

Data-gedreven ontwerp en iteratieve inzet van anticiperende verkeersmanagementmaatregelen

Erik-Sander Smits (Arane Adviseurs)
Bob Dodemont (Obligato verkeersadvies)
Joan Mertodirjo (Zuid-Holland Bereikbaar)

voor het Nationaal Verkeerskundecongres 2023



Samenvatting

Om een goed keuzeadvies te geven voor verschillende route alternatieven dient geanticipeerd te worden op veranderingen in de reistijd. Congestie kan snel op- of afbouwen waardoor achteraf gezien de verkeerde keuze is gemaakt. Dit paper beschrijft een methode om zo'n voorspellende regelaanpak te implementeren.

Een belangrijk ingrediënt daarvan is een data-gedreven ex-ante analyse waarmee verschillende ontwerpen van de aanpak getoetst kunnen worden. De methode is succesvol toegepast voor 8 keuzepunten nabij de A4 en A13 tussen Den Haag en Rotterdam. Het reistijdadvies is aantoonbaar verbeterd en zo'n 2-3% van het verkeer kiest op basis van het advies een andere route.

Anticiperend verkeersmanagement

Op veel plekken van het hoofdwegennet hebben weggebruikers de keuze tussen alternatieve routes. Op een aantal van die locaties wordt met Dynamische Routeinformatie Panelen (DRIP's) en/of Grafische Routeinformatie Panelen (GRIP's) informatie gegeven over de reistijd of doorstroming van beide routes. Die informatie is gebaseerd op de actuele reistijden. Wanneer de situatie verandert, kan het zijn dat achteraf de keuze niet juist was. In dit paper beschrijven we een regelaanpak om te anticiperen op wijzigende omstandigheden. Deze data-gedreven methode is toegepast en geëvalueerd op de A4 en de A13 tussen Den Haag en Rotterdam.

Dagelijkse filevorming op de A4 tussen Den Haag en Rotterdam, mede veroorzaakt door fileverplaatsingssysteem bij de Ketheltunnel, is aanleiding geweest om te onderzoeken of de aanwezige regelruimte op de parallel lopende route A13 beter kan worden benut. Dit door het tonen van verbeterde routeinformatie op DRIP's van Rijkswaterstaat, provincie Zuid-Holland en gemeente Den Haag. Onder leiding van Zuid-Holland Bereikbaar (ZHB) is met de zogenaamde 'Moving Traffic' aanpak, op een data-gedreven manier, gezocht naar mogelijkheden om tot optimalisatie van het huidige verkeersmanagementsysteem te komen. Proefondervindelijk, iteratief (in meerdere sprints) en met de nodige lef door af te wijken van de standaard. Dit heeft geleid tot een praktische toepassing van anticiperend verkeersmanagement met een aanpak die ook elders gebruikt kan worden.

