

Notitie – Modelstudie Landbouwpasseerhavens

De provincie Gelderland plant de realisatie van verplichte landbouwpasseerhavens op de N318, dit ter bevordering van de doorstroming en veiligheid op deze wegen. Daarbij heeft de provincie behoefte aan inzicht over de wachttijd van landbouwvoertuigen op verplichte passeerhavens en de doorstromingsvoordelen voor het overige verkeer en heeft Sweco gevraagd dit inzichtelijk te maken. Om de wacht- en rijtijden te kwantificeren is een modelstudie uitgevoerd.

1 Aanleiding

In agrarische gebieden rijden landbouwvoertuigen dikwijls over de hoofdrijbaan van gebiedsontsluitingswegen om bij hun bestemming te komen. Zij rijden hier 40 tot 45 km/uur, terwijl de toegestane maximumsnelheid 80 of 100 km/uur is. Het verkeer wat achter een landbouwvoertuig rijdt en vertraagd wordt, heeft vaak weinig tot geen veilige inhaalbaarheid wat tot onveilige situaties kan leiden.



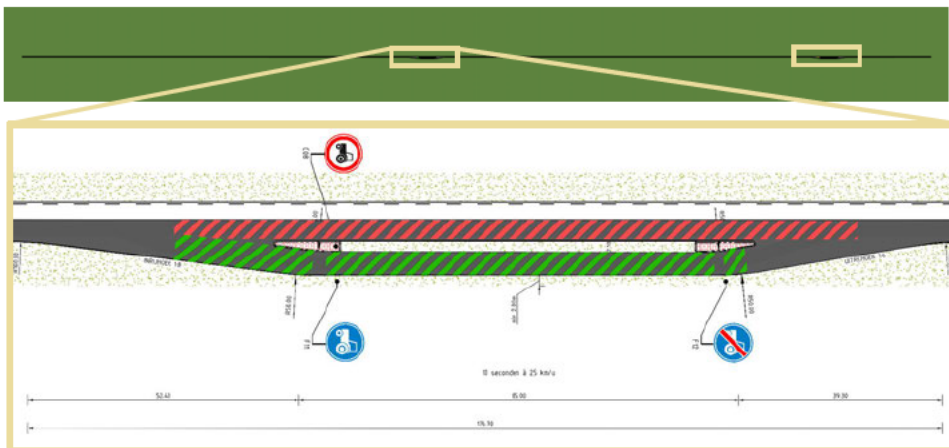
Om de verkeersveiligheid en doorstroming te verbeteren is een verplichte landbouwpasseerhaven een mogelijke oplossing. Hier moeten landbouwvoertuigen inrijden zodat overig verkeer veilig kan passeren, om vervolgens zelf weer in te voegen. Het doel van dit onderzoek is om te kwantificeren wat de wachttijden voor landbouwvoertuigen op de passeerhaven zijn, voordat deze weer veilig kunnen invoegen en wat de rijtijdwinst is voor het overige verkeer.

2 Modelstudie landbouwpasseerhavens

Om de wachttijden op de landbouwpasseerhaven te kwantificeren is een microsimulatiemodel in Paramics ontwikkeld van een provinciale weg. Daarbij zijn varianten ontwikkeld waarin wel of geen passeerhavens worden gerealiseerd. Het modelnetwerk is een abstractie van de N318, tussen Varsseveld en Aalten, bestaande uit een recht stuk weg van ruim 4 km met 2 passeerhavens op 2 km onderlinge afstand. Het model is representatief voor provinciale wegen met passeerhavens en resultaten kunnen om die reden ook een indicatie zijn voor passeerhavens op andere locaties. Het modelnetwerk is te zien in Afbeelding 1. Er is een periode gesimuleerd van 6 uur 's ochtends tot 12 uur midden op de dag, waarin een breed bereik van verkeersintensiteiten voorkomt van zowel de piekdrukke als de op- en afbouw daarvan. De intensiteiten in de simulatie komen overeen met de data uit verkeers tellingen op de N318 (voor een gemiddelde ochtendspits in 2018/2019) en zijn te vinden in de bijlagen.

