

A horizontal banner with a collage of images including a bus stop, a road sign, and a traffic light.

# Verkeersonderzoek R-net busbaan Leiden-Katwijk

A horizontal banner with a collage of images including a bus stop, a road sign, and a traffic light.

**Provincie Zuid-Holland**



# **Verkeersonderzoek**

## **R-net busbaan Leiden-Katwijk**

Opdrachtgever(s)	Provincie Zuid-Holland
Titel	Verkeersonderzoek R-net busbaan Leiden-Katwijk
Datum	21 december 2021
Status	Definitief
Auteur(s)	Mark van Raaij, Wilco Heemrood
Projectnummer	P21-0054



## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>Uitgangspunten</b>	<b>8</b>
2.1	Varianten	8
2.2	Netwerk	11
2.3	Verkeersregeling	15
2.4	Langzaam verkeer	15
2.5	Buslijnen	15
2.6	Verkeersintensiteiten	16
2.7	Periodes	16
<b>3</b>	<b>Resultaten Fase 1</b>	<b>17</b>
3.1	Analyse afwikkelsnelheid	17
3.2	Analyse verkeersafwikkeling	26
3.3	Bevindingen	27
<b>4</b>	<b>Resultaten fase 2</b>	<b>28</b>
4.1	Analyse afwikkelsnelheid	29
4.2	Analyse verkeersafwikkeling	31
4.3	Bevindingen	34
	<b>Bijlage A</b>	<b>35</b>



# 1 Inleiding

Om de bereikbaarheid van de provincie Zuid-Holland te vergroten worden nieuwe R-net routes gerealiseerd. Eén van deze routes is de N206 corridor Leiden-Katwijk-Noordwijk waar iedere 5 minuten een R-net bus gaat rijden. Realisatie van een busbaan vanaf aansluiting Valkenburg Oost tot en met de Zeeweg (Katwijk) is een maatregel om te komen tot een snelle en betrouwbare bus corridor. In deze studie is gekeken naar verschillende varianten voor de inpassing van een busbaan tussen de rotonde N441 en de aansluiting op de Zeeweg in Katwijk. Verschillende vormgevingsvarianten zijn in een simulatieverkeersmodel geïmplementeerd, gemodelleerd en op de verkeersafwikkeling beoordeeld.

Voor de gebiedsontwikkeling Valkenhorst heeft 4<sup>cast</sup> eerder een VISSIM simulatiemodel opgesteld voor de N206 corridor. Dit verkeersmodel heeft als basis gediend in de voorliggende studie waarbij het model aan de noordzijde is uitgebreid tot en met de aansluiting met de Zeeweg. Daarnaast zijn vraag-afhankelijke VRI-regelingen geïmplementeerd en is langzaam verkeer (voetgangers en fietsers) toegevoegd.

Voor het zichtjaar 2030 is een referentiemodel gebouwd. In referentiemodel is de R-net busbaan vanaf de aansluiting Valkenburg Oost tot de Zeeweg vrij liggend in twee richtingen gedefinieerd. Daarnaast zijn twee varianten doorgerekend met alternatieve vormgevingsvarianten van R-net busbaan op het N206 gedeelte Molentuinweg – Zeeweg.

## Projectverloop

Het project is opgedeeld in twee fases: In Fase 1 zijn een referentie en twee varianten gemodelleerd voor de ochtend- en avondspits.

Bevindingen uit Fase 1 zijn vervolgens gebruikt voor een extra verdiepingsslag (Fase 2). In Fase 2 is meer gedetailleerd naar de complexe inpassing van de aansluiting Zeeweg gekeken. Dit is gedaan door te kijken naar de daadwerkelijke inpassing binnen de bestaande situatie en er zijn aanvullende tellingen uitgevoerd voor de maatgevende avondspits. Dit heeft geresulteerd in de doorrekening van een extra variant (Variant 2a).

## Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de modeluitgangspunten voor de simulatieberekeningen beschreven. De resultaten en bevindingen van de simulatieberekeningen voor Fase 1 en 2 zijn opgenomen in de hoofdstukken 3 en 4.

## 2 Uitgangspunten

In dit hoofdstuk zijn de gehanteerde uitgangspunten bij het opstellen van het simulatiemodel beschreven. Voor het opstellen van de varianten is één compleet simulatiemodel gebouwd waarin alle infrastructuur voor zowel de Referentie als de verschillende varianten is opgenomen. Per variant is vervolgens bepaald welke infrastructuur beschikbaar is. Niet beschikbare infrastructuur is daarbij 'uitgeschakeld'.

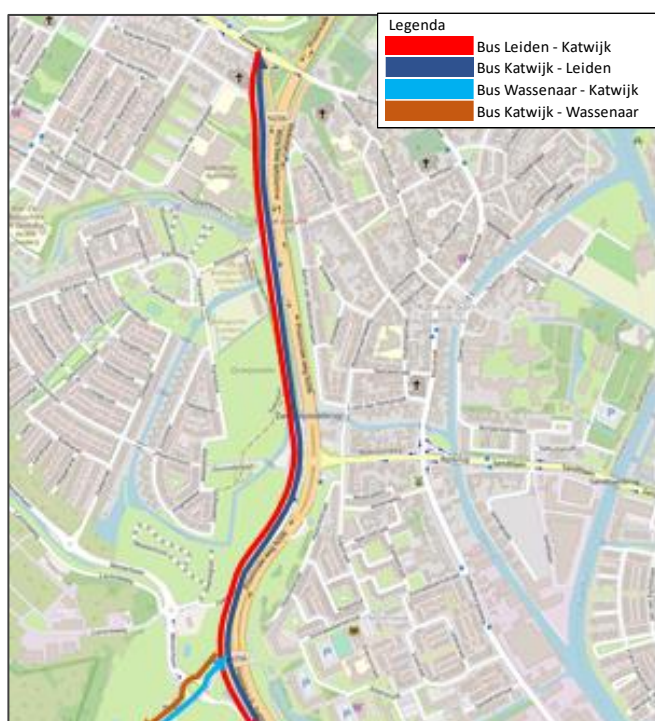
### 2.1 Varianten

Voor dit onderzoek is een referentiesituatie opgesteld en zijn er twee vormgevingsvarianten opgesteld. Variant 1 en 2 verschillen in de vormgeving van de R-net busbaan tussen de Molentuinweg en de Zeeweg.

#### 2.1.1 Referentie

De Referentie is gebaseerd op de variant 'Maatregelpakket 1' uit het verkeersonderzoek voor Valkenhorst.

In de Referentie is uitgegaan van een volledige R-net busbaan ten westen van de N206 in twee richtingen tussen de Molentuinweg en de Zeeweg. Vanaf de R-net busbaan is uitwisseling mogelijk voor bussen van en naar de N441. Tussen de Molentuinweg en de busbaan is geen uitwisseling mogelijk. In Figuur 2-1 is een schematische weergave van de R-net busbaan weergegeven.



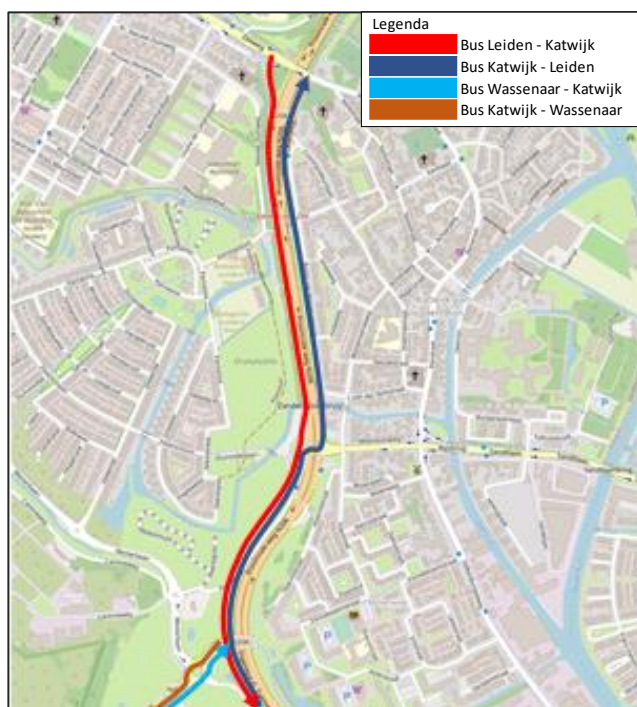
Figuur 2-1: Schematische weergave busbaan Referentie



### 2.1.2 Variant 1

In Variant 1 kruist de R-net busbaan in noordelijke rijrichting de N206 bij het kruispunt met de Molentuinweg. De R-net busbaan loopt via een aparte busrijstrook naar de afrit Zeeweg. Vervolgens rijdt de bus via de Callaoweg richting de Zeeweg. Op de afrit vervolgt de bus de route via het opstelvak voor het rechts afslaand verkeer (gelijk aan de huidige situatie).

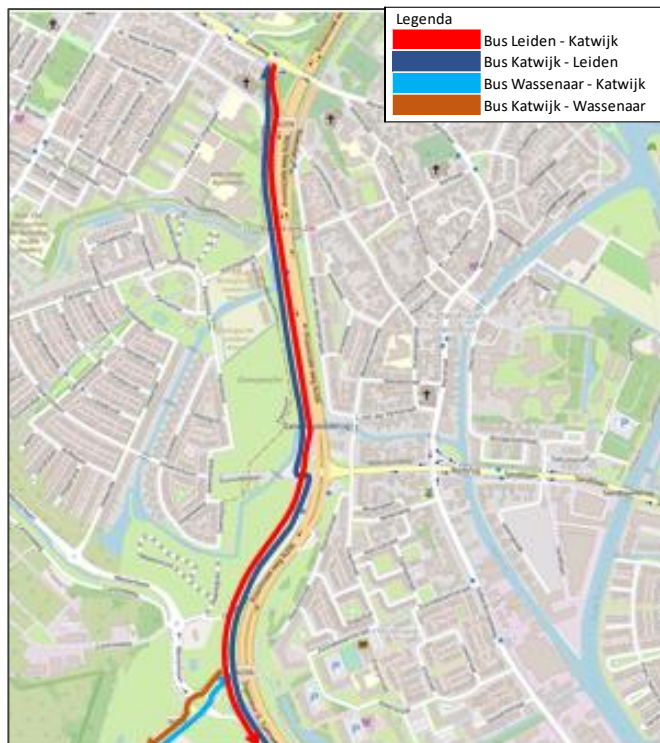
De R-net busbaan rijdt in zuidelijke richting over de bestaande N206 busrijstrook tussen de Zeeweg en de Molentuinweg. Voor het kruispunt met de Molentuinweg gaat de bus verder via de R-net busbaan. Tussen de Molentuinweg en de busbaan is geen uitwisseling mogelijk. In Figuur 2-2 is een schematische weergave van de R-net busbaan weergegeven.



Figuur 2-2: Schematische weergave busbaan Variant 1

### 2.1.3 Variant 2

In Variant 2 rijdt de R-net busbaan in zuidelijke richting over de bestaande N206 busrijstrook tussen de Zeeweg en de Molentuinweg. Voor het kruispunt met de Molentuinweg kruist de R-net busbaan de tegengestelde rijrichting van de bus. In noordelijke richting rijdt de bus via de vrij liggende busbaan (via het huidige tracé van het fietspad<sup>1</sup>). In Figuur 2-3 is een schematische weergave van de R-net busbaan weergegeven.