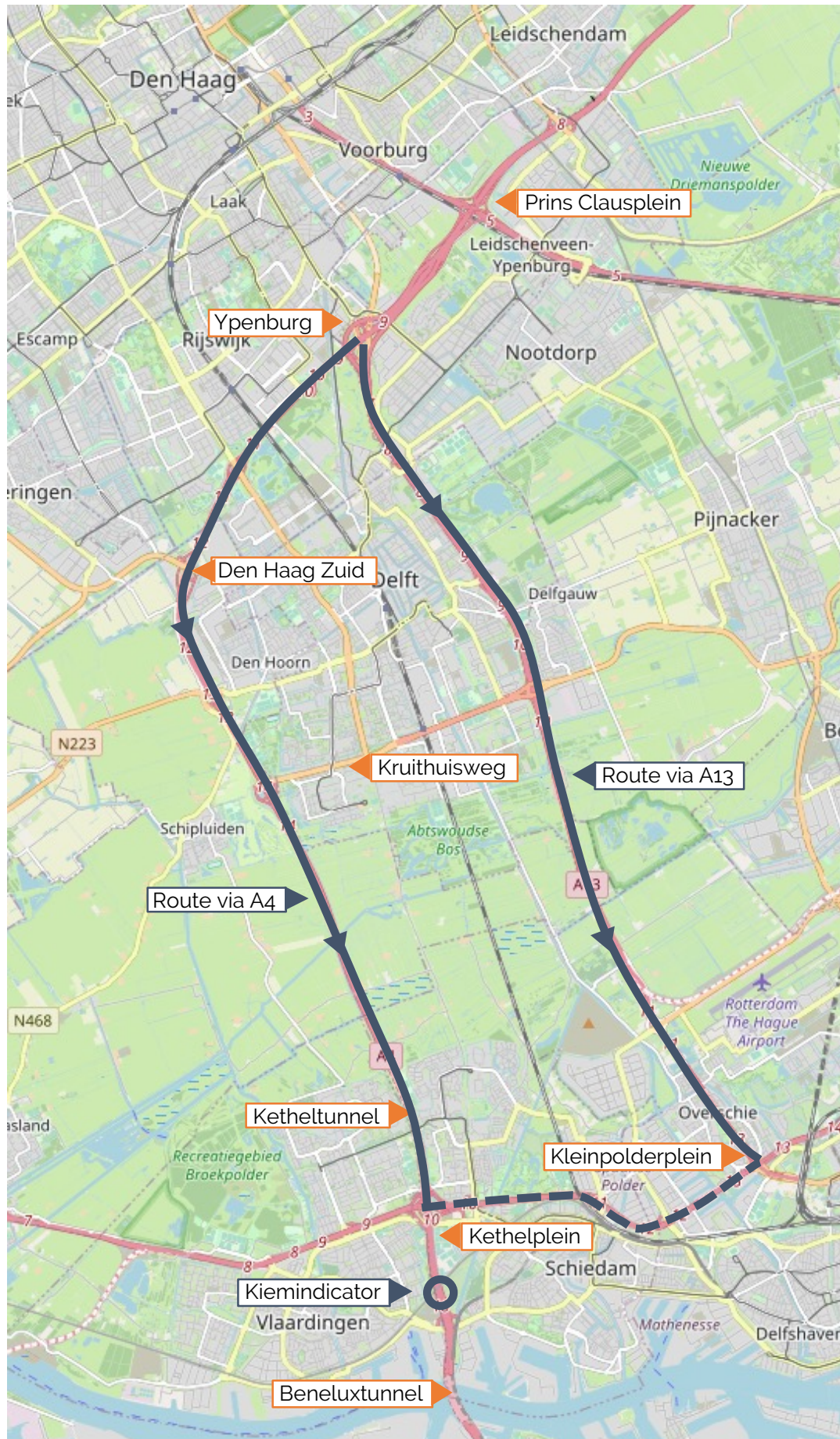
Dilemma betrouwbaarheid actuele reistijden

Het lastige van het geven van route-advies, is dat de ervaren reistijd van een weggebruiker vaak anders is dan de gemeten reistijd bij aanvang van de route, zeker bij langere reistijden en reisafstanden. Files en wachtrijen hebben namelijk zelden een constante omvang. Gedurende de spits groeien en krimpen ze voortdurend. Dit is een zeer dynamisch proces in de tijd. Om goed advies te geven over routes is een nauwkeurige voorspelling van de daadwerkelijke reistijden nodig. Hoewel het lastig is om reistijden te voorspellen, kan een groeiende file verderop veel informatie geven over de reistijdontwikkeling. Onze methode maakt gebruik van de file-situatie stroomafwaarts van de route alternatieven om te 'voorspellen' wanneer de routes zelf vastlopen.

Voor de A4 specifiek wordt de congestie bij de Beneluxtunnel gebruikt (de kiemindicator) om te bepalen wanneer het Fileverplaatsingssysteem van de Ketheltunnel actief wordt. Dan komt namelijk het verkeer voor de tunnel gedwongen tot stilstand en ontstaan er stroomopwaarts schokgolven en stationaire files. Door hierop te anticiperen krijgen weggebruikers die van Den Haag naar Rotterdam rijden en een keuze hebben tussen routes via de A4 en de A13, een betrouwbaarder route-advies. (zie Figuur 1)

Methode op hoofdlijnen

De kern van de methode is het voorspellen van terugslag door kiemindicatoren elders in het netwerk te gebruiken voor het route-advies. De basisingrediënten voor de methode zijn twee concurrerende routes en bijbehorend keuzepunt(en) met routeinformatie panelen. De resulterende regelaanpak geeft een advies om de hoofdroute of het alternatief te kiezen; er wordt dus geen getalsmatige reistijdinformatie gegeven.