Het gedrag van landbouwvoertuigen is in het model geïmplementeerd door een voertuigtype te definiëren voor een representatief landbouwvoertuig waarbij tevens is gekeken naar het invoeggedrag. Het landbouwvoertuig is gebaseerd op een John Deere 8R 340 met een half beladen kiepwagen, met een totaalgewicht van 39.000 kg. De versnelling van 0 tot 40 km/uur voor deze combinatie is 8,9 seconden. Deze parameters zijn in overleg met de provincie Gelderland bepaald en de provincie heeft hierover afstemming gehad met contacten uit de agrarische sector. Berekeningen die de onderbouwing vormen voor de parameters zijn te vinden in de bijlagen van dit document.

Er zijn twee situaties gesimuleerd om de wacht- en rijtijden te kunnen kwantificeren. Allereerst is een referentiesituatie gesimuleerd, zonder passeerhavens. Daarna is de projectsituatie gesimuleerd, met passeerhavens. Door de rijtijden en vertragingen voor de verschillende vervoerstypes over de aparte wegvakken in het model met elkaar te vergelijken, zijn de minimale, gemiddelde en maximale wacht- en rijtijden berekend. Iedere situatie is 25 keer gesimuleerd om betrouwbare gemiddelden te kunnen berekenen uit de resultaten.



Afbeelding 1: Geabstraheerd Paramics modelnetwerk van een provinciale weg met landbouwpasseerhavens, inclusief detailbeeld van de passeerhaven.

2.1 Referentiesituatie zonder passeerhaven

In de referentiesituatie wordt door het landbouwverkeer op de provinciale weg geen gebruik gemaakt van de landbouwpasseerhaven. Het model bevat een recht wegvak van ruim 4 km, waarop verkeer niet is toegestaan in te halen. Dit is niet in overeenstemming met de actuele situatie op de N318 (inhalen is hier op grote delen wel toegestaan), maar hiervoor is gekozen vanwege de zuiverheid van de vergelijking. De praktijk leert bovendien dat het gedurende grote delen van de dag niet mogelijk is om veilig in te halen.

Landbouwvoertuigen rijden ongeveer 40 km/uur en het overige verkeer 80 km/uur. Wanneer een voertuig achter een landbouwvoertuig terecht komt, zal deze dus vertragen tot de snelheid van het landbouwvoertuig en vertraging oplopen (ten opzichte van de voor het voertuig toegestane maximumsnelheid) over de gemaakte rit.

2.2 Projectsituatie met passeerhaven

In de projectsituatie wordt door de landbouwvoertuigen verplicht gebruik gemaakt van de passeerhavens die op 2 km onderlinge afstand van elkaar liggen. De landbouwvoertuigen moeten bij het terug invoegen op de hoofdweg voorrang verlenen aan het verkeer op de hoofdweg en kunnen om die reden vertraging oplopen op de passeerhavens. De gemiddelde wachttijd varieert afhankelijk van de verkeersdruk op de hoofdrijbaan.

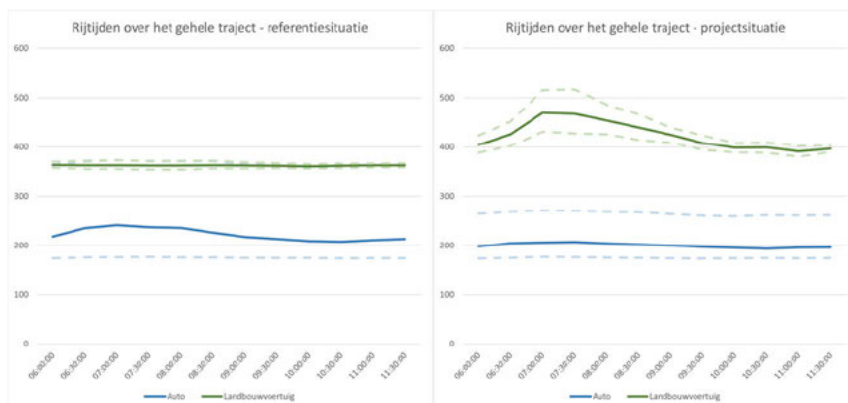
3 Resultaten

De simulaties van de referentiesituatie en de projectsituatie leveren onder andere rijtijden als resultaten op, over de gehele lengte van het traject en over kortere segmenten binnen het netwerk.

