

# Paper GLOSA enabled corridors

Ten behoeve van Nationaal Verkeerskundecongres 2022

## Aanleiding

Binnen het ecosysteem van de iVRI wordt informatie uitgewisseld tussen verkeerslichtenregelingen en zogenaamde connected voertuigen waardoor nieuwe use cases mogelijk zijn, zoals GLOSA.

De GLOSA use case staat voor Green Light Optimal Speed Advisory en heeft tot doel het gedrag van weggebruikers positief te beïnvloeden, zodat ze met meer comfort, minder verlies en minder uitstoot kruispunten passeren. De connected weggebruiker krijgt hiervoor een snelheidsadvies. Door het opvolgen van dit advies gaat het voertuig comfortabel door groen, waardoor remmen en accelereren tot een minimum wordt beperkt, met minder uitstoot als gevolg.

De verkeerslichtenregelingen in iVRI's zijn zogenaamde ITS Applicaties die voldoen aan de eisen voor ondersteuning van connected weggebruikers. Een van deze applicaties is ImFlow, een adaptieve netwerkregeling die de wegbeheerder de tools biedt om het verkeer te regelen op basis van beleidsdoelstellingen, waarbij gestuurd wordt op de gewenste balans tussen de verschillende modaliteiten.

Vanuit de wegbeheerders is er een sterke wens voor het creëren van zogenaamde GLOSA enabled corridors. Kortom het beste van twee werelden; beleid gestuurd optimaliseren van de verkeersstromen en middels snelheidsadviezen (GLOSA) het comfort verhogen en de uitstoot verminderen.

## Onderzoeksvragen

De GLOSA use case is op Europees niveau uitgebreid onderzocht. Een van de eerste omvangrijke simulaties vond plaats in het PREDRIVE C2X programma in 2011. De conclusies geven aan dat de GLOSA use case potentieel tot 7% brandstofreductie leidt. In vervolgstudies kwam naar voren dat informatie over de wachtrijen noodzakelijk is om tot een juist snelheidsadvies te komen. Wat ook opvalt, is dat de studies uitgaan van fixed time regelingen. Een onderzoek door provincie Noord-Holland (pilot 4G5) concludeert dat “voor een goede, betrouwbare werking van de GLOSA-functionaliteit, nog verdere ontwikkeling nodig is. Het gaat hierbij met name om het genereren van betere voorspellingen van de timing in de iVRI”.

Dit onderzoek richt zich op de onderstaande drie vragen:

- De eerste vraag is of het maken van een “reservering” in een adaptieve regeling, zodat het groen voor het peloton wordt “gegarandeerd”, mogelijk is zonder dat dit de regeling nadelig beïnvloedt;
- De tweede vraag is wat de te verwachten nauwkeurigheid, betrouwbaarheid en bruikbaarheid is van het snelheidsadvies vanuit een adaptieve netwerkregeling (c.q. een ITS Applicatie) op een GLOSA enabled corridor;
- De derde vraag is hoe toekomstvast de oplossing is in vergelijking met alternatieve oplossingen.

## Onderzoeksmethode

De onderzoeken vinden plaats in zowel simulatie als real-life omgeving. Als basis voor de onderzoeken is gebruik gemaakt van de adaptieve ITS Applicatie ImFlow op een streng van kruispunten op de Deurneseweg in Helmond. Dezelfde regeling kan zowel in simulatie als in real-life draaien.

Datum  
27 mei 2022

Ons kenmerk  
HAV22021

Paper  
GLOSA enabled corridors

In de simulatie omgeving zijn de kruispunten en voertuigen vervangen door een VISSIM model. In de real-life omgeving zijn de kruispunten voorzien van iVRI's van Dynniq. De iVRI's zijn uitgerust met hybride RIS-en waardoor de informatie zowel via cellulaire als short range communicatie te ontvangen is. Een aantal testvoertuigen is voorzien van OBU's (onboard units) of apps die de snelheidsadviezen weergeven. Ontwikkeling en beproevingen hebben plaatsgevonden in het kader van het MobilityMoveZ programma (MMZ-GLOSA).

Op basis van de actuele verkeerssituatie (staande wachtrij, aankomend verkeer, prioriteitsaanvragen en aanvragen voor het langzaam verkeer, etc) berekent ImFlow (de ITS Applicatie) iedere seconde de optimale regeling over een planningshorizon.