Figuur 1 Situatieschets anticiperend regelen A4/A13

Om tot een goed functionerende regelaanpak te komen, worden de volgende processen doorlopen:

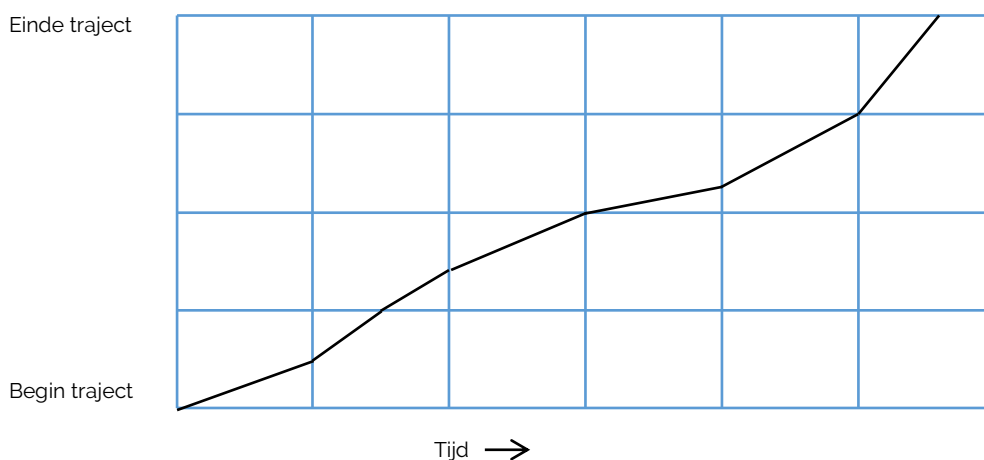
1. **Ex-ante probleemanalyse:** in deze fase wordt onderzocht hoe concurrerend de alternatieve routes zijn, waar de fileknelpunten zich bevinden en welke kiem-indicatoren een voorspellende waarde hebben. De potentie van de maatregel wordt in kaart gebracht en basis voor de regelaanpak wordt gelegd.
2. **Ontwerpen regelaanpak:** In deze fase wordt een de regelaanpak ontworpen en gespecificeerd. Hiermee worden de benodigde aanpassingen van instellingen binnen de bestaande verkeersmanagementsystemen duidelijk. Voor de implementatie van de methode zijn geen aanvullende systemen danwel algoritmieken nodig.
3. **Verkeerskundige evaluatie en onderhoud:** Na implementatie van de regelaanpak wordt met testen en evalueren nagegaan of de systemen (verkeerskundig) naar behoren werken. Dit kan aangepast worden met kort-cyclische evaluaties waarbij eventueel steeds aanpassingen worden gedaan.

In het vervolg van het artikel beschrijven we de verschillende processen uitvoeriger en lichten we deze toe aan de hand van het regelgebied bij de A4/A13. De methode is op 8 verschillende keuzepunten rond de A4 en A13 toegepast.

1. Ex-ante probleemanalyse

Een ex-ante analyse (een analyse 'vooraf') op basis van historische data laat zien wat de mogelijke effecten zijn van de maatregelen en wat de kwaliteit van het reistijdadvies is. Deze wordt uitgevoerd met de wens om zo betrouwbaar mogelijke informatie aan de weggebruiker te geven, en daarmee het verkeer zo goed als mogelijk te verdelen over de alternatieve routes. Dit wordt gedaan met een beoordelingskader waarin de 0-situatie (huidige aanpak van tonen reistijden) en de potentiële anticiperende maatregelen worden getoetst.

Eerst wordt vastgesteld welke route daadwerkelijk het snelst gaat zijn wanneer een voertuig bij het keuzepunt is (de ground truth). We gebruiken hiervoor de zogeheten trajectorie-reistijd. Deze methode telt de reistijden van route-segmenten op, rekening houdend met de tijd die nodig is om naar ieder segment te komen, zie Figuur 2. Daarvoor is dus informatie 'uit de toekomst' nodig zodat de trajectorie-reistijd alleen achteraf kan worden bepaald.



Figuur 2 Om de trajectorie reistijd voor hele traject te bepalen wordt een fictief voertuig door tijd-ruimte geschoten. De voertuigsnellheid in een vak is steeds gelijk aan de meetwaarde voor die locatie voor die minuut.