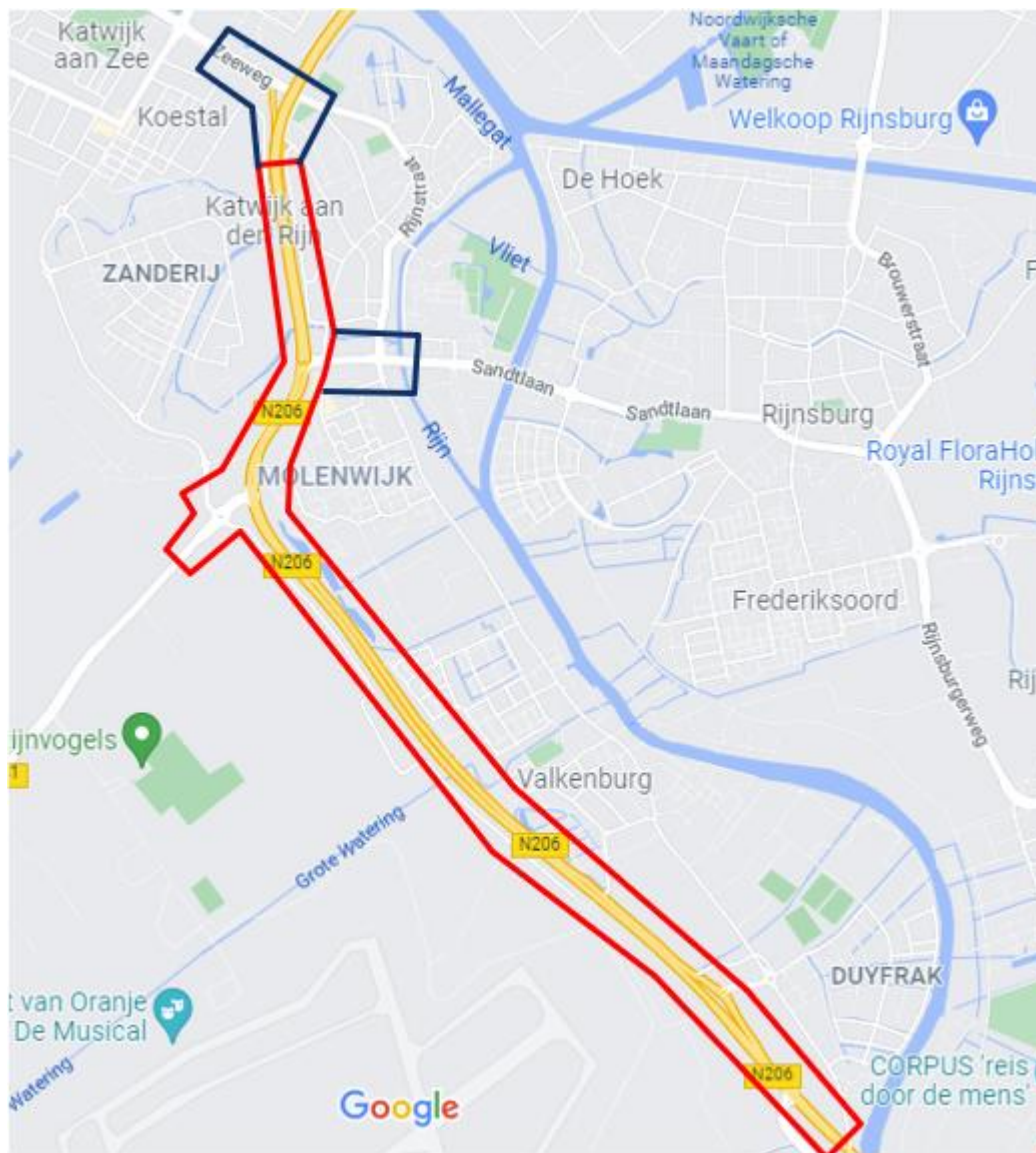


Figuur 2-3: Schematische weergave busbaan Variant 2

<sup>1</sup> Het twee richtingen fietspad wordt verlegd ten westen de busbaan.

## 2.2 Netwerk

Het simulatiemodel van het 'Verkeersonderzoek Valkenhorst' is als basis gebruikt voor de berekeningen. Het simulatiemodel is uitgebreid met de Zeeweg en het kruispunt Molentuinweg-Rijnstraat. In Figuur 2-4 is de uitsnede van het simulatiemodel weergegeven. In het rood is de uitsnede van de studie Valkenhorst weergegeven in het blauw de uitbreiding voor deze studie.



Figuur 2-4: Uitsnede simulatiemodel



Per kruispunt/aansluiting is onderstaand de implementatie in het dynamisch model beschreven. Aangezien in het model één compleet netwerk is gebouwd, is de infrastructuur voor alle varianten weergegeven in de figuren. In Paragraaf 2.1 is een beschrijving van de verschillende varianten beschreven.

### Aansluiting Valkenburg Oost

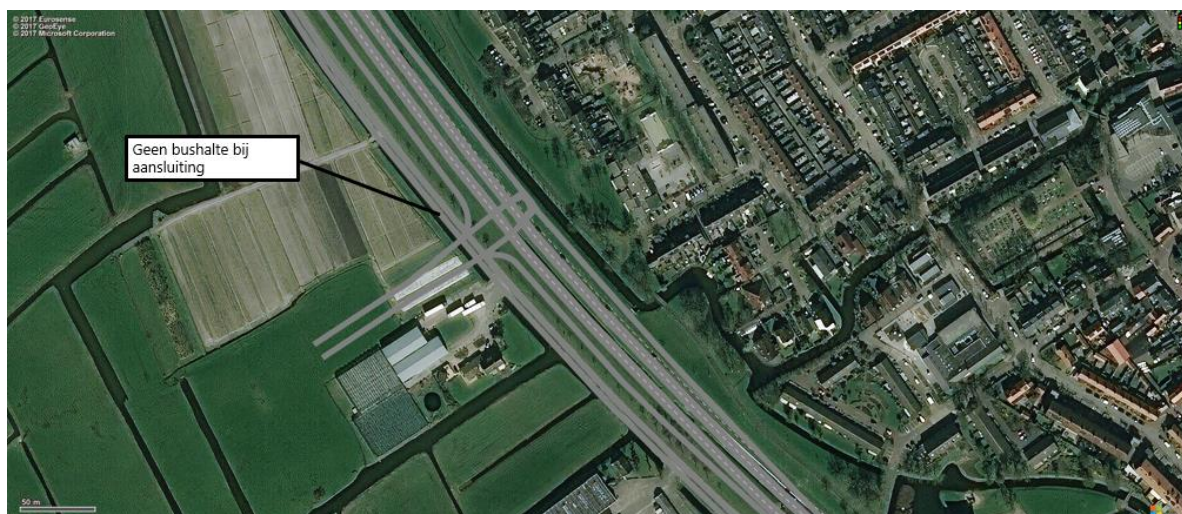
De aansluiting Valkenburg Oost is vormgegeven volgens de laatst beschikbaar gestelde inzichten (verkeersregeling). De bus halteert in beide richtingen op de busbaan ten westen van het kruispunt.



Figuur 2-5: Uitsnede dynamisch model: aansluiting Valkenburg Oost op N206

### Aansluiting Valkenbrug West

De aansluiting Valkenbrug West is gedefinieerd volgens de laatst beschikbaar gestelde inzichten (Rijnland Route studie). De kruispunten op de aansluitingen zijn vormgegeven met een voorrangsinrichting. De bus kruist de aansluiting via een ongelijkvloerse kruising. Er is geen bushalte gemodelleerd bij deze aansluiting.

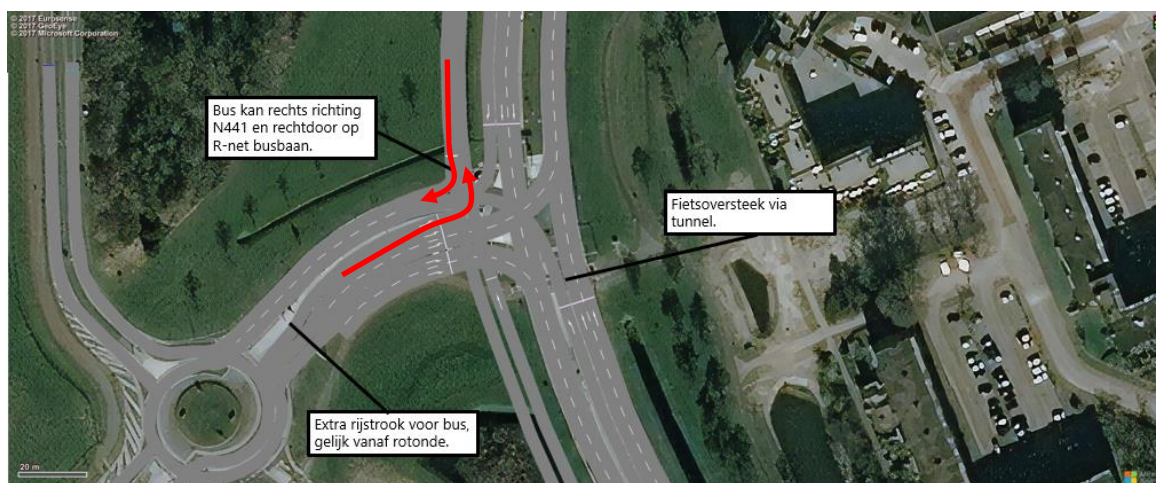


Figuur 2-6: Uitsnede dynamisch model: aansluiting Valkenburg West op N206



### Kruispunt N206 – N441

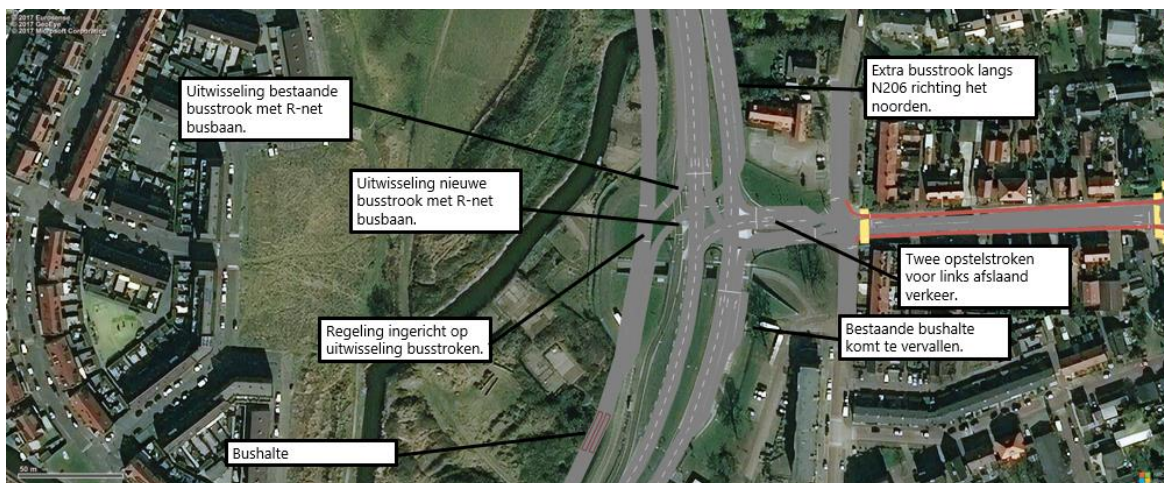
Op het kruispunt N206 – N441 kruist de R-net busbaan de N441 en is er uitwisseling mogelijk tussen de R-net busbaan en de N441. Op de N441 is een aparte rijstrook voor de bus gerealiseerd tussen de rotonde en het kruispunt. Uitwisseling R-net busbaan en N441 is alleen mogelijk vanaf de N441 richting het noorden en vanuit het noorden richting de N441 (zie rode richtingen in Figuur 2-8). Fietsers kunnen de N206 oversteken via een fietstunnel, waardoor deze uit de verkeersregeling zijn gehaald. De bus heeft prioriteit in de verkeersregeling.



Figuur 2-7: Uitsnede dynamisch model: kruispunt N206-N441

### Kruispunt N206 – Molentuinweg

De R-net busbaan ligt ten westen van de N206. Tussen de Molentuinweg en de Zeeweg is in beide rijrichtingen een aparte rijstrook voor de bus beschikbaar. Uitwisseling tussen de R-net busbaan en de bus rijstroken is daarbij mogelijk. De Molentuinweg heeft een extra opstelstrook voor het links afslaand verkeer.