Vervolgens zoekt ImFlow in het aankomende verkeer (op de arm) naar pelotons van minimaal 'm' voertuigen, waarvan tenminste 'n' voertuigen CAM berichten uitzenden. Voor ieder peloton wordt op basis van de planning een snelheidsadvies berekend, rekening houdend met de staande wachtrij en het aankomende verkeer. ImFlow gebruikt hiervoor een car-following model om het verkeer op een arm te modelleren. Ook gebruikt ImFlow datafusion (van detectie informatie en CAM-data) voor het verrijken van het model.

Als het snelheidsadvies binnen de veiligheidsgrenzen (van minimale en maximale snelheid) valt, wordt het uitgestuurd middels de SPAT data. Als het peloton vervolgens het advies opvolgt, passeert het zonder te stoppen het kruispunt.

Omdat een adaptieve regeling continue een optimale planning bepaalt, kan het voorkomen dat de planning dusdanig wijzigt dat een afgegeven snelheidsadvies niet meer geldig is. Om dit probleem op te lossen is het concept "promise" geïntroduceerd.

*Een **promise** is het groen dat nodig is om een peloton, dat het snelheidsadvies opvolgt, zonder stoppen te laten passeren.*

In de optimalisatie worden 'kosten' toegekend aan het verbreken van een promise, zodat een verkeersafwikkeling waarbij de promise waargemaakt kan worden de voorkeur heeft boven andere mogelijkheden. Dit proces herhaalt zich totdat het peloton de stopstreep is gepasseerd en de promise vervalt. Als door een onvoorziene situatie, bijvoorbeeld een prioriteitsingreep voor noodhulpdiensten, de promise niet waargemaakt kan worden, vervalt de promise en wordt het snelheidsadvies ingetrokken zodat de voertuigsystemen geïnformeerd zijn.

Middels VISSIM simulaties is de GLOSA enabled corridor op de Deurnseweg in Helmond geverifieerd en gevalideerd. Hierbij zijn de volgende instellingen gebruikt:

- Snelheidsadvies op de doorgaande richtingen (02 en 08) op zes aaneengesloten kruispunten (HEL901 t/m HEL906)
- Planning horizon van 60 seconden
- Minimale peloton grootte van 5 meter
- Minimaal één CAM voertuigen in een peloton
- Maximale adviessnelheid van 70 km/h
- Minimale adviessnelheid van 50 km/h
- Verschillende penetratiegraad CAM voertuigen
- Verschillende verkeersintensiteiten

Datum  
27 mei 2022

Ons kenmerk  
HAV22021

Paper  
GLOSA enabled corridors

In de real-life omgeving is de functionaliteit beproefd binnen het MobilyMoveZ programma. Op zes kruispunten op de Deurneseweg is de promise functionaliteit toegevoegd aan de bestaande ImFlow regelingen. Met verschillende testvoertuigsystemen zijn testritten uitgevoerd waarbij logging informatie is bewaard voor analyse doeleinden. De testritten zijn verdeeld over drukkeren en rustiger perioden van de dag. Ook is er zowel individueel als in pelotons gereden om de effecten te kunnen beoordelen. De testvoertuigen kunnen onderscheid maken in adviessnelheden gegenereerd door de ITS Applicatie en snelheidsadviezen gegenereerd door het voertuigstelsel.

## Resultaten

### Onderzoeksvraag 1

*De eerste onderzoeksvraag is of het maken van een "reservering" in een adaptieve regeling, zodat het groen voor het peloton wordt "gegarandeerd", mogelijk is zonder dat dit de regeling nadelig beïnvloedt.*

Het onderzoek richt zich op een viertal deelvragen.

#### **Deelvraag 1a:** Is het mogelijk om in een adaptieve regeling een "promise" te maken?

Dit is mogelijk indien de regeling over de benodigde data beschikt om voor een individueel voertuig die CAM-data uitstuurt een snelheidsadvies te berekenen. Benodigde kennis:

- positie en snelheid van het voertuig (via de CAM-data)
- de actuele toestand van de verkeerslichten.
- de actuele staande wachtrij (per rijstrook) al dan niet gemodelleerd
- positie en snelheid van het aankomende verkeer

ImFlow modelleert hoe de wachtrij zich over de planning horizon ontwikkelt en kan daarmee ook de wachtrij voorspellen op het moment dat het peloton (dat het snelheidsadvies heeft opgevolgd) het verkeerslicht bereikt. Als het peloton zonder stoppen het verkeerslicht kan passeren, wordt het groen wat hiervoor nodig is omgezet in een promise.