Aanvullende analyses vooraf

Om de potentie van de verbetering van de reistijdinformatie te bepalen is naast de ex-ante analyse, een selected link analyse uitgevoerd met gegevens uit het MRDH-model. Daarbij is de omvang van de te bereiken doelgroep vanuit herkomsten en bestemmingen bepaald. Daarnaast hebben 700 respondenten vanuit het RWS klantenpanel in een enquête aangegeven welke waarde ze hechten aan de reistijdinformatie op de DRIP's en GRIP's en hoe begrijpelijk deze is. Ook is gevraagd (stated preference) bij welke reistijdverschillen tussen beide routes via resp. A4 en A13-A20 ze een andere route zouden kiezen.

De ground truth van de trajectorie reistijden gebruiken we vervolgens om een zogeheten 'verwarringsmatrix' in te vullen. In die matrix wordt geteld hoe vaak een advies van de regelaanpak juist of onjuist was. Hiervoor moeten de adviezen op basis van reistijden geclassificeerd zijn; dit doen we door onderscheid te maken tussen de volgende situaties:

- De hoofdroute is het snelst (reistijdverschil met het alternatief is minimaal 5 minuten)
- Het alternatief is het snelst (reistijdverschil met de hoofdroute is minimaal 5 minuten)
- Beide routes zijn ongeveer even snel (reistijdverschil is minder dan 5 minuten)

We kiezen voor een reistijdverschil van 5 minuten omdat er altijd sprake is van meetfouten en dat bovendien de perceptie van ervaren reistijden door weggebruikers niet accuraat is. We hebben enquête-onderzoek uitgevoerd waaruit bleek dat 65% van de weggebruikers de route aanpast als het verschil groter is dan 5 minuten. Met de derde optie impliceren we dat het niet uitmaakt welke route wordt gereden wanneer het reistijdverschil kleiner is dan vijf minuten. Voor een te beoordelen regelaanpak kan de verwarringsmatrix als volgt worden ingevuld, per minuut wordt er bepaald waarvan sprake is:

- **'Waar negatief'**: er wordt geadviseerd de hoofdroute te volgen en de alternatieve route is *niet* minimaal 5 minuten sneller
- **'Waar positief'**: er wordt geadviseerd de alternatieve route te volgen en de hoofdroute is *niet* minimaal 5 minuten sneller
- **'Fout negatief'**: er wordt geadviseerd de hoofdroute te volgen, maar de alternatieve route is minimaal 5 minuten sneller
- **'Fout positief'**: er wordt geadviseerd de alternatieve route te volgen, maar de hoofdroute is minimaal 5 minuten sneller

Hierbij zijn de genoemde reistijden steeds de ground truth reistijden op basis van de trajectorie-methode. Het ultieme doel van een regelaanpak is om alleen **waar negatief** en **waar positief** te hebben en daarmee de snelste route altijd juist voorspeld te hebben. Voor het invullen van de matrix doorlopen we een aantal stappen.

De eerste stap is het beoordelen van het 0-scenario waarbij de weggebruiker een keuze maakt op basis van de huidige reistijden op de DRIP's. Dat is een regelaanpak die gebruik maakt van instantane reistijden (de som van reistijden op alle route-segmenten gemeten op één moment). Op de instantane reistijden wordt dezelfde classificatie van waar/fout positief/negatief toegepast als op de trajectorie reistijden. In Tabel 1 is dit voor de A4/A13 op het keuzepunt Ypenburg voor de routes naar het Kethelplein toegepast.

Tabel 1: Verwarringstabel keuzepunt Ypenburg zonder regelaanpak. Waar negatief = lichtgroen, waar positief = donkergroen, fout negatief = lichtoranje, fout positief = donderoranje

Percentage van de tijd per situatie		Daadwerkelijk situatie		
		A4 sneller	Ongeveer gelijk	A13/A20 sneller
Advies op basis van instantane reistijden	A4 sneller	0,2 %	1,5 %	0,4 %
	Ongeveer gelijk	0,7 %	79,0 %	6,5 %
	A13/A20 sneller	0,1 %	5,2 %	6,4 %

Uitgaande van deze instantane reistijden geldt voor het keuzepunt bij knooppunt Ypenburg dat 7% van de tijd in de avondspits niet wordt geadviseerd om de route via de A13 te kiezen, terwijl deze daadwerkelijk sneller was. In 7% van de tijd (foutnegatief) werd dus onterecht niet het advies gegeven om via de A13 te reizen. Andersom was het advies om via de A13 te rijden bijna altijd juist (slecht 0,1% van de tijd bleek de A4 achteraf toch sneller). Oorzaak hiervan is het activerende Fileverplaatsingssysteem van de Ketheltunnel. Daarbij wordt de tunnel volledig afgesloten en groeit de file op de A4 snel aan.