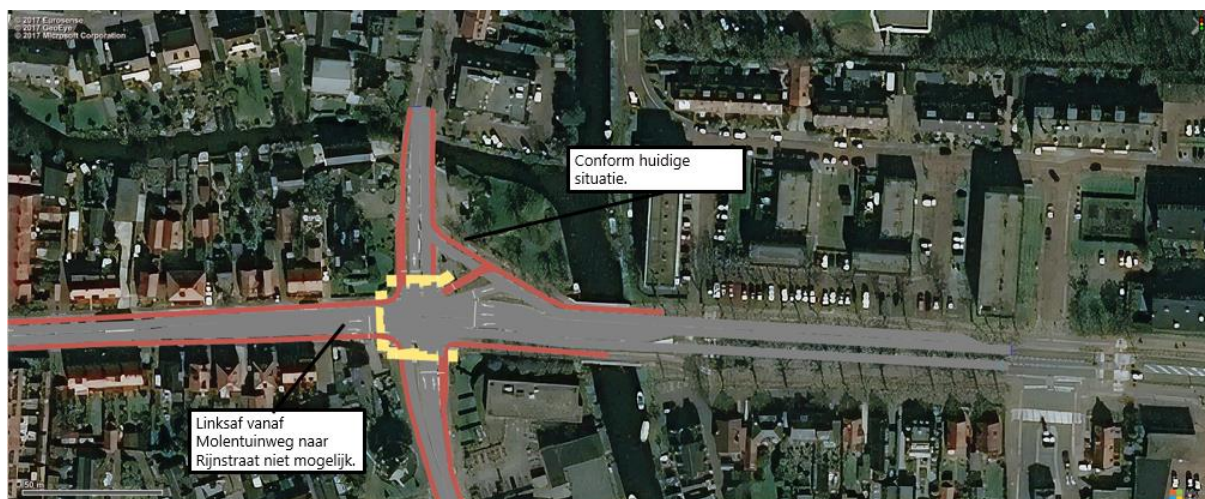


Figuur 2-8: Uitsnede dynamisch model: kruispunt N206-N441



## Kruispunt Molentuinweg – Rijnstraat

De vormgeving van het kruispunt Molentuinweg – Rijnstraat is gelijk aan de huidige situatie.



Figuur 2-9: Uitsnede dynamisch model: kruispunt Molentuinweg - Rijnstraat

## Aansluiting Zeeweg

Het westelijke kruispunt bij de N206 is in het simulatiemodel vormgegeven als een geregeld kruispunt met verkeerslichten. De vormgeving van dit kruispunt is overgenomen van het eerder opgestelde schetsontwerp (Movares). De R-net busbaan sluit op dit kruispunt aan door middel van een verkeersregeling. De bussen vanaf en naar de R-net busbaan krijgen daarbij volledige prioriteit in de verkeersregeling. Deze prioritering geldt ook voor de bus op het oostelijke kruispunt.



Figuur 2-10: Uitsnede dynamisch model: aansluiting Zeeweg op N206

## 2.3 Verkeersregeling

Voor het simulatiemodel zijn vraagafhankelijke verkeersregeling geprogrammeerd. Dit zijn verkeersregelingen die groentijden baseren op de daadwerkelijke verkeersvraag per richting. Dergelijke regelingen zijn in de praktijk ook operationeel. In de eerdere studie voor gebiedsontwikkeling Valkenhorst zijn starre verkeersregelingen gebruikt. Starre regelingen hanteren vaste groentijden en zijn daarmee onafhankelijk van de daadwerkelijke verkeersvraag.

In de verkeersregelingen is volledige prioriteit voor de R-net bussen opgenomen. Wanneer de bus een kruispunt nadert krijgt deze specifieke rijrichting groen. R-net bussen ondervinden hierdoor minimale hinder op het kruispunt.

De verkeersregelingen zijn gebaseerd op aangeleverde regelingen van de Gemeente Katwijk en Provincie Zuid-Holland. De gemodelleerde regelingen functioneren daardoor op dezelfde wijze als op straat (tenzij de vormgeving van het kruispunt bij een variant wijzigt).

## 2.4 Langzaam verkeer

In het simulatiemodel zijn ook de weggebruikers *langzaam verkeer, voetgangers en fietsers*, opgenomen. De omvang en oriëntatie van deze weggebruikers op het kruispunt Molentuinweg – Rijnstraat zijn gebaseerd op telgegevens uit 2017. Op de overige kruispunten zijn 150 fietsers/uur en 10 voetgangers/uur per rijrichting aangehouden. Het langzaam verkeer is gesimuleerd om de vraagafhankelijke verkeersregelingen te voeden. Er zijn verder geen specifieke analyses naar de afwikkeling van het langzaam verkeer uitgevoerd.

## 2.5 Buslijnen

Onderstaand een overzicht van de frequentie per lijn en de wijze van implementatie opgenomen:

- **R-net Leiden – Katwijk** Zeeweg – busbaan - Leiden (8 keer per uur, per richting).
- **Lijn 385** Zeeweg – busbaan – N441 (4 keer per uur, per richting).
- **Lijn 37/38** niet over R-net busbaan (1 keer per uur, per richting).
- **Lijn 90** komt te vervallen, vanwege samenvoeging met lijn 385.

## 2.6 Verkeersintensiteiten

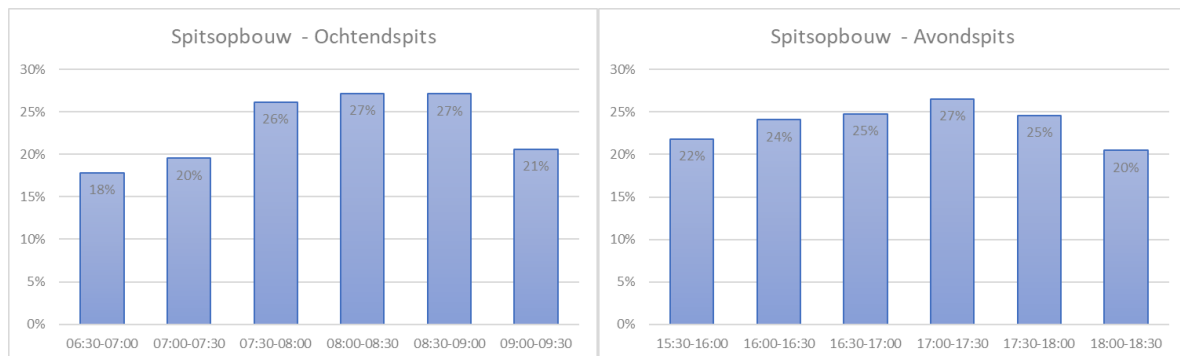
De verkeersintensiteiten zijn gebaseerd op de NRM WEST-berekeningen voor 2030 van het Verkeersonderzoek Valkenhorst waarbij Valkenhorst volledig is ontwikkeld met 5600 woningen. Op de kruispunten met de Molentuinweg en de Zeeweg zijn de verkeerscijfers verrijkt op basis van het onderzoek “Verkeersstudie VRI’s Katwijk Molentuinweg” (City Flow, 2021). Dit is gedaan voor de verkeersstromen op kruispunt Molentuinweg-Tulpstraat, Molentuinweg-Rijnstraat en bij de aansluiting Zeeweg op de N206.

## 2.7 Periodes

In deze studie zijn de ochtend- en avondspits gesimuleerd. De ochtendspits betreft de periode 6:30u – 9:30u, de avondspits van 15:30u – 18:30u. Voor beide perioden geldt dat het eerste en laatste halfuur gebruikt worden als op- en afbouwphase van de simulatie.

### 2.7.1 Spitsopbouw

Het NRM berekent gemiddelde intensiteiten voor spitsperioden en restdagperiode. In werkelijkheid kent het verkeersaanbod een meer dynamisch karakter waarbij een duidelijke op- en afbouw zichtbaar is. Om dit dynamische verkeersaanbod te simuleren zijn per half uur verplaatsingsmatrices afgeleid op basis van de VRI-tellingen van de kruispunten N206-Molentuinweg en N206-N441. Figuur 2-11 toont de opbouw van het verkeersaanbod voor zowel de ochtend- en avondspits. Getoonde percentages zijn gerelateerd aan het verkeersaanbod over de totale periode 07:00u-09:00u/ 16:00u-18:00u.



Figuur 2-11: Spitsopbouw ten opzichte van de totaal spitsperiode 07:00u-09:00u/ 16:00u-18:00u



## 3 Resultaten Fase 1

De resultaten van de dynamische berekeningen uit Fase 1 zijn beoordeeld op basis van het algemene verkeersbeeld waarbij gekeken is naar de afwikkelingssnelheid. Daarnaast zijn ook reistijden van de bus geanalyseerd. Bijlage A bevat analyses naar voertuigverliesuren en reistijdanalyses. De analyses zijn op dezelfde manier uitgevoerd als in de eerdere Valkenhorst studie. Getoonde resultaten zijn het resultaat van het gemiddelde beeld van vijf individuele simulaties.

### 3.1 Analyse afwikkelingsnelheid

In deze paragraaf bespreken we de gemodelleerde verkeersafwikkeling per variant.

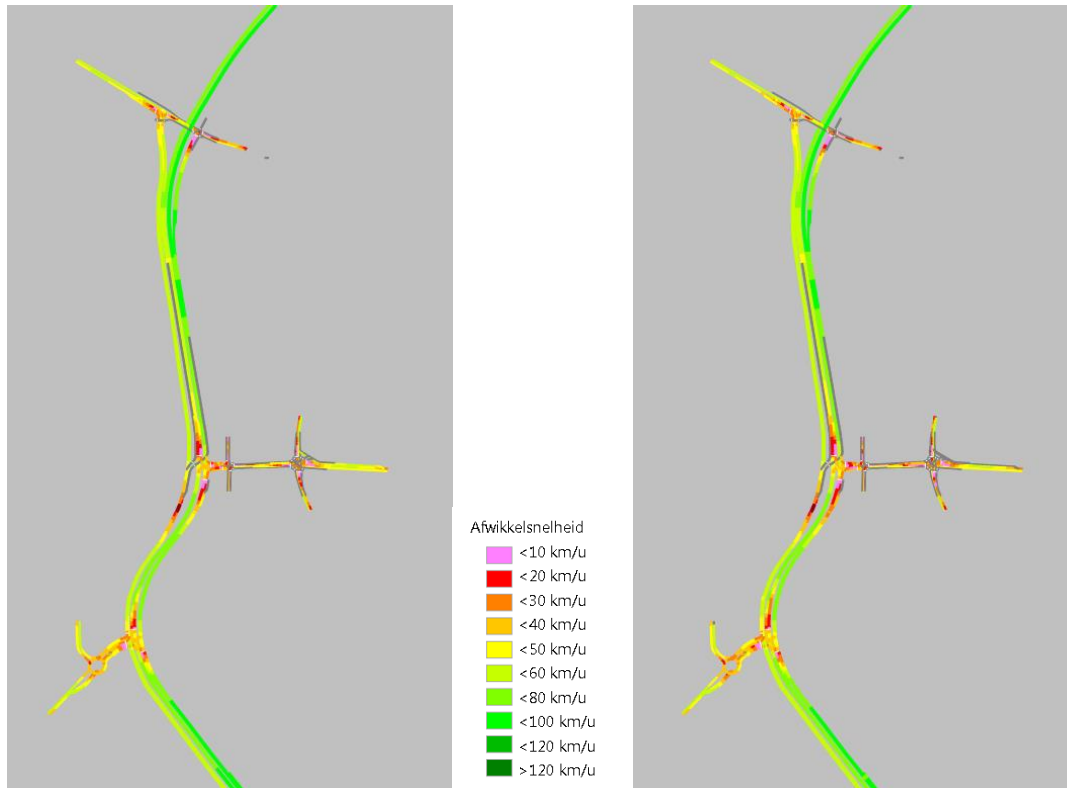
Aangezien er één compleet netwerk voor alle varianten is gebouwd, kan het voorkomen dat wegvakken in specifieke variantdoorrekeningen niet worden gebruikt omdat ze niet beschikbaar zijn. Voor deze wegvakken is dus geen afwikkelingsnelheid beschikbaar. Deze wegvakken kleuren in de getoonde figuren grijs of zijn enkel beschikbaar voor de overige weggebruikers (langzaam verkeer).