#### **Deelvraag 1b:** Is het mogelijk een promise gestand te doen?

Vanaf het moment dat de promise is bepaald tot het moment dat het peloton het verkeerslicht is gepasseerd kan er nog van alles gebeuren (een voetganger en/of fietser wil oversteken, een bus vraagt prioriteit, etc.). Alle gebeurtenissen die niet waren meegenomen in de planning (waarop de promise was gebaseerd) leiden mogelijk tot een aangepaste planning. Om dit te voorkomen is er een aantal voorzieningen in de adaptieve regeling:

- Het verbreken van een promise leidt tot kosten in de kostenfunctie;
- Alle richtingen (inclusief het langzaam verkeer) worden op basis van verwachting ('predicted demands') meegenomen in de planning;
- Vrijheid in fasevolgorde (c.q. overslaan van richtingen) om ongeplande richtingen waarvoor toch een aanvraag wordt gezet, niet ten koste te laten gaan van de promise.

Datum  
27 mei 2022

Ons kenmerk  
HAV22021

Paper  
GLOSA enabled corridors

Een prioriteitsaanvraag zal worden gehonoreerd en deze kan daarmee een promise verbreken. ImFlow biedt alle genoemde voorzieningen.

### **Deelvraag 1c:** Heeft een promise een significante impact op de verkeersafwikkeling?

Binnen het MMZ-GLOSA is door Ronald van Katwijk van Vialis onderzoek gedaan naar de verkeerskundige effecten op de Deurnesweg. Het eindrapport van het project vermeldt de volgende conclusie:

*Indien de verkeersafwikkeling voorspelbaarder is, kan de regeling ook voorspelbaarder zijn. Het vastzetten van het signaalplan wordt minder als een verstarring ervaren als de verkeersafwikkeling zelf geen aanleiding geeft tot het wijzigen van het signaalplan. Op de Deurnesweg is ervoor gekozen om alleen dan te verstarren wanneer de regeling de verkeerssituatie redelijk voorspelbaar acht en pas dan een belofte af te geven voor een passagetijd(interval). Het is daardoor echter om twee redenen moeilijker eventuele (negatieve) effecten op de verkeersafwikkeling te detecteren.*

*De eerste reden waarom de effecten moeilijker detecteerbaar zijn, is dat alleen die intervallen in het signaalplan worden verstart waarvoor ook zonder verstarring de kans groot zou zijn het signaalplan in die intervallen ongewijzigd zou blijven. De kans op een (negatief) effect van een verstarring wordt daardoor navenant kleiner.*

*De tweede reden waarom de effecten moeilijker detecteerbaar zijn, is omdat een verstarring alleen dan plaatsvindt wanneer de regeling de verkeersafwikkeling en het signaalplan voorspelbaar genoeg acht. Het is daardoor in principe mogelijk dat de verstarring nauwelijks plaatsvindt.*

Deze conclusie is consistent met de resultaten van de simulatie runs. Ook in de simulaties runs werd er geen significant verschil gevonden in verliestijd, stops en onnodig wachten.

### **Deelvraag 1d:** Voldoet de regeling aan de eisen van de wegbeheerder?

Onderstaande onderwerpen zijn steekproefsgewijs gecontroleerd tijdens de test op minimale verkeerskundige eisen. Geconstateerd is dat ImFlow aan deze eisen voldoet.