In de ex-ante analyse zijn vervolgens meerdere ontworpen regelaanpakken gescoord en vergeleken. De beste regelaanpak maakt gebruik van de **kiemindicator** voor terugslag van file vanaf de Beneluxtunnel naar de Ketheltunnel. Deze indicator geeft aan wanneer de file aangroeit tot aan de Ketheltunnel. Voor het activeren van de kiemindicator wordt de snelheid van een meetraai ten noorden van de Beneluxtunnel gebruikt; deze had de beste voorspellende waarde.

De regelaanpak adviseert reizigers nu ook de A13 te nemen wanneer de kiemindicator actief is en de instantane reistijd ongeveer gelijk. Met deze aanpak wordt het verkeer veel vaker terecht via de A13 geleid en wordt nog maar 1% van de tijd niet het advies gegeven om via de A13 te rijden, terwijl deze sneller was. Daarnaast wordt slechts 0,5% van de tijd onterecht geadviseerd om via de A13 te gaan (terwijl de A4 toch sneller was). Een hele verbetering dus. Tabel 2 toont de volledige nieuwe verwarringsmatrix waarin de A13 wordt geadviseerd wanneer de kiemindicator actief is.

Tabel 2: Verwarringsmatrix van regelaanpak met kiemindicator

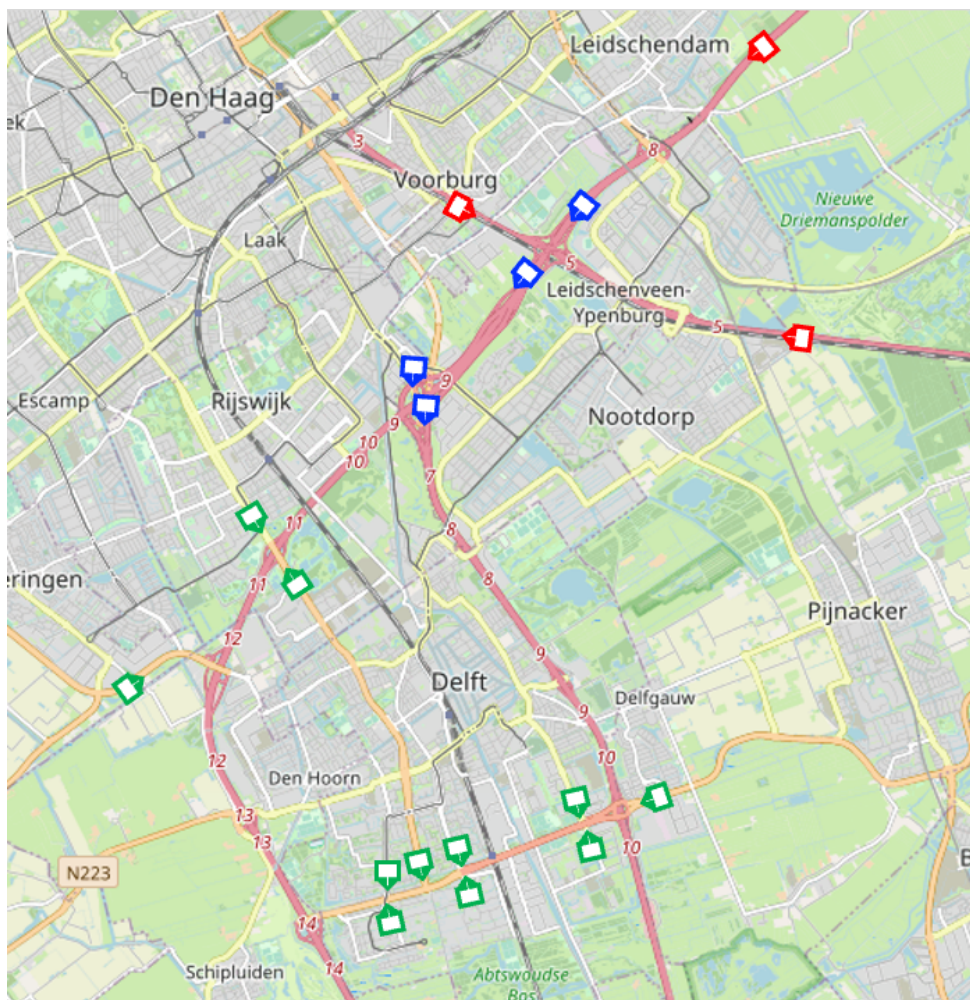
Percentage van de tijd per situatie		Daadwerkelijk situatie		
		A4 sneller	Ongeveer gelijk	A13/A20 sneller
Advies op basis van de regelaanpak met kiemindicator	A4 sneller	0,2 %	1,5 %	0,4 %
	Ongeveer gelijk	0,1 %	60,3 %	0,6 %
	A13/A20 sneller	0,6 %	24 %	12,3 %

