gelaten.

Wanneer er een ongeluk gebeurt op een van de wegen in het netwerk, hebben automobilisten grofweg twee keuzes. Ze kunnen ervoor kiezen hun geplande weg te blijven volgen, daarmee dragen ze bij aan verstoring en filevorming op de getroffen weg. Ze kunnen ook een nieuwe route kiezen, en daarmee uitwijken van de getroffen weg. Hoeveel automobilisten hiervoor kiezen hangt af van de uitwijkmogelijkheden, en dus van de kwetsbaarheid van de weg.

### **Voorspelbaarheid**

Hoe kwetsbaarder een weg, hoe makkelijker het scenario te begrijpen en beschrijven is. Als er geen enkele uitwijkmogelijkheid is, zal het verkeer stilstaan en de file opbouwen tot de verstoring is verholpen. 'We geven deze weg de maximale kwetsbaarheid '1' mee', vertelt Carstens, 'als de route er eigenlijk niet toe doet, en er vele gelijkwaardige uitwijkmogelijkheden zijn, geven we de weg kwetsbaarheid '0'.'

Om de kwetsbaarheid van alle wegen in het netwerk te bepalen, kozen de wiskundigen voor een methode waarin het netwerk wordt beschreven als een zogeheten 'gewogen graaf'. Hierin bestaan knooppunten en gestrekte wegen. Voor elk stuk weg tussen de knooppunten is de reistijd vastgesteld met behulp van Google Maps. De kortste route tussen twee punten wordt bekeken, en het verschil met mogelijke alternatieve routes is onderzocht. Aan de hand van het aantal mogelijke alternatieven en de winst in reistijd wordt zo de kwetsbaarheid bepaald.

Voor de wiskundigen was de praktijksituatie een nieuw soort uitdaging. Carstens: 'Vaak werken we met meer abstracte wiskunde.' In dit project leverde TNO juist veel data van

voorbeeldsituaties uit de praktijk. Bakri: 'Juist dit project had enorm veel data. Dat leek een voordeel maar leverde voor de wiskundigen ook veel gepuzzel op.' Carstens: 'We besloten om eerst een model uit te werken aan de hand van een klein netwerk.'

Het model werd veelvuldig getoetst en verbeterd aan de hand van de bestaande data. De uitkomsten bleken vaak anders dan verwacht. 'We wisselden theorie en data af om het model te optimaliseren', legt Carstens uit.

### **Veelbelovend**

Voor de wiskundigen was dit project heel waardevol. Carstens: 'het is leuk om je in een praktijksituatie te verdiepen met een team dat in verschillende richtingen denkt.' Daardoor duurde het even voor de wiskundigen elkaar én het probleem goed begrepen, maar het leverde wel nieuwe kennis en creatieve oplossingen op.

De oplossingsrichtingen die de SWI-wiskundigen hebben aangedragen zijn een goede start voor verder onderzoek. Taoufik Bakri gaat zich hierin verder verdiepen: 'en dan kan er eventueel een afstudeerstudent mee aan de slag.' Uiteindelijk is het doel van TNO om een werkend algoritme te ontwikkelen. Bakri; 'we ontwikkelen niet helemaal door tot een volledige toepassing, hierin werken we samen met de markt.'

Een robuust en werkend algoritme zou kunnen worden doorontwikkeld binnen een spin-off, of bijvoorbeeld in samenwerking met een ingenieurbureau. Bakri: 'ideaal gezien hopen we binnen twee tot drie jaar een werkende oplossing te hebben, daar zullen we vast veel mensen blij mee maken!'