- Standaard functionaliteiten
  - Groensturing o.b.v. detectie
  - Werking voetgangersoversteken
  - Mee aanvragen
  - Gewenste fasevolgorde
  - Wachtstand
  - Verkeersafwikkeling
- Tijdens de schouw in Vissim en de analyse in de logfiles (tdc) is gelet op de volgende zaken.
  - Algemene afwikkeling van het verkeer.
  - Wachten voor niets
  - Oververzadiging
  - Wachttijden
  - Flitsrood/flitsgroen

Datum  
27 mei 2022

Ons kenmerk  
HAV22021

Paper  
GLOSA enabled corridors

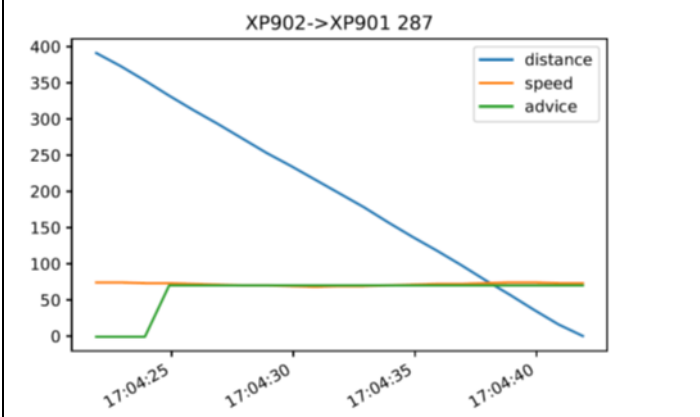
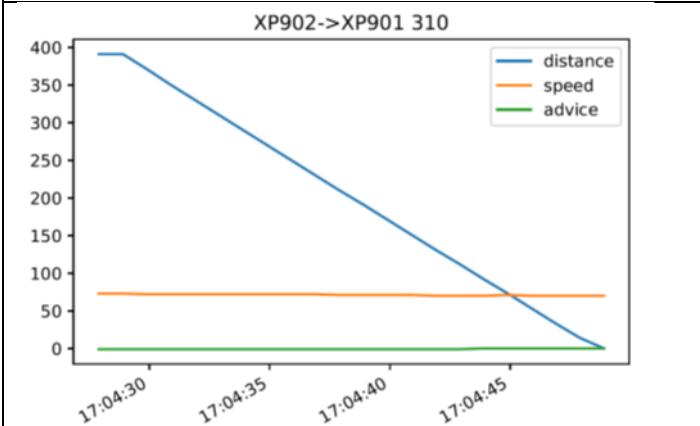
## Onderzoeksvraag 2

De tweede onderzoeksvraag is wat de te verwachten nauwkeurigheid, betrouwbaarheid en bruikbaarheid is van het snelheidsadvies vanuit een adaptieve netwerkregeling (c.q. een ITS Applicatie) op een GLOSA enabled corridor.

Voor dit onderzoek gelden de definities zoals gehanteerd binnen het MMZ-GLOSA project. Tijdens de simulatie runs is gekeken naar:

- Het aantal connected (CAM) voertuigen dat een snelheidsadvies heeft gekregen, het snelheidsadvies heeft opgevolgd en vervolgens zonder stoppen door groen is gereden;
- Het aantal connected (CAM) voertuigen dat een snelheidsadvies heeft gekregen, het snelheidsadvies heeft opgevolgd, maar toch moest stoppen;
- Het aantal connected (CAM) voertuigen dat geen snelheidsadvies heeft gekregen, maar dit wel had kunnen krijgen.
- Het aantal connected (CAM) voertuigen dat een snelheidsadvies heeft gekregen en door groen had kunnen gaan (zonder stoppen) als het advies was opgevolgd.