Ontwerpen regelaanpak

Met het ontwerp van de regelaanpak wordt vastgelegd onder welke condities welke route wordt geadviseerd. Verschillende varianten van de regelaanpak kunnen met de nu beschikbare ex-ante analyse worden getoetst. De volgende aspecten kunnen gevarieerd worden:

- **Definitie kiem-indicator:** deze kunnen gebruik maken van meetlussen of Floating Car Data (FCD)-reistijdtraject. Locatie en grenswaardes kunnen worden gevarieerd. Bij welke conditie heeft de kiem-indicator de beste voorspellende waarde?
- **Voorwaarde kiem-indicatoren:** welke beslisregels worden genomen om gegeven een actieve kiem-indicator tot een advies te komen?
- **Eindpunt routepaar:** wat is het einddoel van het routeadvies? Vaak zijn er meerdere knooppunten in het netwerk die als einddoel kunnen fungeren. Ook kan de ring Rotterdam als einddoel worden opgegeven

Bij het regelgebied A4/A13 is gestart met drie DRIP's bij het keuzepunt ter hoogte van knooppunt Prins Clausplein en Ypenburg (de **rode** DRIP's in figuur 3). Hier wordt advies gegeven voor de snelste route naar knooppunt Kethelplein: via de A4 of de A13/A20. Vervolgens is stapsgewijs het aantal DRIP's en GRIP's uitgebreid voor dit keuzepunt (de **blauwe** locaties). De GRIP's hebben daarbij een ondersteunende rol bij het advies op de DRIP's, omdat ook de locatie van de reistijdvertraging wordt getoond. Daarna zijn er in totaal nog 7 keuzepunten vanaf het stedelijk wegennet van Den Haag en Delft toegevoegd (de **groene** locaties).



Figuur 3: Gebruikte DRIP's en GRIP's in het regelgebied.

Het eindpunt voor het advies is afhankelijk van de locatie van het keuzepunt en de meest effectieve maatregel. Zo wordt bij Den Haag-Zuid advies gegeven richting KP Kleinpolderplein omdat die routes het meest met elkaar concurreren. Op de Kruithuisweg (N470) bij Delft wordt advies gegeven richting de ring Rotterdam, dus daar eindigt de A4 route bij knooppunt Kethelplein en de A13 route bij knooppunt Kleinpolderplein.

Voor alle keuzepunten is de kiem-indicator bij de Beneluxtunnel gebruikt; de exacte locatie is gekozen met behulp van de beste scorende verwarringsmatrix.

Voor de technische implementatie is gebruik gemaakt van de bestaande mogelijkheden van scenario's binnen de Netwerk Management Systemen van RWS en Provincie Zuid-Holland. De regelaanpak werkt volledig automatisch op basis van reistijdmetingen en filedetectie. De tekststrategie per DRIP is gekozen op basis van de meest effectieve regelaanpak volgens de ex-ante analyse. De belangrijkste beslisregels staan beschreven in het schema van Tabel 3. Figuur 4 toont de gekozen DRIP-teksten.

Tabel 3: Mogelijke tekststrategieën A t/m D

	Geen kiemindicator	Wel kiemindicator
Geen drukte	A – Toon reistijdinformatie voor beide routes	B – Advies: File bij Ketheltunnel: A13 sneller
A4 (als laatst) minimaal 5 minuten sneller	D – Advies: A4 sneller	D – Advies: A4 sneller
A13 (als laatst) minimaal 5 minuten sneller	C – Advies: A13 sneller	B – Advies: File bij Ketheltunnel: A13 sneller