De volgende alinea's van deze notitie geven de resultaten weer en maken een vergelijking mogelijk tussen beide situaties om tot de wachttijden voor landbouwvoertuigen te komen en de tijds winst voor het overig verkeer te berekenen.

3.1 Rijtijden per voertuigtype

Afbeelding 2 toont de minimale, gemiddelde en maximale rijtijden per voertuig voor auto's (overig verkeer) en voor landbouwvoertuigen.



Afbeelding 2: Rijtijden over het gehele traject voor de referentiesituatie (links) en de projectsituatie (rechts).

In de rijtijdgrafiek is te zien dat de gemiddelde rijtijd met name in de drukste periode verbetert (zo'n 40 seconden) in de projectsituatie (met passeerhavens). In de rustige (restdag) periode is het verschil veel kleiner (zo'n 10 seconden). Om de rij- en wachttijden te kunnen relateren aan de verkeersdruk, zijn in de onderstaande tabel de verkeersintensiteiten per periode in de simulatie weergegeven. Deze intensiteiten zijn ook te vinden in de bijlagen, samen met de verdeling van auto's en vrachtverkeer per uur.

Tabel 1: Verkeersintensiteiten per periode in de simulatie

	06:00-07:00	07:00-08:00	08:00-09:00	09:00-10:00	10:00-11:00	11:00-12:00
Verkeersintensiteit (mvt/uur)	440	776	586	359	332	342
Gemiddelde vertraging landbouwvoertuig (sec) (2 passeerhavens)	58	113	91	59	42	35

De minimale rijtijden (vrije rijtijd) voor landbouwvoertuigen zijn twee keer zo hoog als die voor het overige verkeer (dat 80 km/uur rijdt), wat te verklaren is door de geringe snelheid die ook twee keer zo laag ligt voor landbouwvoertuigen.

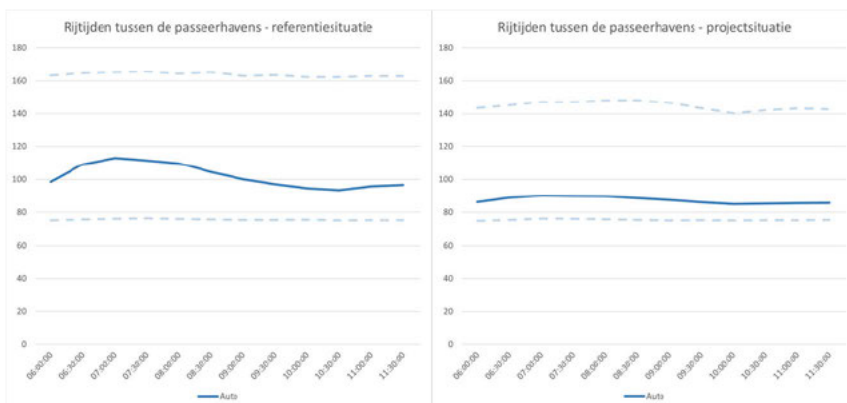
De minimale rijtijden (onderste gestreepte lijnen) tonen in de referentiesituatie de rijtijd zonder vertraging. Voor het overige verkeer betekent dit dat zij geen langzaam rijdend verkeer zijn tegengekomen op het traject. In de projectsituatie hebben de landbouwvoertuigen in alle periodes van de simulatie vertraging ondervonden door het gebruik van de passeerhavens. Zowel de minimale als de gemiddelde en maximale rijtijden voor landbouwvoertuigen bewegen in de projectsituatie mee met de verkeersintensiteiten. Op het drukste moment in de ochtendspits kan de rijtijd oplopen tot gemiddeld 470 seconden (zo'n 110 seconden hoger dan de vrije rijtijd in de referentiesituatie). De maximale rijtijden voor het overige verkeer vallen in de referentiesituatie samen met die voor landbouwvoertuigen. Dit wordt veroorzaakt doordat verkeer vanaf het begin van het traject direct achter een landbouwvoertuig kan komen te rijden en vervolgens het gehele traject op lage snelheid meerijdt.