#### 3.1.1 2030 Referentie

Deze paragraaf toont de gemodelleerde verkeersbeelden van de 2030 Referentie. De ochtend- en avondspits situaties zijn hierbij apart beschouwd. Getoonde beelden geven een indicatie van de kwaliteit van de verkeersafwikkeling op het netwerk.

##### **Ochtendspits**

Figuur 3-1 toont de afwikkelingsnelheden voor de ochtendspits. Links is het gemiddelde verkeersbeeld voor de gehele modelleringsperiode weergegeven (6:30u – 9:30u). Het rechter figuur toont een representatief verkeersbeeld voor het piekmoment (rond 08:30u).



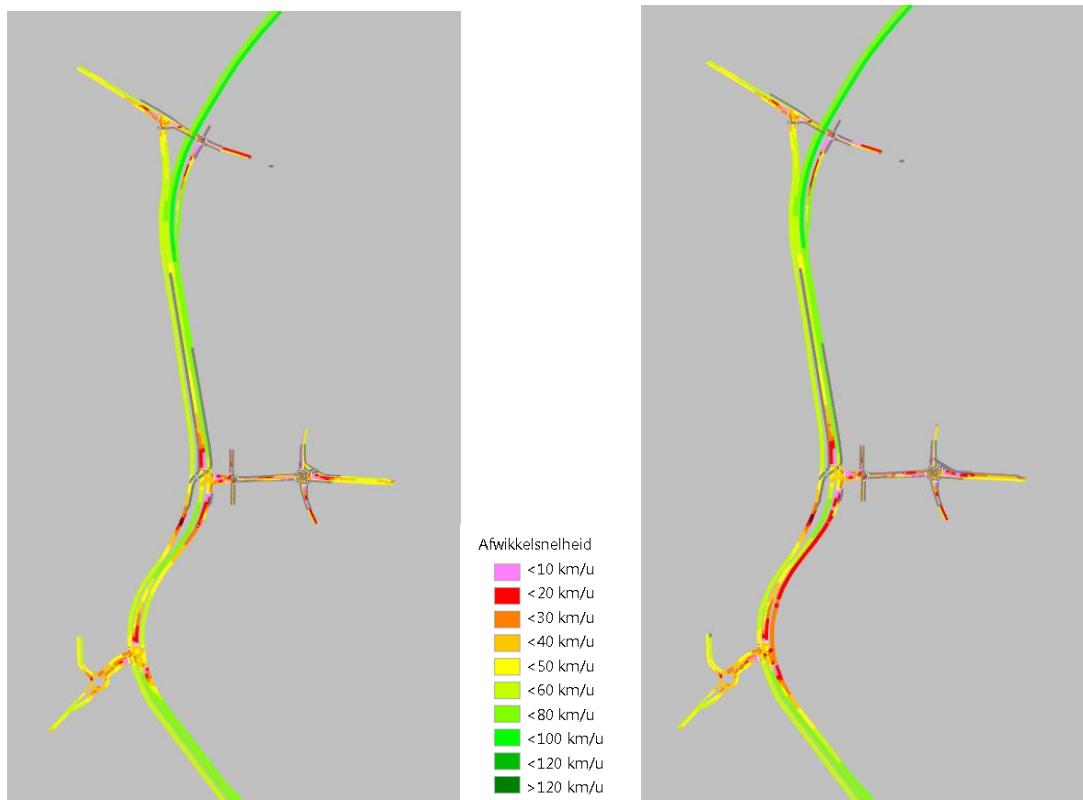
Figuur 3-1: Afwikkelsnelheid ochtendspits 2030 Referentie (links: gemiddeld verkeersbeeld; rechts: piekmoment)

Rondom de kruispunten zien we relatief lage afwikkelingssnelheden (<30km/u). Een verklaring is dat verkeer wordt opgehouden door de aanwezige verkeerslichten. Op basis van de kleuring van de aanliggende wegvakken(groen/geel) valt af te leiden dat het verkeer in voldoende mate kan afwikkelen. Verder zijn er beperkte fluctuaties in het verkeersbeeld van de ochtendspits. Het piekmoment komt immers overeen met het gemiddelde verkeersbeeld.

De bussen op de R-net busbaan krijgen volledige prioriteit. De afwikkelsnelheid op de R-net busbaan rondom de kruispunten laat nauwelijks afname van de afwikkelsnelheid zien. Dit geeft aan dat de bussen nauwelijks vertraging ondervinden bij kruispunten.

### Avondspits

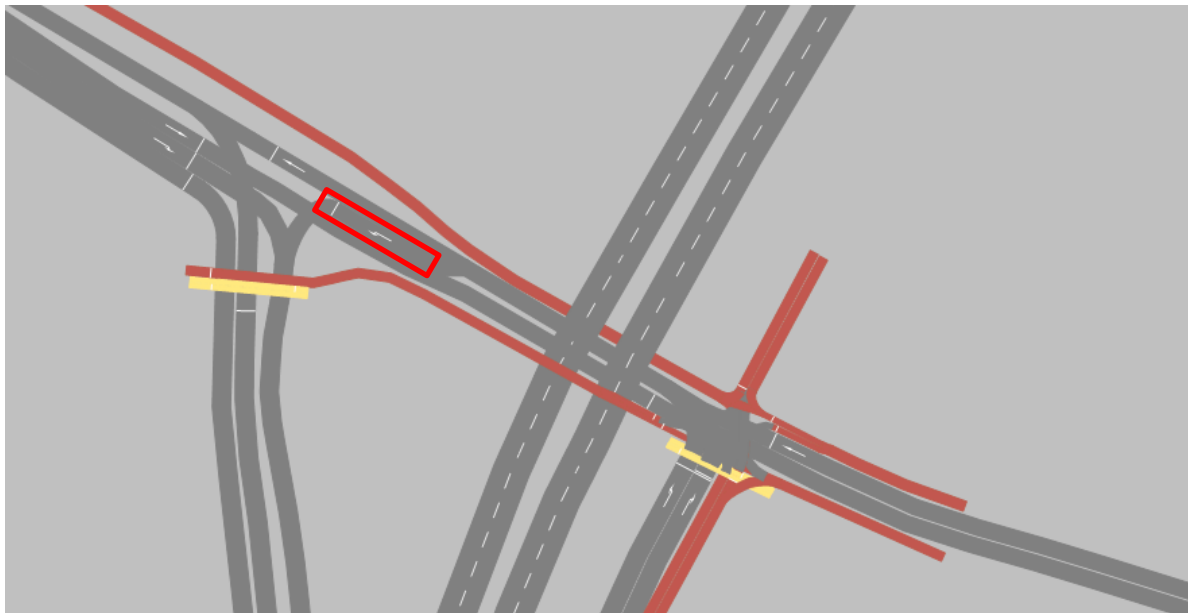
Figuur 3-2 toont de afwikkelsnelheden voor de avondspits. Links is het gemiddelde verkeersbeeld voor de gehele modelleringsperiode weergegeven (15:30u – 18:30u). Het rechter figuur toont een representatief verkeersbeeld voor het piekmoment (rond 17:30u).



Figuur 3-2: Afwikkelsnelheid avondspits 2030 Referentie (links: gemiddeld verkeersbeeld; rechts: piekmoment)

In de avondspits zien we enkele afwikkelingsproblemen voor de 2030 referentiesituatie. De hinder ontstaat voornamelijk rondom het kruispunt N206 – Molentuinweg. Het verkeer op de N206 richting het noorden heeft tijdens de piekbelasting een lage afwikkelsnelheid (<30 km/u). De wachtrijvorming slaat daarbij terug tot voorbij het kruispunt N441. Dit komt overeen met de resultaten in het onderzoek Valkenhorst voor de doorrekening van 'Maatregelpakket 1'.

Het linksaf opstelvak richting de N206 vanaf het viaduct (zie het rood gemarkeerde wegvak in Figuur 3-3) is relatief kort. Bij wachtrijen langer dan het opstelvak wordt ook het doorgaande verkeer richting de Zeeweg gehinderd. Dit heeft ook invloed op de wachtrijvorming op de Callaoweg. Hier staan incidenteel wachtrijen tot aan het begin van de afrit op de N206.



*Figuur 3-3: Netwerkoverzicht ter hoogte van aansluiting Zeeweg*

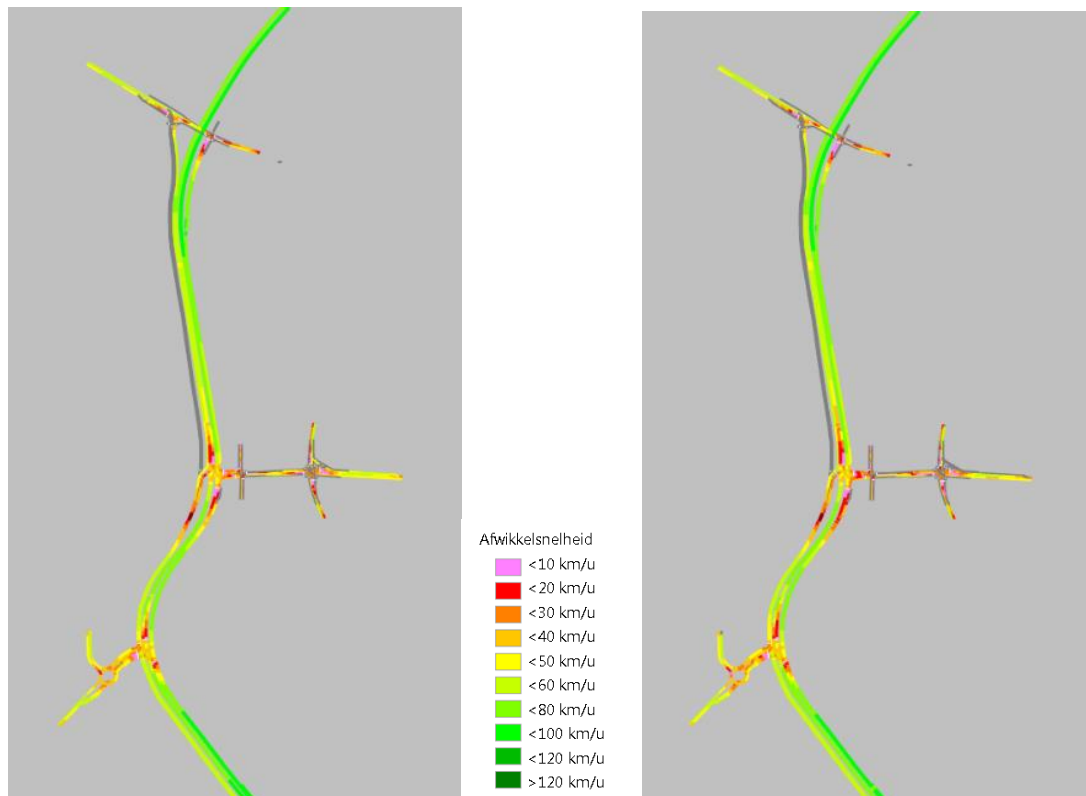
In de avondspits geldt ook dat de bussen op de R-net busbaan volledige prioriteit krijgen. Bij de Zeeweg kan het voorkomen dat de wachtrij voor het overige verkeer de bus kan blokkeren, voordat deze de R-net busbaan op gaat. Uit analyse van de afgeleide reistijden lijkt dit niet vaak op te treden. Bij de andere kruispunten ondervindt de bus geen hinder.



### Ochtendspits

In Figuur 3-5 zijn de afwikkelsnelheden van de ochtendspits weergegeven. Gelijk aan de 2030 Referentie zijn in de ochtendspits weinig problemen met de verkeersafwikkeling. In de ochtendspits is genoeg restcapaciteit op het kruispunt N206 – Molentuinweg om de oversteek van de bus te in te passen.

De bussen van en naar Katwijk gaan met het overige verkeer mee bij het kruispunt Zeeweg. Hierdoor neemt in de ochtendspits de reistijd van de bus toe en de betrouwbaarheid af.