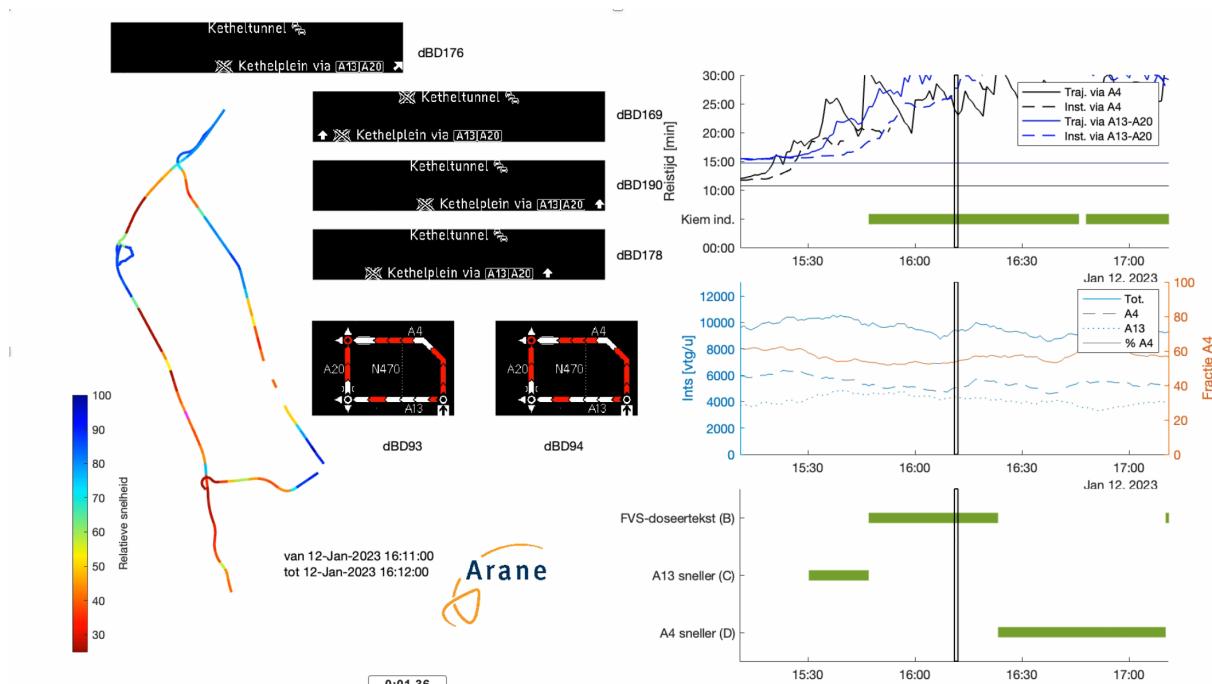
Buiten ziet de weggebruiker dat in een aantal gevallen de routes voor de reistijden die standaard getoond worden zijn aangepast (omdat bij de oude instellingen een ander einddoel werd getoond). Daarnaast zijn een 2-tal DRIP's omgebouwd tot GRIP.



Figuur 4: DRIP-teksten

Verkeerskundige evaluatie en onderhoud

Voor het testen en evalueren van de regelaanpak is het van belang dat de werking van de aanpak inzichtelijk wordt gemaakt. Door verschillende databronnen samen te brengen in een analysetool is geanalyseerd of de DRIP's op de juiste manier worden ingezet. Figuur 5 toont een screenshot van de analysefilm die voor de A4/A13 wordt gebruikt. Hierin zijn de DRIP-teksten, reistijden op de verschillende routes, intensiteiten en keuzefracties en ingezette scenario's getoond.



Figuur 5: Analysetool verkeerskundige evaluatie en -onderhoud

Na implementatie van de regelaanpak is met deze tooling een aantal kort-cyclische evaluaties uitgevoerd. Ten eerste is een aantal onjuistheden in de implementatie en configuratie aangepast die niet aan het licht waren gekomen bij de implementatie. Daarna zijn optimalisaties in de aanpak doorgevoerd:

- Op drukke momenten (met hoge reistijden op beide routes), waarbij er minder dan 5 minuten reistijdverschil is, soms een hoge reistijd op de DRIP's getoond. Deze week af van de trajectorie reistijd en dat was niet in lijn met de regelfilosofie om een betrouwbaar reistijdadvies te geven. Om dat te verhelpen wordt bij drukte nu altijd een advies gegeven op basis van de route die *als laatste* 5 minuten sneller was.
- Wanneer de kiem-indicator actief was en de A4 route ongeveer 5 minuten sneller was, kon het voorkomen dat er tussen twee tekststrategieën gewisseld werd. Alhoewel het voor de weggebruiker geen probleem is, die passeert de DRIP immers maar eenmaal, is het wenselijk om een meer stabiel advies te geven voor een evenwichtige verdeling van het verkeer. Om dit te realiseren moet de A13 nu weer *minimaal 5 minuten sneller* zijn voordat deze weer geadviseerd wordt.
- De acht keuzepunten van de regelaanpak komen overeen met de bestaande keuzepunten voor het fileverplaatsingssysteem van de Ketheltunnel. Omdat de nieuwe aanpak beter presteert is besloten dat de nieuwe regelaanpak het tot dat moment actieve fileverplaatsingssysteem-scenario vervangt. De aanpak hield echter nog geen rekening met incidentele gevallen waarbij er terugslag is vanaf de A20. De voorwaarden hiervoor zijn toegevoegd aan de nieuwe regelaanpak zodat deze consistent zijn.

Effectiviteit van de maatregel

Voor de regelaanpak is een eindevaluatie uitgevoerd met bijna een heel jaar aan data. Er is gefocust op het eerste keuzepunt waar de aanpak voor is uitgewerkt, met de adviezen op de rode en blauwe DRIPs uit Figuur 3. In de evaluatie is de 1-meting (vanaf februari 2022) vergeleken met de 0-meting uit het jaar daarvoor.

In die periode is in de avondspits 66% van de tijd een advies gegeven over de snelste route. Meestal werd weggebruikers aanbevolen de route via de A13/A20 te kiezen; 13% van de tijd is geadviseerd om op de A4 te blijven. Dit bevestigt de hypothese dat er vaak regelruimte op de A13 beschikbaar is bij filevorming op de A4.

In detail zijn de effecten van de maatregel op het keuzegedrag van de reizigers onderzocht. Er is gekeken naar de splitfracties bij keuzepunt Ypenburg 10 minuten vóór en ná het wijzigen van de tekst op de DRIP. Als wordt getoond dat de A13 of de A4 sneller is maken gemiddeld 250 voertuigen per uur een andere keuze en kiezen ze de geadviseerde snellere route. Daarmee zien we ook de splitfractie 2 tot 3 procentpunt toenemen op de snellere route. Bijna 13% van het verkeer bij Ypenburg heeft een bestemming voorbij knooppunt Kethelplein. Dat is de doelgroep. (bepaald met een selected link analyse uit het MRDH verkeersmodel). Dit betekent dat we 16% tot 23% van de doelgroep overtuigen om de keuze aan te passen o.b.v. het advies voor de snelste route.

Voor algemene verkeerskundige effecten zoals verkeersintensiteit en voertuigverliesuren zien we een structurele toename in de 1-meting. Dit kan worden toegeschreven aan de effecten van coronamaatregelen gedurende de 0-meting. Door de wisselende filepatronen van dag-tot-dag was het ook niet mogelijk een significant verschil te vinden wanneer we overeenkomstige dagen qua drukte met elkaar vergelijken. Wat dat betreft is het effect van de maatregel verloren gegaan door andere invloeden (m.n. corona) op het verkeerssysteem.

Conclusie

De Moving Traffic aanpak heeft een nieuwe methodiek voor anticiperend regelen ontworpen die generiek toepasbaar is op andere plaatsen. Locaties waarbij er sprake is van congestie op een of meer van de route alternatieven, komen in aanmerking. Uiteraard moet er wel verkeersmanagement-instrumentarium beschikbaar zijn om het verkeer te kunnen regelen.

Met een ex-ante analyse kan aangetoond worden hoe concurrerend routes zijn, en met welke aanpak het beste (anticiperend) advies gegeven kan worden. Daarbij wordt gebruik gemaakt van kiemindicatoren om reistijden *te voorspellen*.

Na implementatie kan met analysetools verkeerskundig onderhoud worden gepleegd om zo de effectiviteit te blijven monitoren en de maatregel te optimaliseren. In het geval van de A4/A13 gaat bijvoorbeeld bij de toekomstige ingebruikname van het nieuwe deel van de A16 opnieuw gekeken worden naar gebruik van routes en de kwaliteit van het reistijdadvies.

Met de toekomstige mogelijkheden van in-car informatie kan de methode worden toegepast voor het geven van betrouwbare routeadviezen aan de weggebruiker.

Dit project is tot stand gekomen met subsidies van het Rijk, MRDH en provincie Zuid-Holland.