Tot slot geeft de spreiding van de rijtijd tussen de minimale en maximale rijtijd inzicht in de betrouwbaarheid van de rijtijd over het traject. In de projectsituatie is te zien dat de spreiding van de rijtijd voor landbouwverkeer toeneemt met op het piekmoment een spreiding van 50 seconden (plus of min 25 sec.). Voor het overige verkeer neemt de spreiding ten opzichte van de referentiesituatie juist af.

Deze spreiding lag in de referentie tussen de 175 en de 370 sec. (zo'n 200 sec.) en is in de projectsituatie tussen de 175 en de 270 sec (zo'n 100 sec.). Dit is een verbetering van 50% met dus een veel betrouwbaardere rijtijd voor het overige verkeer.

3.1.1 Rijtijden tussen de passeerhavens

Op het wegvak tussen de twee passeerhavens in wordt de werkelijke tijdswinst geboekt voor het overige verkeer. Het verkeer is niet een landbouwvoertuig gepasseerd dat de passeerhaven in is gereden en kan op hogere snelheid doorrijden, tot ze (mogelijk) weer een volgend langzaam rijdend voertuig tegen komen. In afbeelding 3 zijn de rijtijden op het wegvak tussen de passeerhavens in weergegeven, voor het overige verkeer (auto), in de referentie- en de projectsituatie.

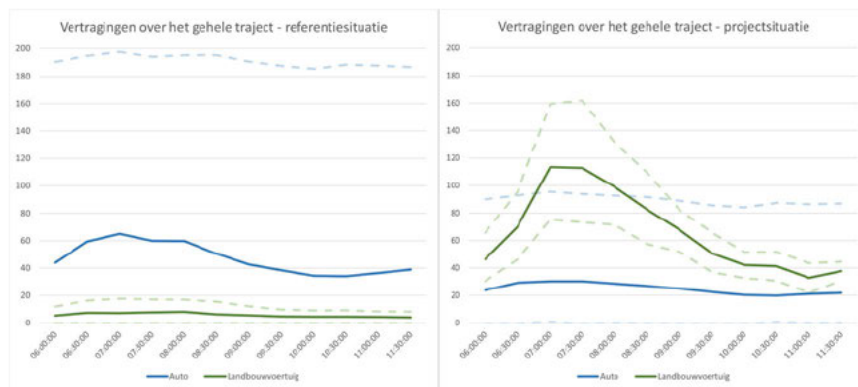


Afbeelding 3: Rijtijden voor autoverkeer over het wegvak tussen twee passeerhavens, voor de referentiesituatie (links) en de projectsituatie (rechts).

3.2 Vertraging per voertuigtype

De rijtijden kunnen met elkaar worden vergeleken om de vertraging per voertuig te verkrijgen, voor overig verkeer (auto) en landbouwvoertuigen.

De vertragingen zijn berekend door de gemiddelde en maximale rijtijden in beide situaties te vergelijken met de minimale rijtijden in de referentiesituatie (vrije rijtijd). De vertragingen zijn getoond in afbeelding 4.



Afbeelding 4: Vertragingen over het gehele traject voor de referentiesituatie (links) en de projectsituatie (rechts).

De vertragingen voor landbouwvoertuigen en overig verkeer (auto) tonen een duidelijker beeld van wat uit de rijtijden in afbeelding 2 af te leiden is.