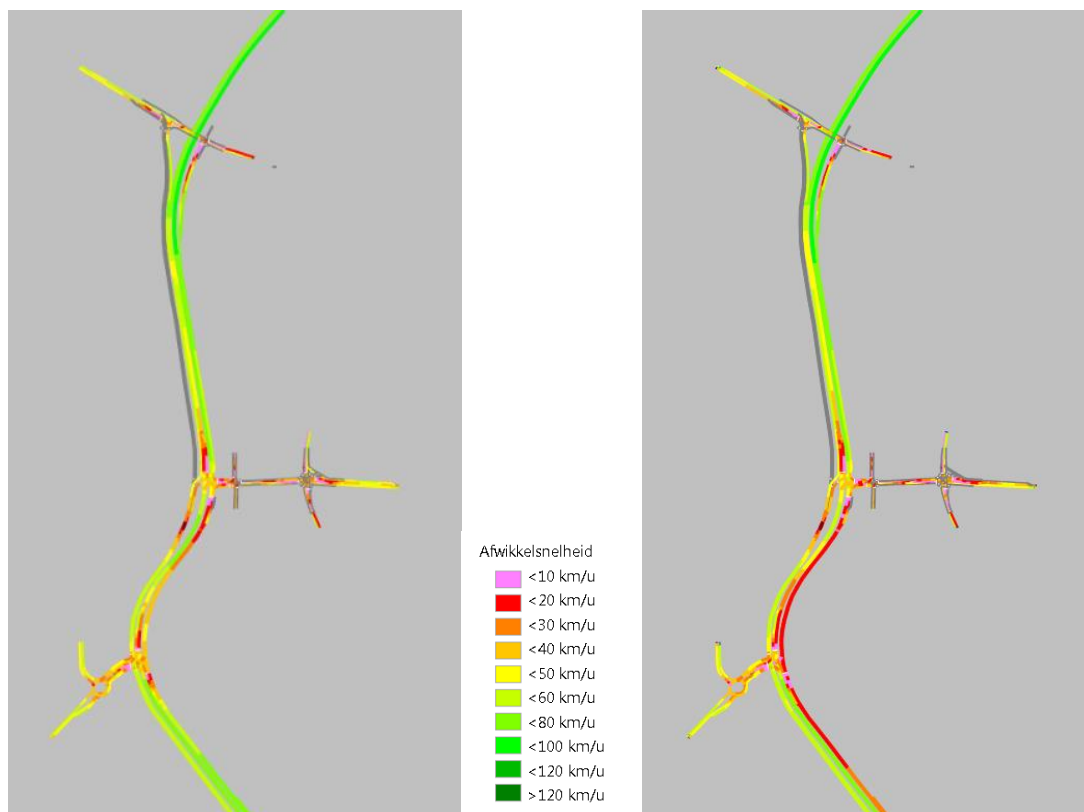


Figuur 3-5: Afwikkelsnelheid ochtendspits 2030 Variant 1 (links: gemiddeld verkeersbeeld; rechts: piekmoment)

### Avondspits

Figuur 3-6 toont het verkeersbeeld in de avondspits voor Variant 1. In de avondspits is in het piekmoment een wachtrij op de N206 vanaf de Molentuinweg tot voorbij het kruispunt N441. Tot aan de aansluiting Valkenburg West is een afwikkelsnelheid lager dan 30 km/u. In het gemiddelde verkeersbeeld is te zien dat dit niet de hele periode het geval is.

Gelijk aan de ochtendspits gaan de bussen van en naar Katwijk met het overige verkeer mee bij het kruispunt Zeeweg. In de avondspits is ook een toename te zien op de reistijden van de bus en een afname van de betrouwbaarheid van de reistijd.



Figuur 3-6: Afwikkelsnelheid avondspits 2030 Variant 1 (links: gemiddeld verkeersbeeld; rechts: piekmoment)

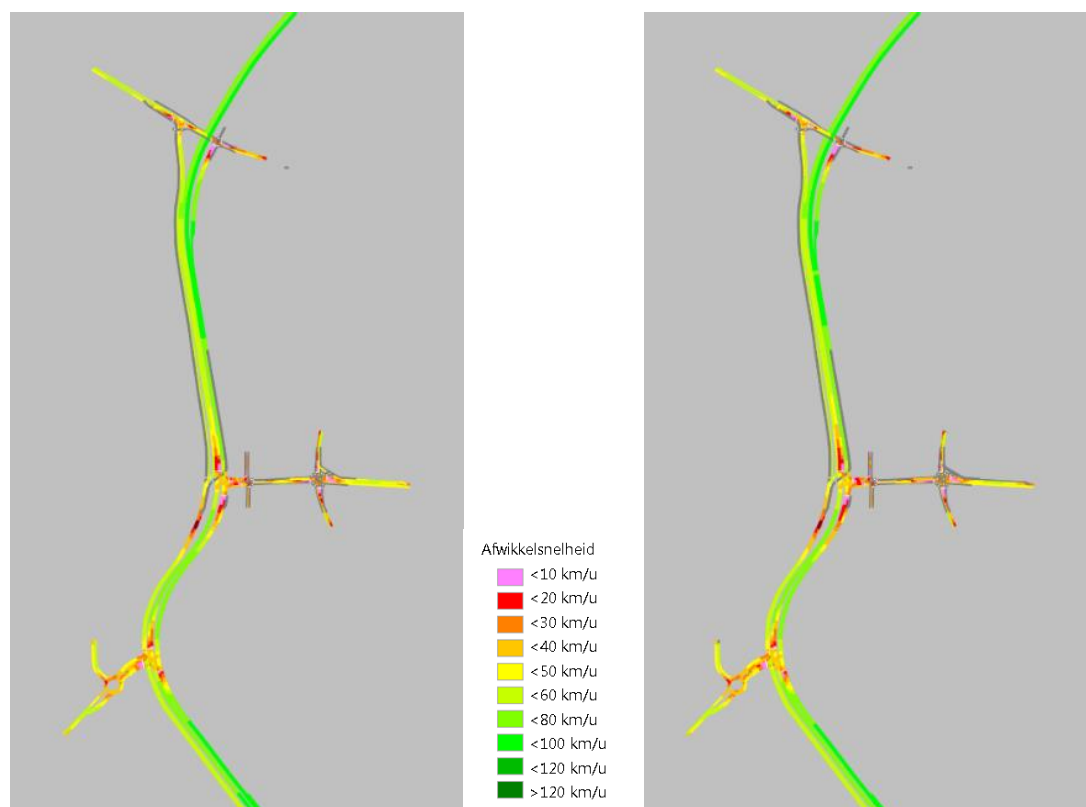
### 3.1.3 2030 Variant 2

In Variant 2 rijdt de bus in noordelijke richting tussen de Molentuinweg en de Zeeweg over de vrij liggende busbaan. De bus in tegengestelde richting rijdt via de oprit over de bestaande bus rijstrook. Vanaf de bus rijstrook gaat de bus bij het kruispunt Molentuinweg verder over de R-net busbaan. Op dit punt kruisen de bussen in beide richtingen elkaar.

#### Ochtendspits

In Figuur 3-7 zijn voor Variant 2 de afwikkelsnelheden van de ochtendspits weergegeven. Het verkeersbeeld in de ochtendspits is vergelijkbaar met de referentie situatie.

De bussen vanaf Katwijk gaan met het overige gemotoriseerde verkeer mee, gelijk aan Variant 1. Dit resulteert in een beperkte toename van de reistijd van de bus vanaf Katwijk. De bussen naar Katwijk rijden over de R-net busbaan. Hierdoor zijn de reistijden van de bus nagenoeg gelijk zijn aan die van de Referentie.



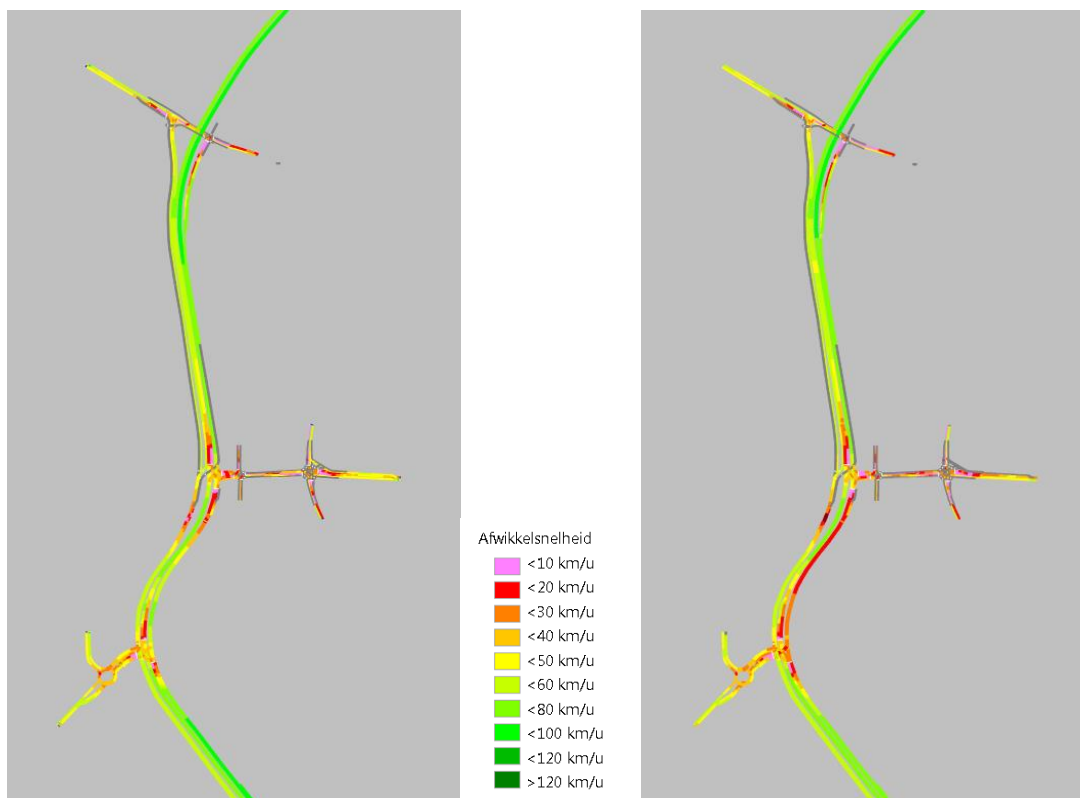
Figuur 3-7: Afwikkelsnelheid ochtendspits 2030 Variant 2 (links: gemiddeld verkeersbeeld; rechts: piekmoment)



### Avondspits

Figuur 3-7 toont het verkeersbeeld in de avondspits voor Variant 2. Het verkregen verkeersbeeld is vergelijkbaar met de referentie variant.

In overeenstemming met de ochtendspits, laat de avondspits ook een beperkte toename van de reistijd voor de bussen vanaf Katwijk zien.