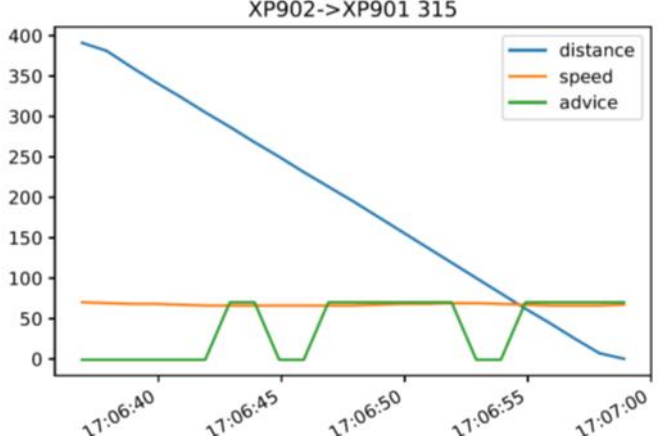
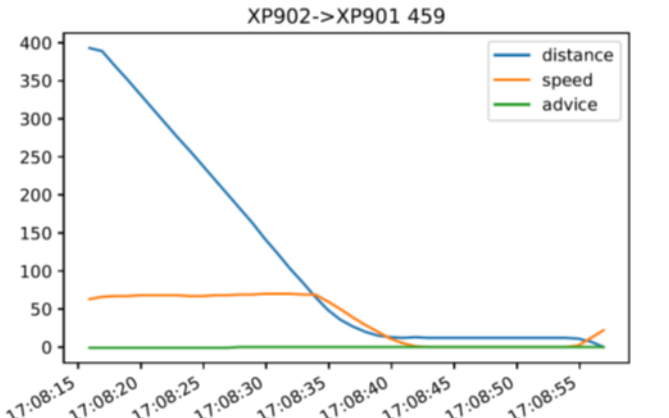
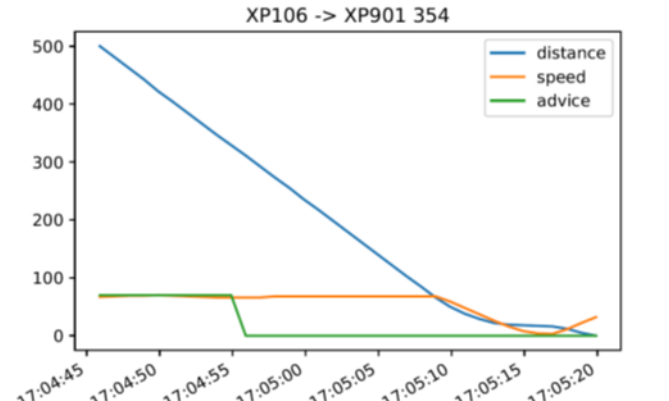
De onderstaande figuren geven een overzicht van een aantal situaties die tijdens de simulatie runs zijn waargenomen.

	<p>Een voertuig heeft een snelheidsadvies gekregen, het advies opgevolgd en is zonder stoppen het verkeerslicht gepasseerd.</p>
	<p>Een voertuig heeft geen snelheidsadvies gekregen, maar is wel zonder stoppen het verkeerslicht gepasseerd.</p> <p>Typisch gebeurt dit als</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• de minimale pelotongrootte niet is gehaald of;</li><li>• de regeling geen promise kon maken of;</li><li>• het voertuig net voor of achter een peloton rijdt dat wel een advies heeft gekregen.</li></ul>