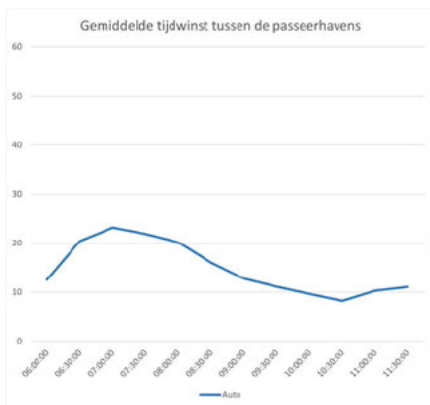
De vertraging voor landbouwvoertuigen is verhoogd in de situatie waar de passeerhavens gerealiseerd worden, terwijl de vertraging voor het overig verkeer juist is afgenomen. De gemiddelde vertraging over het gehele traject is voor overig verkeer van 35 tot 65 sec. naar 20 tot 30 sec. verlaagd. De gemiddelde vertraging voor landbouwvoertuigen kan over het gehele traject oplopen tot 115 sec. en de maximale wachttijd tot 160 sec. De gemiddelde vertraging voor landbouwvoertuigen is in de referentiesituatie niet 0 doordat het gedrag en de gereden snelheid van ieder landbouwvoertuig in de simulatie licht varieert rond het vooraf ingevoerde gemiddelde. De vertraging is gemeten ten opzichte van de landbouwvoertuigen met de snelste rijtijd over het gehele traject.

De betrouwbaarheid van de rijtijd voor overig verkeer wordt ook duidelijk verbeterd, wat te zien is aan de bandbreedte tussen de minimale en maximale vertraging in de beide situaties. De verbeterde betrouwbaarheid van de rijtijd voor auto's uit zich ook qua verkeersveiligheid. De hoog oplopende vertragingen in de referentiesituatie betreffen juist de situaties waarin automobilisten hun geduld verliezen en meer risico's gaan nemen om een landbouwvoertuig in te halen. De halvering van de maximale verliestijd in de situatie met passeerhavens laat zien dat de kans op dergelijke situaties substantieel kleiner wordt.

3.2.1 Tijdwinst tussen de passeerhavens

De tijdwinst door het gebruik van de landbouwpasseerhavens komt voor een groot deel door de hogere snelheid die gereden kan worden op het wegvak tussen twee passeerhavens. De tijdwinst in de projectsituatie is verkregen door de rijtijden (afbeelding 3) tussen de passeerhavens in de beide situaties met elkaar te vergelijken. De tijdwinst is getoond in afbeelding 5.

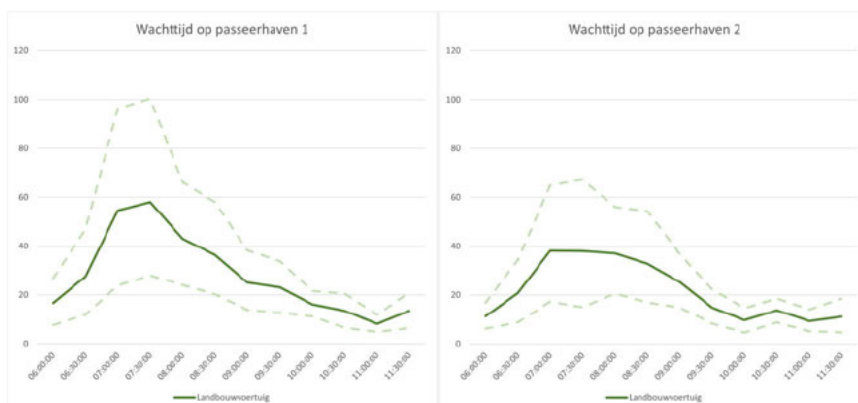
De gemiddelde tijdwinst voor overige verkeer bij gebruik van landbouwpasseerhavens is het grootst bij het drukste moment in de ochtendspits en bedraagt ongeveer 23 seconden. Over de gehele periode wordt gemiddelde tijdwinst geboekt bij het gebruik van de landbouwpasseerhaven.