Figuur 3-8: Afwikkelsnelheid avondspits 2030 Variant 2 (links: gemiddeld verkeersbeeld; rechts: piekmoment)

### 3.2 Analyse verkeersafwikkeling

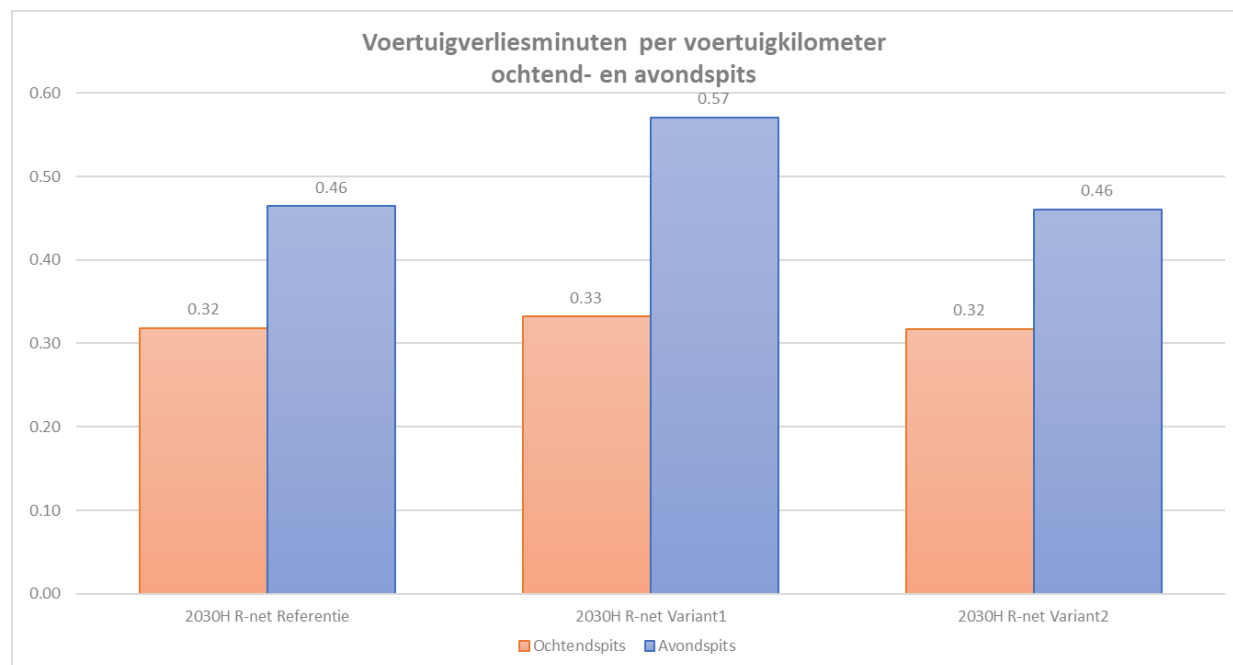
Voor een verdere beoordeling van de verkeersafwikkeling zijn voertuigverliesuren afgeleid. Voertuigverliesuren geven een beeld van de afwikkeling op het gehele gemodelleerde netwerk.

- **Voertuigverliesuren** op het volledige simulatienetwerk. Per voertuig is de voertuigverliestijd berekend op basis van de gereden snelheid ten opzichte van de gewenste (free-flow) snelheid. De voertuigverliesuren zijn gepresenteerd per gereden voertuigkilometer.

De voertuigverliesuren geven een indicatie van de 'overall'-vertraging op het netwerk. Uit Figuur 3-9 volgt dat iemand die in de Referentie 2 km afstand tijdens de avondspits aflegt, gemiddeld 0.92 minuten ( $2 \cdot 0.46$ ) reistijdvertraging ondervindt.

In Variant 1 is in de avondspits een toename van 23% te zien van de verliestijd per kilometer. In de ochtendspits is de verliestijd per kilometer voor Variant 1 nagenoeg gelijk aan de Referentie. De ochtendspits bevat dus nog genoeg restcapaciteit om de oversteek van de bus bij de Molentuinweg in te passen.

De verliestijd per kilometer voor de Referentie en Variant 2 zijn in beide periodes nagenoeg aan elkaar gelijk.



Figuur 3-9: Verliestijd per voertuigkilometer voor avondspits per variant voor Fase 1

### 3.3 Bevindingen

Op basis van de resultaten van de dynamische berekeningen zijn onderstaande verkeerskundige bevindingen gedaan:

- Gedurende de ochtendspits worden in de referentiesituatie geen problemen in de verkeersafwikkeling in het studiegebied verwacht. Het effect van de netwerkvarianten op de verkeersafwikkeling is in de ochtendspits beperkt en er ontstaan geen nieuwe knelpunten in de verkeersafwikkeling.
- De avondspits kent voor de referentie situatie verschillende verkeersafwikkelingsproblemen:
  - Bij het kruispunt N206 – Molentuinweg ontstaan substantiële wachtrijen op de inkomende stroom uit het zuiden van de N206.
  - Bij de aansluiting Zeeweg heeft verkeer vanaf het viaduct richting de N206 een kort opstelvak. Bij wachtrijen langer dan het opstelvak wordt het doorgaande verkeer richting de Zeeweg gehinderd. Mede hierdoor ontstaan incidenteel wachtrijen op de Callaoweg tot aan de N206.
  - Door wachtrijvorming op de Zeeweg kan het voorkomen dat de bus wordt geblokkeerd, voordat deze de R-net busbaan bereikt.
- In Variant 1 kruist de bus in noordelijke richting bij het kruispunt Molentuinweg de N206. Een dergelijke inrichting heeft een negatief effect op de verkeersafwikkeling op het kruispunt N206 – Molentuinweg. De verkeersstroom vanuit het zuiden op de N206 heeft in de avondspits een wachtrij tot voorbij het kruispunt met de N441. De afwikkelingsnelheid is tot aan de aansluiting Valkenburg West lager dan 30 km/u. De reistijden van de bus zijn hoger dan in de referentie situatie.
- In Variant 2 is het algemene verkeersbeeld in de avondspits vergelijkbaar met de referentie situatie. De bus vanuit Katwijk rijdt op de Zeeweg met het overige gemotoriseerde verkeer mee. Dit resulteert in een beperkt negatief effect op de reistijden van de bus.
- Binnen deze fase van de studie is geen nader onderzoek gedaan naar de fysieke inpassingsmogelijkheden van de afzonderlijke oplossingsrichtingen.

## 4 Resultaten fase 2

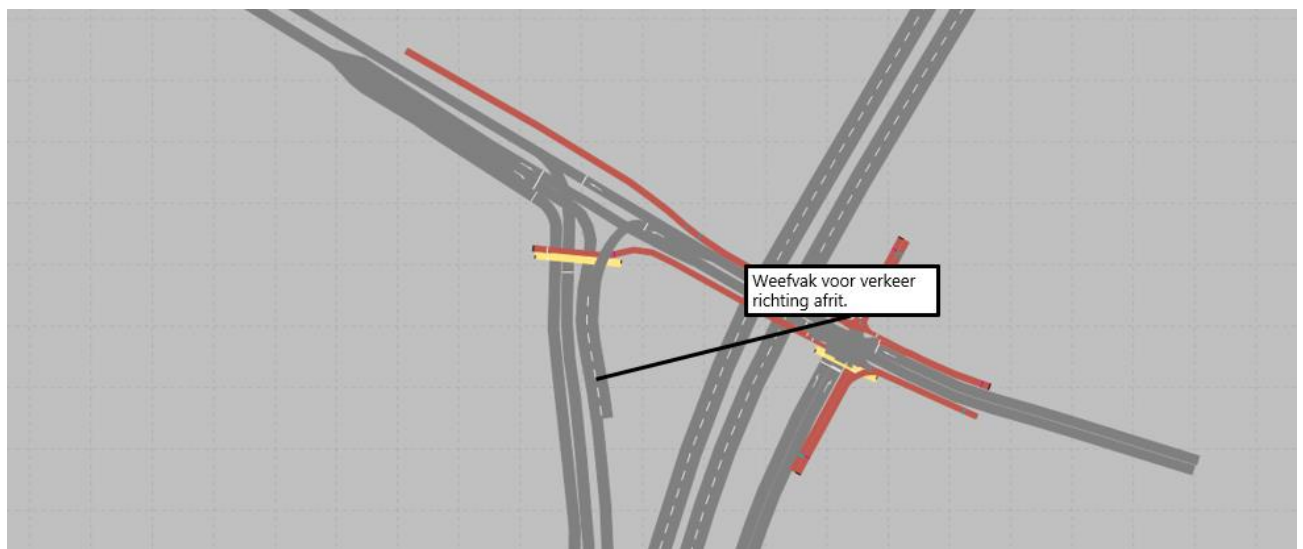
Op basis van de resultaten uit Fase 1 heeft de projectgroep geconcludeerd dat de vormgeving in Variant 1 een negatief effect heeft op de verkeersafwikkeling. De grootste afwikkelingsproblemen doen zich voor op kruispunt N206 – Molentuinweg.

In Fase 2 is Variant 1 daarom komen te vervallen. Ter hoogte van de aansluiting Zeeweg zijn een tweetal optimalisaties benodigd:

1. De bus vanaf Katwijk krijgt bij de Zeeweg volledige prioriteit waardoor het overige gemotoriseerde verkeer voor de bus uit groen krijgt. Hierdoor kan de bus op de Zeeweg vrij doorrijden.
2. Er is meer gedetailleerd naar de inpassing van de aansluiting Zeeweg gekeken door het ontwerp in te passen in de bestaande situatie.

Verder is het model verrijkt met tellingen in de avondspits bij het westelijke kruispunt van de aansluiting Zeeweg. Dit resulteert in een meer plausibele inschatting van het links afslaan van verkeer vanaf het viaduct richting de N206. De Referentie en Variant 2 zijn op basis van deze aanpassingen ook opnieuw doorgerekend.

Tevens is tijdens de projectgroep overleggen een nieuwe variant (Variant 2a) benoemd die een aanpassing vraagt van Variant 2. In Variant 2a is de ligging van de R-net busbaan in overeenstemming met Variant 2. In deze variant is echter een weefvak geïntroduceerd op de oprit van de N206 om de verkeersafwikkeling te kunnen optimaliseren, zie Figuur 4-1.



Figuur 4-1: Netwerkoverzicht ter hoogte van aansluiting Zeeweg Variant 2a

De resultaten van de dynamische berekeningen uit Fase 2 zijn allereerst beoordeeld op basis van het algemene verkeersbeeld waarbij gekeken is naar de afwikkelingssnelheid. Daarnaast zijn ook voertuigverliesuren en reistijden van de bus geanalyseerd. Getoonde resultaten zijn opnieuw het resultaat van het gemiddelde beeld van vijf individuele simulaties.

Er is voor gekozen om in Fase 2 enkel de avondspits te beschouwen. In de gemodelleerde ochtendspits waren immers geen afwikkelingsproblemen berekend.

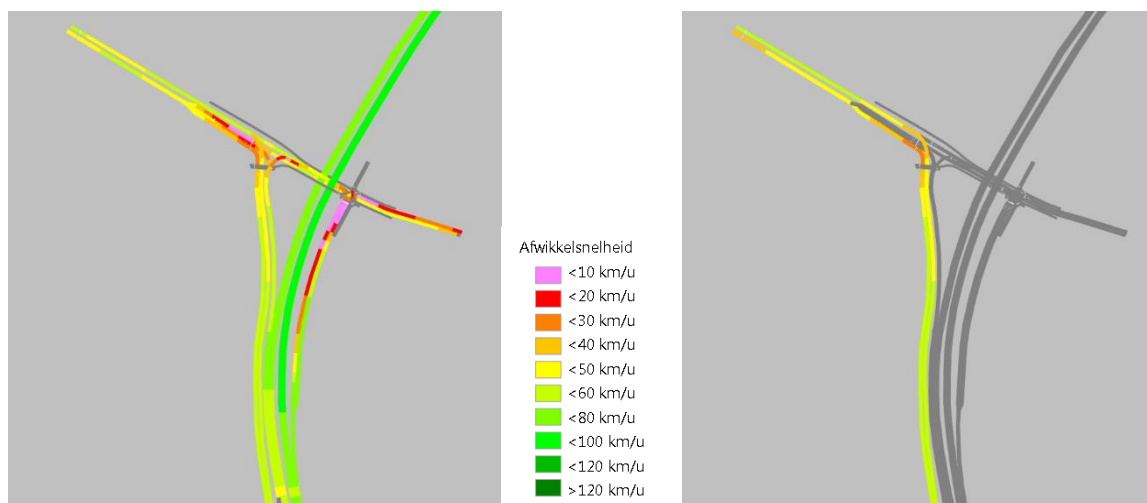
## 4.1 Analyse afwikkelingsnelheid

In deze paragraaf wordt de gemodelleerde verkeersafwikkeling per variant besproken.

### 4.1.1 2030 Referentie

In de referentie situatie is de volledige R-net busbaan in beide richtingen gerealiseerd. In Figuur 4-1 zijn de berekende verkeersbeelden voor het piekmoment in de avondspits weergegeven (links). Het rechter figuur toont enkel de afwikkelingsnelheid voor de bus. Op de Zeeweg is te zien dat de wachtrijen niet over het gehele opstelvak staan, waardoor de bus hier geen hinder ondervindt.