Datum  
27 mei 2022

Ons kenmerk  
HAV22021

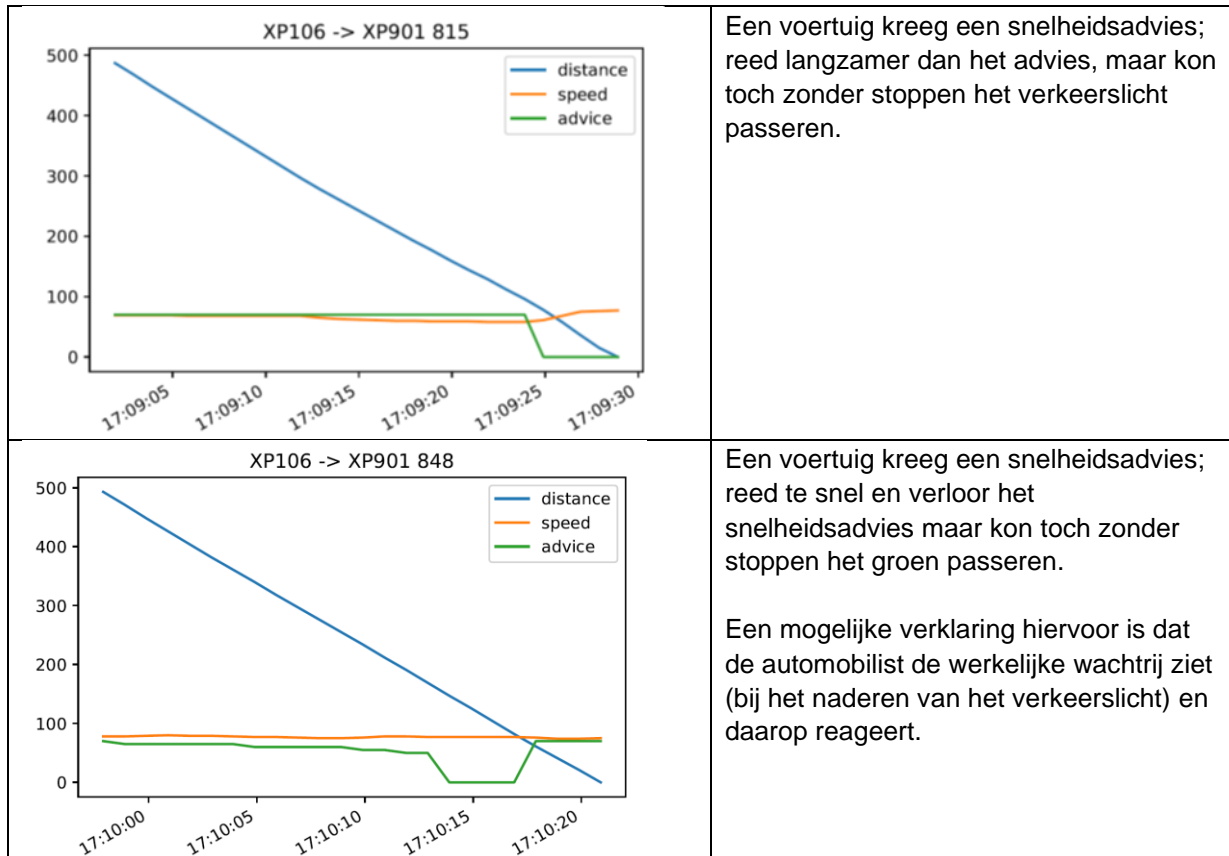
Paper  
GLOSA enabled corridors

 <p>The graph for XP902-&gt;XP901 315 shows distance (blue line) decreasing from approximately 390m at 17:06:40 to 0m at 17:07:00. Speed (orange line) remains constant at about 70 km/h until 17:06:55, then drops to 0. Advice (green line) starts at 0, rises to 70 km/h between 17:06:45 and 17:06:50, and then returns to 0.</p>	<p>Een voertuig krijgt snelheidsadvies met tussenpozen.</p> <p>Typisch gebeurt dit als een voertuig op de grens van het peloton rijdt en zich soms net wel in de zone (met snelheidsadvies) en soms net niet in de zone bevindt.</p>
 <p>The graph for XP902-&gt;XP901 459 shows distance (blue line) decreasing from approximately 390m at 17:08:15 to 0m at 17:08:55. Speed (orange line) is constant at about 70 km/h until 17:08:40, then drops to 0. Advice (green line) remains at 0 throughout the period.</p>	<p>Een voertuig heeft geen snelheidsadvies gekregen en heeft moeten stoppen voor het verkeerslicht.</p>
 <p>The graph for XP106 -&gt; XP901 354 shows distance (blue line) decreasing from approximately 500m at 17:04:45 to 0m at 17:05:20. Speed (orange line) is constant at about 70 km/h until 17:05:10, then drops to 0. Advice (green line) is constant at about 70 km/h until 17:04:55, then drops to 0.</p>	<p>Een voertuig kreeg initieel een snelheidsadvies, maar dit werd ingetrokken en het voertuig moest stoppen voor het verkeerslicht.</p>