Afbeelding 5: Gemiddelde tijdwinst tussen de passeerhavens voor overig verkeer.

3.2.2 Wachttijd op de passeerhavens

De wachttijd op de passeerhavens is berekend met behulp van de rijtijden op de passeerhavens. Deze wachttijden zijn weergegeven in afbeelding 6. Passeerhaven 1 is de meest linker (stroomopwaarts gelegen) passeerhaven in het netwerk (zie afbeelding 1) en passeerhaven 2 is de meest rechter passeerhaven.



Afbeelding 6: Wachttijden voor landbouwvoertuigen op passeerhaven 1 (links) en passeerhaven 2 (rechts).

De wachttijden op de passeerhavens zijn sterk afhankelijk van de verkeersdruk op de hoofdweg. Op het drukste moment rijden er ongeveer 780 voertuigen per uur over het netwerk, terwijl dat er ongeveer 330 per uur zijn op het rustigste moment. Daarnaast geeft een stroomafwaarts gelegen passeerhaven een kortere wachttijd. Dit kan mogelijk verklaard worden door de kolonnevorming van overig verkeer na passeerhaven 1, wat het invoegen van landbouwvoertuigen gemakkelijker maakt bij passeerhaven 2.

Op het drukste moment kan de maximale (gemiddelde) wachttijd op een passeerhaven oplopen tot 100 seconden. De minimale wachttijd is altijd groter dan 0, wat aangeeft dat een landbouwvoertuig in de ochtend altijd iets vertraging op zal lopen bij gebruik van de passeerhavens. De gemiddelde wachttijd op het drukste moment is 59 seconden op passeerhaven 1 en 39 seconden op passeerhaven 2.

3.2.3 Voertuigverliesuren

De netto tijdwinst voor het verkeer bij toepassing van verplichte landbouwpasseerhavens is berekend met behulp van voertuigverliesuren (VUU) over het gehele traject. Tabel 2 toont de VUU's voor de referentiesituatie en de projectsituatie, voor landbouwvoertuigen en voor het overig verkeer.

Tabel 2: Voertuigverliesuren in de referentiesituatie en projectsituatie, voor landbouwvoertuigen en overig verkeer

	<i>Referentiesituatie</i>	<i>Projectsituatie</i>
<i>Landbouwvoertuigen</i>	03m 43s	43m 26s
<i>Overig verkeer</i>	37u 03m 19s	18u 53m 01s

De VUU's voor landbouwvoertuigen nemen toe en die voor overig verkeer nemen af, zoals ook in de vertraging in afbeelding 4 te zien is. De totale toename van de VUU's voor landbouwvoertuigen is echter vele malen kleiner dan die voor overig verkeer. Dit komt omdat het volume van het overige verkeer vele malen groter is dan het aantal landbouwvoertuigen, waardoor de totale VUU's omlaag gaan in de projectsituatie. De afname bedraagt zo'n 18 verliesuren per 4 kilometer provinciale weg (met twee passeerhavens) voor de gesimuleerde periode van 6:00 tot 12:00. De besparing aan VUU per etmaal is circa 2 tot 2,5 keer zo groot.

4 Conclusies

Het gebruik van landbouwpasseerhavens is effectief in het verminderen van vertraging voor het overige verkeer, maar zorgt daarbij voor vertraging voor landbouwvoertuigen.

De gemiddelde rijtijd verbetert met name in de drukste periode (gemiddeld zo'n 40 seconden) in de situatie met passeerhavens. In de rustige (restdag) periode is het verschil veel kleiner (zo'n 10 seconden).

De tijdwinst van autoverkeer wordt voor een groot deel geboekt op het 2 km lange wegvak tussen twee passeerhavens en is gemiddeld tussen de 9 en 23 seconden per voertuig. De maximale vertraging die het overige verkeer kan oplopen op het totale traject wordt bij gebruik van landbouwpasseerhavens teruggebracht van ongeveer 200 seconden naar ongeveer 100 seconden. Landbouwvoertuigen ondervinden een vertraging van gemiddeld 115 seconden op het drukste moment van de ochtendspits en kunnen maximaal 160 seconden vertraging oplopen over het gehele traject (met twee passeerhavens).