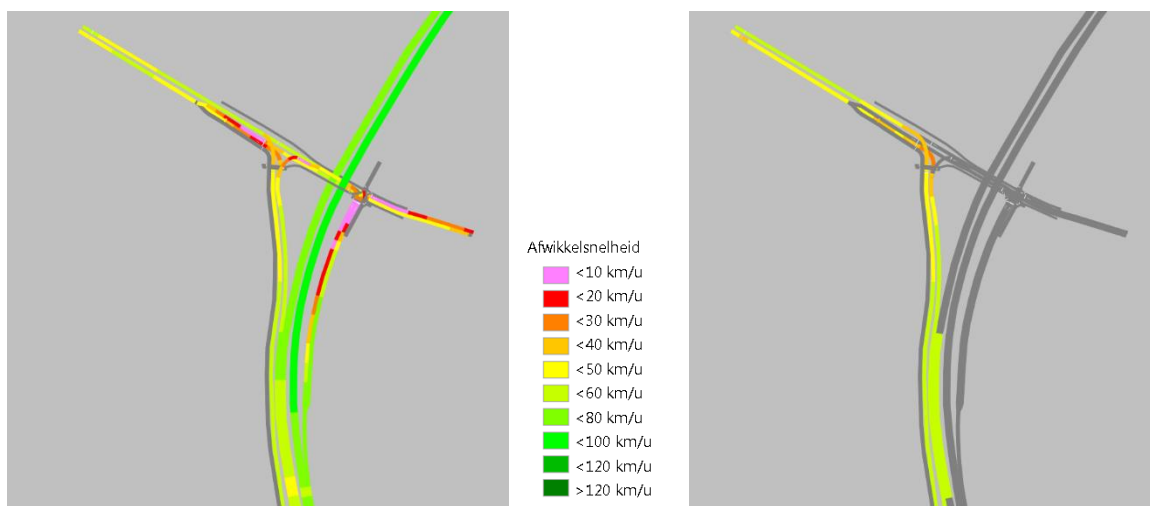
Op het linksaf opstelvak vanaf het viaduct richting N206 staan minder lange wachtrijen, waardoor de doorgaande stroom op het viaduct nauwelijks wordt gehinderd.



Figuur 4-2: Afwikkelingsnelheid avondspits 2030 Referentie (links: piekmoment; rechts: piekmoment bus)

### 4.1.2 2030 Variant 2

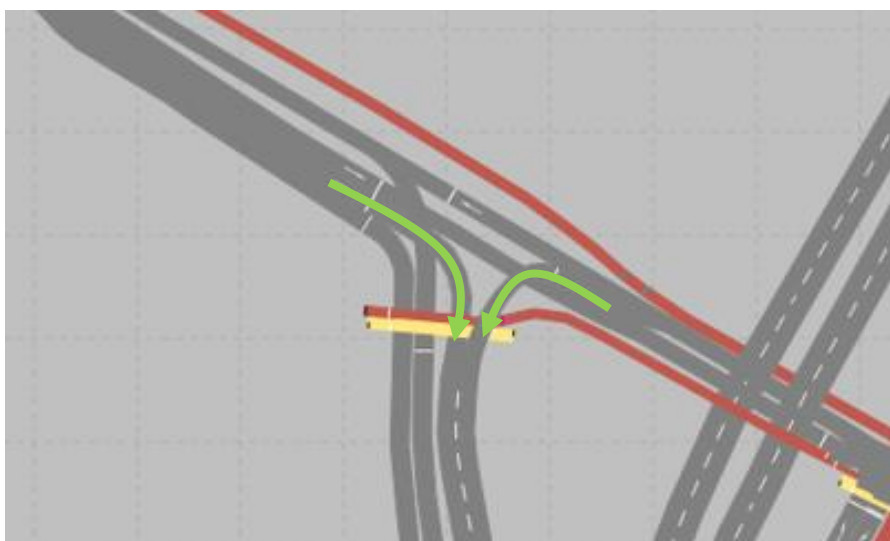
In Variant 2 is het verkeersbeeld rondom de aansluiting Zeeweg vergelijkbaar met de referentie situatie, zie Figuur 4-2. Uit de berekende afwikkelsnelheden volgt dat de bus vrij kan doorrijden op dit kruispunt.



Figuur 4-3: Afwikkelsnelheid avondspits 2030 Variant 2 (links: piekmoment; rechts: piekmoment bus)

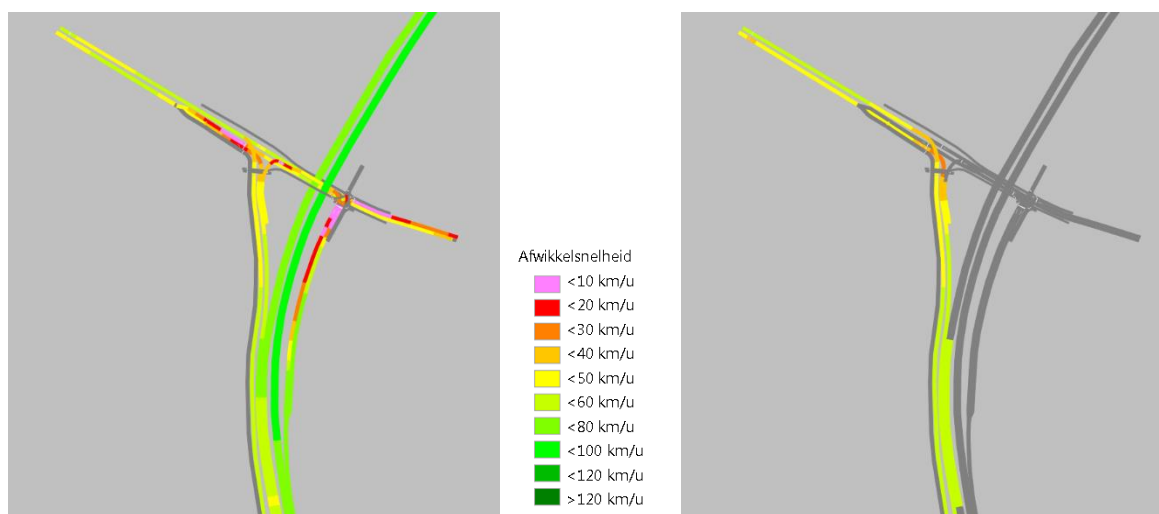
### 4.1.3 2030 Variant 2a

In Variant 2a kan het verkeer vanaf de Zeeweg en het viaduct richting de N206 in dezelfde fase groen krijgen, zoals is weergegeven in Figuur 4-4.



Figuur 4-4: Overzicht aansluiting Zeeweg

Op de oprit is een weefvak waar beide verkeersstromen samen komen. Door deze aanpassing is een gering positief effect op de wachtrijen bij de aansluiting Zeeweg te zien.

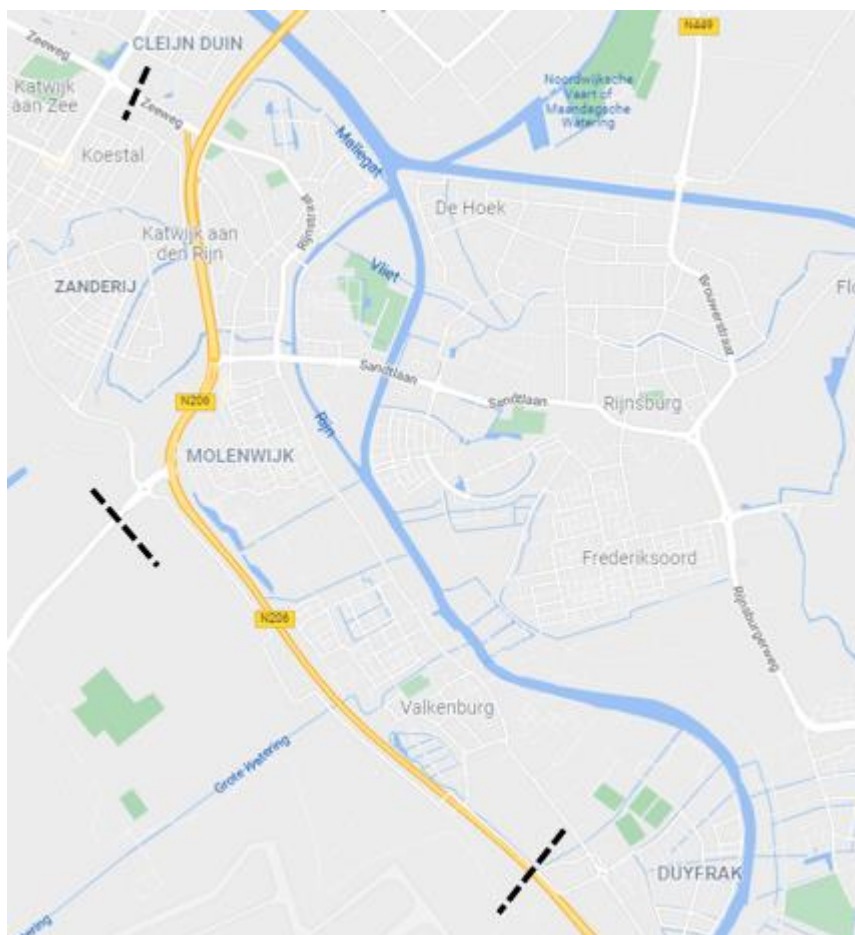


Figuur 4-5: Afwikkelsnelheid avondspits 2030 Variant 2a (links: piekmoment; rechts: piekmoment bus)

## 4.2 Analyse verkeersafwikkeling

Voor een verdere beoordeling van de verkeersafwikkeling zijn voertuigverliesuren en reistijden van de R-net bussen geanalyseerd. De voertuigverliesuren geven een beeld van de afwikkeling op het gehele gemodelleerde netwerk. In paragraaf 3.2 is een beschrijving van de voertuigverliesuren gegeven. Met de reistijd analyses kunnen lokale knelpunten inzichtelijk worden gemaakt.

- **Reistijden** op het netwerk. Per tijdstap (15 min) is de gemiddelde reistijd voor bus tussen twee meetpunten berekend. De reistijden zijn gemeten voor de bus van Leiden – Katwijk en Wassenaar – Katwijk in beide richtingen. In Figuur 4-6 zijn de locaties van de meetpunten weergegeven.



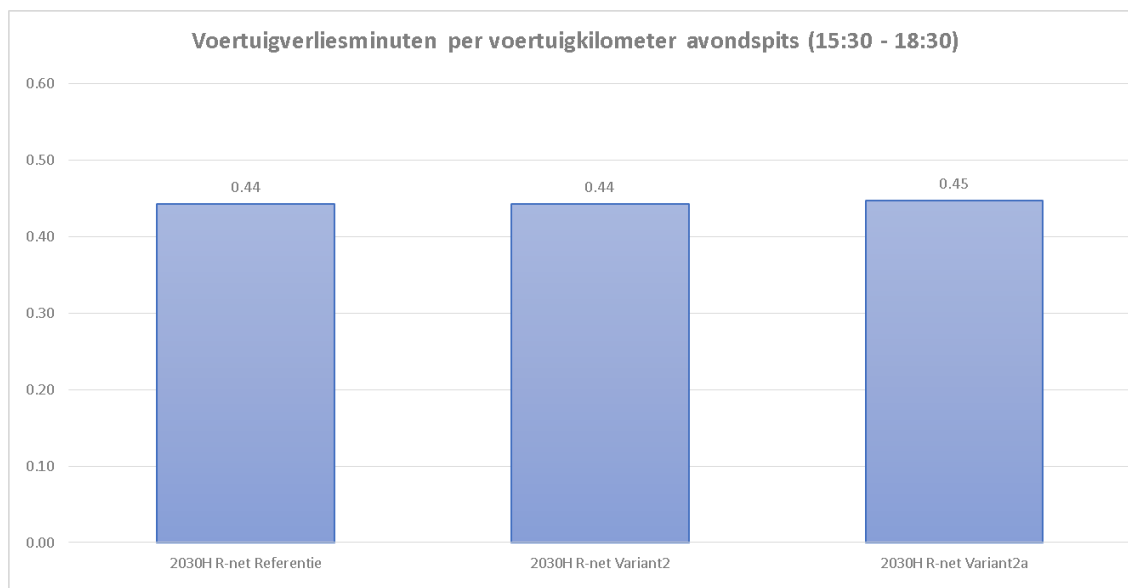
Figuur 4-6: meetpunten afleiden reistijden

#### 4.2.1 Voertuigverliesuren

De voertuigverliesuren geven een indicatie van de 'overall'-vertraging op het netwerk. In Figuur 4-7 is het aantal voertuigverliesminuten per voertuigkilometer weergegeven.