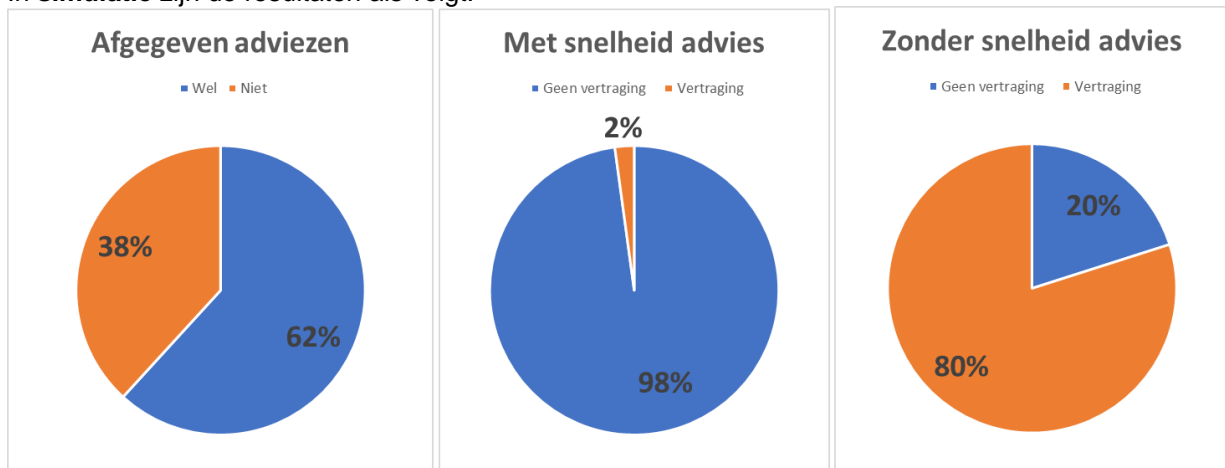
Datum  
27 mei 2022

Ons kenmerk  
HAV22021

Paper  
GLOSA enabled corridors

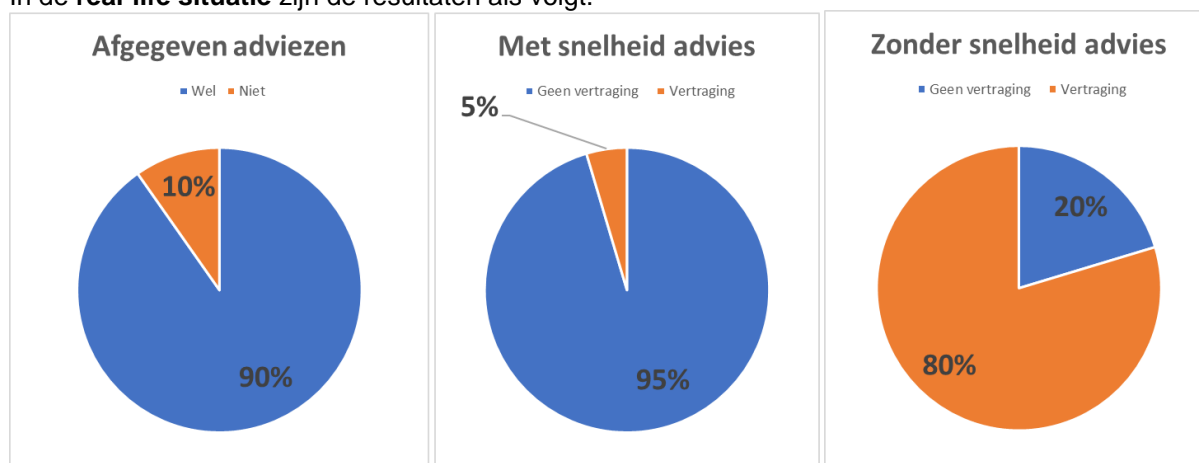


In **simulatie** zijn de resultaten als volgt.



Van alle connected voertuigen in het netwerk heeft 62% een snelheidsadvies gekregen. Van deze groep is 98% zonder vertraging het kruispunt gepasseerd. Van de 38% voertuigen die geen snelheidsadvies krijgen, is 80% tot stilstand gekomen. Hierbij geldt dat de definitie van stilstand een snelheid lager dan 10 km/h is.

In de **real-life situatie** zijn de resultaten als volgt.



Van alle connected voertuigen (deelnemend aan de proef) heeft 90% een snelheidsadvies gekregen. Van deze groep heeft 95% zonder vertraging het kruispunt gepasseerd. Van de voertuigen zonder snelheidsadvies is 80% vertraagd (sterk afremmen of stilstand).

### Onderzoeksvraag 3

*De derde onderzoeksvraag is hoe toekomstvast de oplossing is in vergelijking met alternatieve oplossingen.*

In simulatie en in real-life is met ImFlow aangetoond dat het mogelijk is om betrouwbare en bruikbare snelheidsadviezen te geven op een GLOSA enabled corridor (de Deurnseweg in Helmond). De alternatieve methode is dat de serviceprovider op basis van informatie vanuit de ITS Applicatie en de positie en snelheid van het voertuig een snelheidsadvies bepaalt. De informatie uit de ITS Applicatie betreft dan:

- De toestand van het verkeerslicht;
- minEndTime en maxEndTime (in de SPAT data);
- De actuele wachtrijlengte (in de SPAT data).