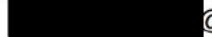
Op een passeerhaven staat een landbouwvoertuig gemiddeld tussen de 39 en 59 seconden te wachten in de drukste periode en kan maximaal bijna 100 seconden staan wachten op een passeerhaven.

De vertraging op netwerkniveau (voertuigverliesuren) neemt af met zo'n 18 verliesuren minder, per 4 kilometer provinciale weg (met twee passeerhavens en een intensiteit van 780 motorvoertuigen per uur).

Verantwoording

Titel Modelstudie Landbouwpasseerhavens
Onderwerp Landbouw passeerhavens sim
Projectnummer 51013358
Klant Provincie Gelderland
Referentienummer NL22-648800269-39125
Versie C1

Datum 16-12-2022

Auteur 
E-mailadres @sweco.nl

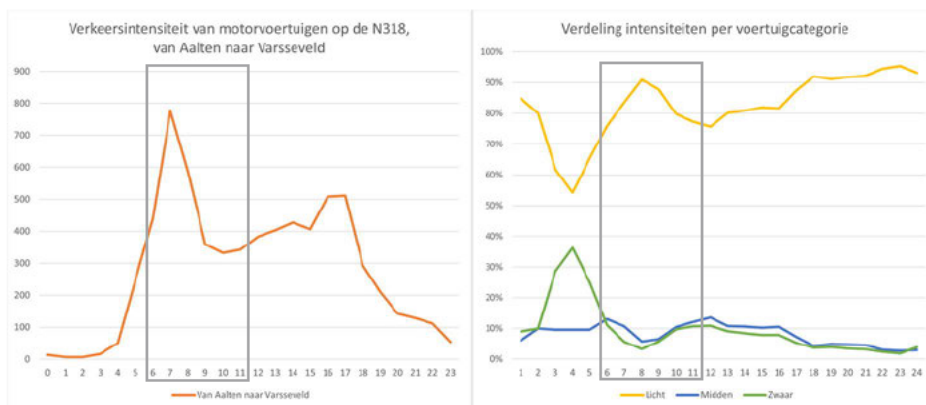
Gecontroleerd door
Paraaf gecontroleerd

Vrijgegeven door
Paraaf vrijgegeven



Bijlage A – Verkeersintensiteiten N318, tussen Aalten en Varsseveld

Voor het bepalen van de verkeersintensiteiten in de simulaties is gebruik gemaakt van verkeerstellingen op de N318, tellocatie 2 van Aalten naar Varsseveld, uit Geldersverkeer 2018 en 2019. De tellingen per uur zijn weergegeven in afbeelding A (links) en betreffen het totaal aan motorvoertuigen. Dit is onderverdeeld in categorieën licht (auto's/bestelbusjes), midden (klein vrachtverkeer) en zwaar (groot vrachtverkeer) zoals te zien in afbeelding A (rechts). De simulatieperiode is omkaderd in beide grafieken ter verduidelijking.



Afbeelding A: Verkeersintensiteiten van motorvoertuigen op de N318, van Aalten naar Varsseveld (links) en de verdeling van de intensiteiten per voertuigcategorie (rechts).

De maximale intensiteit in de ochtendspits is 780 voertuigen per uur. In de rustige periode na de ochtendspits daalt de intensiteit tot ongeveer 330 voertuigen per uur. De verdeling van de intensiteiten per voertuigcategorie verandert door de loop van de tijd en is als zodoende in de simulatie verwerkt.

Bijlage B – Eigenschappen van een representatief landbouwvoertuig en invoeggedrag

Om een werkelijkheidsgetrouwe uitkomst uit de simulaties van de landbouw-passeerhavens te verkrijgen, is een representatief landbouwvoertuig gemodelleerd. Hiervoor is een set aan voertuigkenmerken vereist. Deze kenmerken worden in de simulatie gebruikt om het dynamisch gedrag van de landbouwvoertuigen en hun interactie met overig verkeer te bepalen. Het uitgangspunt voor deze kenmerken is een landbouwvoertuig met trailer.