De verliestijd per voertuigkilometer is voor alle varianten nagenoeg gelijk. Dit houdt in dat de aanpassingen per variant nagenoeg geen effect hebben op de gemiddelde vertraging per voertuig in de avondspits.





Figuur 4-7: Verliestijd per voertuigkilometer voor avondspits per variant

## 4.2.2 Reistijden

In Figuur 4-8 t/m 4-10 zijn de gemiddelde reistijden van de bus per kwartier weergegeven. Deze reistijden zijn inclusief de halteringstijden. In de referentie situatie zijn de reistijden de gehele periode van de bus constant. Dit geeft aan dat de drukte in het piekmoment nauwelijks invloed heeft op de reistijd van de bussen.

In Variant 2 en 2a zijn de reistijden van de bus vergelijkbaar met die van de referentie situatie. Ook zien we weinig fluctuaties in de reistijd over de gehele periode terug.

Reistijden in minuten per traject												
Variant: 2030H R-net Referentie												
Dagdeel: Avondspits	15:30-15:45	15:45-16:00	16:00-16:15	16:15-16:30	16:30-16:45	16:45-17:00	17:00-17:15	17:15-17:30	17:30-17:45	17:45-18:00	18:00-18:15	18:15-18:30
Bus Leiden - Katwijk	4.9	4.8	4.9	4.8	4.9	4.9	4.8	4.8	5.0	4.9	4.9	4.9
Bus Katwijk - Leiden	5.0	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.8	4.8	5.0	4.9	4.9	4.9
Bus Wassenaar - Katwijk	2.8	2.7	2.8	2.7	2.8	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.8	2.9
Bus Katwijk - Wassenaar	2.8	2.7	2.7	2.8	2.8	2.8	2.8	2.7	2.8	2.8	2.8	2.8

Figuur 4-8: Reistijden (minuten) avondspits 2030 Referentie

Reistijden in minuten per traject												
Variant: 2030H R-net Variant 2												
Dagdeel: Avondspits	15:30-15:45	15:45-16:00	16:00-16:15	16:15-16:30	16:30-16:45	16:45-17:00	17:00-17:15	17:15-17:30	17:30-17:45	17:45-18:00	18:00-18:15	18:15-18:30
Bus Leiden - Katwijk	5.0	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.8	4.8	5.0	4.9	4.9	4.9
Bus Katwijk - Leiden	5.0	5.0	5.0	4.9	5.0	4.9	5.1	4.9	5.0	5.0	4.9	4.9
Bus Wassenaar - Katwijk	2.8	2.8	3.0	2.8	2.8	2.7	2.7	2.7	2.8	2.8	2.8	2.9
Bus Katwijk - Wassenaar	2.8	2.7	2.8	2.8	2.9	2.8	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8

Figuur 4-9: Reistijden (minuten) avondspits 2030 Variant 2

Reistijden in minuten per traject												
Variant: 2030H R-net Variant 2a												
Dagdeel: Avondspits	15:30-15:45	15:45-16:00	16:00-16:15	16:15-16:30	16:30-16:45	16:45-17:00	17:00-17:15	17:15-17:30	17:30-17:45	17:45-18:00	18:00-18:15	18:15-18:30
Bus Leiden - Katwijk	4.9	4.9	4.9	4.8	4.9	4.9	4.8	4.8	5.0	4.8	4.9	4.9
Bus Katwijk - Leiden	5.0	4.9	5.0	4.9	4.9	5.0	4.8	4.9	5.0	4.9	5.0	5.0
Bus Wassenaar - Katwijk	2.8	2.7	2.8	2.8	2.9	2.8	2.7	2.7	2.8	2.7	2.8	2.9
Bus Katwijk - Wassenaar	2.8	2.7	2.8	2.8	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.9	2.7	2.8

Figuur 4-10: Reistijden (minuten) avondspits 2030 Variant 2a

### 4.3 Bevindingen

Op basis van de resultaten van de dynamische berekeningen uit Fase 2 zijn onderstaande bevindingen gedaan:

- De aanpassingen die zijn gedaan in Fase 2 hebben een positief effect op de verkeersafwikkeling bij de aansluiting Zeeweg. Er staan minder lange wachtrijen op de Zeeweg en bij het opstelvak voor de afslaan beweging vanaf het viaduct naar de N206.
- De afwikkelingsnelheid en de verliestijd per voertuigkilometer zijn nagenoeg gelijk tussen de berekende varianten. Dit geeft aan dat de aanpassingen die in de varianten zijn gedaan weinig tot geen effect hebben op het algemene verkeersbeeld in de avondspits t.o.v. de referentie situatie.
- In de referentie situatie is in beide richtingen een vrij liggende busbaan tussen de Molentuinweg en de Zeeweg. In Variant 2 en 2a gaat de bus in zuidelijke richting via de oprit over bestaande bus rijstrook langs de N206. De reistijden van de bus zijn echter nagenoeg gelijk aan die in de referentie situatie.
- In Variant 2a is t.o.v. van Variant 2 een weefvak aan de oprit aan de westzijde gerealiseerd. Dit heeft een gering positief effect op de wachtrijlengtes op de Zeeweg.
- Binnen deze fase van de studie is geen nader onderzoek gedaan naar de fysieke inpassingsmogelijkheden van de afzonderlijke oplossingsrichtingen.

## Bijlage A

In Figuur A-1 t/m A-3 zijn de reistijden uit Fase 1 voor bus weergegeven per variant.

Reistijden in minuten per traject												
Variant: 2030H R-net Referentie												
Dagdeel: Ochtendspits	06:30-06:45	06:45-07:00	07:00-07:15	07:15-07:30	07:30-07:45	07:45-08:00	08:00-08:15	08:15-08:30	08:30-08:45	08:45-09:00	09:00-09:15	09:15-09:30
Bus Leiden - Katwijk	4.9	4.9	4.9	4.9	4.8	4.9	4.8	4.8	4.9	4.9	4.9	4.9
Bus Katwijk - Leiden	5.0	5.0	5.0	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	5.0	5.0	4.9	5.0
Bus Wassenaar - Katwijk	2.8	2.7	2.8	2.8	2.9	2.7	2.8	2.7	2.8	2.8	2.8	2.8
Bus Katwijk - Wassenaar	2.8	2.7	2.8	2.8	2.8	2.7	2.7	2.7	2.7	2.8	2.7	2.9

Reistijden in minuten per traject												
Variant: 2030H R-net Referentie												
Dagdeel: Avondspits	15:30-15:45	15:45-16:00	16:00-16:15	16:15-16:30	16:30-16:45	16:45-17:00	17:00-17:15	17:15-17:30	17:30-17:45	17:45-18:00	18:00-18:15	18:15-18:30
Bus Leiden - Katwijk	4.9	4.9	4.9	4.9	4.8	4.9	4.8	4.8	4.9	4.9	4.9	4.9
Bus Katwijk - Leiden	5.0	5.0	5.0	4.9	4.9	5.0	5.1	4.9	5.0	4.9	5.0	5.0
Bus Wassenaar - Katwijk	2.8	2.7	2.8	2.9	2.8	2.8	2.9	2.8	2.7	2.9	2.8	2.8
Bus Katwijk - Wassenaar	2.8	2.7	2.8	3.0	2.8	2.7	2.9	2.7	2.9	2.8	2.7	2.8

Figuur A-1: Reistijden bus voor ochtend- en avondspits 2030 Referentie- Fase 1

Reistijden in minuten per traject												
Variant: 2030H R-net Variant 1												
Dagdeel: Ochtendspits	06:30-06:45	06:45-07:00	07:00-07:15	07:15-07:30	07:30-07:45	07:45-08:00	08:00-08:15	08:15-08:30	08:30-08:45	08:45-09:00	09:00-09:15	09:15-09:30
Bus Leiden - Katwijk	5.1	5.1	5.4	5.8	5.7	6.2	5.3	5.3	5.8	5.3	5.3	5.4
Bus Katwijk - Leiden	5.1	5.1	5.0	5.0	5.1	5.1	5.1	5.0	5.1	5.0	5.1	5.0
Bus Wassenaar - Katwijk	2.9	3.8	3.5	4.0	3.6	3.0	3.3	3.3	3.0	3.1	3.1	3.6
Bus Katwijk - Wassenaar	3.0	2.8	3.0	2.8	3.0	2.9	3.0	2.8	2.8	2.7	2.9	3.2

Reistijden in minuten per traject												
Variant: 2030H R-net Variant 1												
Dagdeel: Avondspits	15:30-15:45	15:45-16:00	16:00-16:15	16:15-16:30	16:30-16:45	16:45-17:00	17:00-17:15	17:15-17:30	17:30-17:45	17:45-18:00	18:00-18:15	18:15-18:30
Bus Leiden - Katwijk	5.2	5.2	5.4	5.8	5.8	5.2	5.3	5.9	5.6	5.7	5.8	5.8
Bus Katwijk - Leiden	5.1	5.1	5.1	5.0	5.1	5.1	5.1	5.1	5.3	5.1	5.1	5.0
Bus Wassenaar - Katwijk	3.4	3.1	3.8	3.8	3.6	3.7	3.8	4.5	3.8	3.1	3.4	4.0
Bus Katwijk - Wassenaar	2.9	2.8	3.0	3.1	2.9	3.1	3.1	3.3	3.2	3.2	2.9	2.9

Figuur A-2: Reistijden bus voor ochtend- en avondspits 2030 Variant 1- Fase 1

Reistijden in minuten per traject												
Variant: 2030H R-net Variant 2												
Dagdeel: Ochtendspits	06:30-06:45	06:45-07:00	07:00-07:15	07:15-07:30	07:30-07:45	07:45-08:00	08:00-08:15	08:15-08:30	08:30-08:45	08:45-09:00	09:00-09:15	09:15-09:30
Bus Leiden - Katwijk	4.9	4.9	4.9	4.9	4.8	4.9	4.8	4.8	4.9	4.9	4.9	4.8
Bus Katwijk - Leiden	5.1	5.1	5.2	5.0	5.2	5.1	4.9	4.9	5.1	5.1	5.0	5.1
Bus Wassenaar - Katwijk	2.8	2.7	2.8	2.9	2.9	2.7	2.8	2.8	2.8	2.7	2.8	2.9
Bus Katwijk - Wassenaar	3.0	2.8	2.9	3.0	3.0	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9	3.1	3.0

Reistijden in minuten per traject												
Variant: 2030H R-net Variant 2												
Dagdeel: Avondspits	15:30-15:45	15:45-16:00	16:00-16:15	16:15-16:30	16:30-16:45	16:45-17:00	17:00-17:15	17:15-17:30	17:30-17:45	17:45-18:00	18:00-18:15	18:15-18:30
Bus Leiden - Katwijk	5.0	4.9	4.8	4.9	4.9	4.9	4.8	4.8	4.9	4.9	4.9	4.9
Bus Katwijk - Leiden	5.0	5.1	5.2	5.0	5.1	5.2	5.1	5.2	5.2	5.1	5.1	5.0
Bus Wassenaar - Katwijk	2.9	2.8	2.8	2.8	2.9	2.9	2.9	2.8	2.8	2.8	2.8	2.9
Bus Katwijk - Wassenaar	2.9	2.8	2.9	3.0	3.2	2.8	3.3	3.1	3.1	2.8	2.8	2.9

Figuur A-2: Reistijden bus voor ochtend- en avondspits 2030 Variant 2 - Fase 1