Binnen het MMZ-GLOSA project bleek dat de serviceproviders in minder gevallen een snelheidsadvies konden bepalen en dat het advies minder betrouwbaar en bruikbaar was.

De theoretische verklaringen hiervoor zijn o.a.:

- De service provider heeft geen of beperkte kennis van het overige verkeer dat het kruispunt nadert (en dan met name de voertuigen die zich tussen dit voertuig en de staande wachtrij bevinden). Deze voertuigen hebben echter wel invloed op het feit of het voertuig wel of niet in de wachtrij terecht komt.
- De minEndTime en maxEndTime liggen bij een adaptieve regeling vaker wat verder uit elkaar omdat de regeling tot het laatste moment nog kan veranderen.



**Datum**  
27 mei 2022

**Ons kenmerk**  
HAV22021

**Paper**  
GLOSA enabled corridors

- Een service provider heeft geen kennis van de verschillende regelalgoritmes van ITS Applicaties en daarmee welke mogelijke beslissingen genomen worden. Ook is er geen kennis welke ITS Applicatie op welk kruispunt actief is.
- ImFlow herkent een peloton en geeft (als een snelheidsadvies mogelijk is) specifiek aan de voertuigen in dit peloton een snelheidsadvies. ImFlow doet dit door het snelheidsadvies te beperken tot de zone waarin het peloton zich bevindt.

Het maken van een betrouwbaar snelheidsadvies heeft een hoeveelheid gegevens nodig. Naast de verwachte timing van de betreffende signaalgroep is ook kennis van de actuele verkeerssituatie (b.v. wachtrij en aankomend verkeer) nodig. In tegenstelling tot fixed time situaties is ook kennis van de adaptiviteit van de ITS Applicatie of de regelmethode nodig om in te kunnen schatten hoe betrouwbaar het resulterende advies is. In de keten van connected regelen zijn deze gegevens wel in de ITS Applicatie maar niet in het voertuig bekend. Het standaardiseren van alle benodigde informatie ten behoeve van voertuigsystemen is overbodig indien ITS Applicaties snelheidsadviezen afgeven.

## Conclusies en aanbevelingen

De eerste en tweede onderzoeksvraag zijn of de gewenste adaptiviteit c.q. flexibiliteit van de regeling kan samengaan met een bruikbaar snelheidsadvies voor weggebruikers. Aangevoerd is zowel in simulatie als in real-life dat een betrouwbaar advies aan connected voertuigen afgegeven wordt zonder significant effect op de totale verkeersafwikkeling. De zes kruispunten worden 24/7 volledig adaptief geregeld. Hiermee is aangetoond dat flexibiliteit samen kan gaan met het afgeven van betrouwbare snelheidsadviezen zonder verstarring van (een deel van) de cyclus. Van de connected voertuigen ontvangt 60% tot 90% een snelheidsadvies waarbij nagenoeg alle voertuigen (95% tot 98%) bij opvolging ook door groen gaan. De spreiding is verklaarbaar door de mate waarin een groene golf op enig moment logisch en mogelijk is.

De derde onderzoeksvraag is welke methode, advies vanuit ITS Applicatie of vanuit voertuig, het meest toekomstvast is. Aangevoerd is dat een adaptieve netwerkregeling (ImFlow) op een GLOSA enabled corridor een toekomstvaste oplossing biedt, zonder dat dit ten koste gaat van de flexibiliteit en prestatie van de regeling.

In de keten ligt de verantwoordelijkheid voor het afwickelen van het verkeer op kruispunten bij de ITS Applicatie. De voertuigen zijn verantwoordelijk voor rijtaak ondersteunende functies en op langere termijn voor het veilig rijden. Het is daarom logisch om de snelheidsadviezen in de ITS Applicatie te genereren. Deze adviezen dienen vervolgens als één van de inputs voor voertuigen om bestuurders te informeren c.q. veilig te rijden.

## Vervolg

Het uitgevoerde onderzoek is dermate positief dat de functie standaard in ImFlow versie 5 is opgenomen. Voordeel hiervan is dat de uitrol en beschikbaarheid in het veld automatisch toeneemt bij verdere uitrol van ImFlow.

Het verdient aanbeveling om te werken aan een nationale standaard voor het geven van snelheidsadviezen vanuit de ITS Applicatie zodat de functie ook nationaal beschikbaar komt.