Voor de berekening van de acceleratie van een landbouwvoertuig met aanhanger is een representatief landbouwvoertuig gekozen; de John Deere 8R 340. De specificaties van dit voertuig zijn afgelezen en berekend uit het document met productspecificaties, beschikbaar op de website van John Deere². Het gewicht van dit voertuig staat in Tabel 3. Voor de beladen aanhanger is een gewicht gekozen van 25.000 kg, afgeleid van een zware kipwagen die half beladen is³. Hiermee komt het totaalgewicht van de combinatie op 39.000 kg. Dit valt binnen de limieten vanuit het CROW¹ (50.000 kg). Met dit totaalgewicht en de specificaties van de John Deere 8R is de acceleratie van de combinatie berekend, die tevens in Tabel 3 te vinden is.

Tabel 3: Eigenschappen landbouwvoertuig en aanhanger

Eigenschap	Waarde
Maximumsnelheid landbouwvoertuig	40 km/uur = 11,1 m/s
Gewicht landbouwvoertuig + aanhanger	14.000 + 25.000 = 39.000 kg
Acceleratie	1,25 m/s ²
Remvertraging	4,5 m/s ²

Met de acceleratie in Tabel 3 versnelt een landbouwvoertuig met aanhanger binnen 8,9 seconden van 0 naar 40 km/uur.

B.1 Benodigde Hiaattijd voor Invoegen

Met de bovengenoemde eigenschappen kan ook een hiaattijd berekend worden, die bepalend is voor het besluit van de bestuurder van een landbouwvoertuig om in te voegen op de hoofdweg vanuit de passeerhaven. De hiaattijd is de tijd tussen twee voertuigen op de weg waar op ingevoegd wordt. Dit is tevens geïllustreerd in afbeelding B.

Voor de berekening wordt er uitgegaan van een constante maximumsnelheid van 80 km/uur (22,2 m/s) voor overig verkeer op de hoofdweg.

Het invoegen op de hoofdweg wordt gedaan in constante acceleratie (zoals in Tabel 3), tot de maximum snelheid van 40 km/uur (11,1 m/s). De benodigde tijd voor deze totale versnelling is

$$T = \frac{11,1}{1,25} = 8,87 \text{ sec}$$

In deze tijd is door het landbouwvoertuig een afstand afgelegd van

$$s = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 8,87^2 = 49,3 \text{ m}$$

Een auto heeft in diezelfde tijd een afstand afgelegd van

$$s = 22,2 \cdot 8,87 = 197,0 \text{ m}$$

Bij invoegen moet dus tussen de twee voertuigen een afstand zitten van

$$197,0 - 49,3 = 147,8 \text{ m}$$

In overleg met de provincie Gelderland en contacten uit de agrarische sector is besloten een ruimere afstand te hanteren van 175 m.

Deze afstand wordt door een auto afgelegd in een tijd van

$$\frac{175}{22,2} = 7,9 \text{ sec}$$

Dit is de hiaattijd.

¹ <https://kennisbank.crow.nl/kennismodule/detail/33288>

² <https://www.deere.nl/assets/publications/index.html?id=e1f3fbf8#76>

³ [Cargo 28000 Kipwagen - Peeters Group](#)

Landbouwvoertuig Eigenschappen

Trekker met aanhanger



John Deere 8R 340 + aanhanger

- Gewicht van trekker en aanhanger:
14,000 + 25,000 = 39,000 kg (max. 50,000 kg)
- Maximum snelheid: 40 km/uur
- Versnelling 0 – 40 km/uur: 8.9 seconden
- Hiaattijd (tijd tussen 2 voertuigen): 7.9 seconden
- Hiaatafstand: 175 meter



3

SWECO 

Afbeelding B: Dia uit slideshow met een samenvatting en illustratie van de hiaattijd (en -afstand).