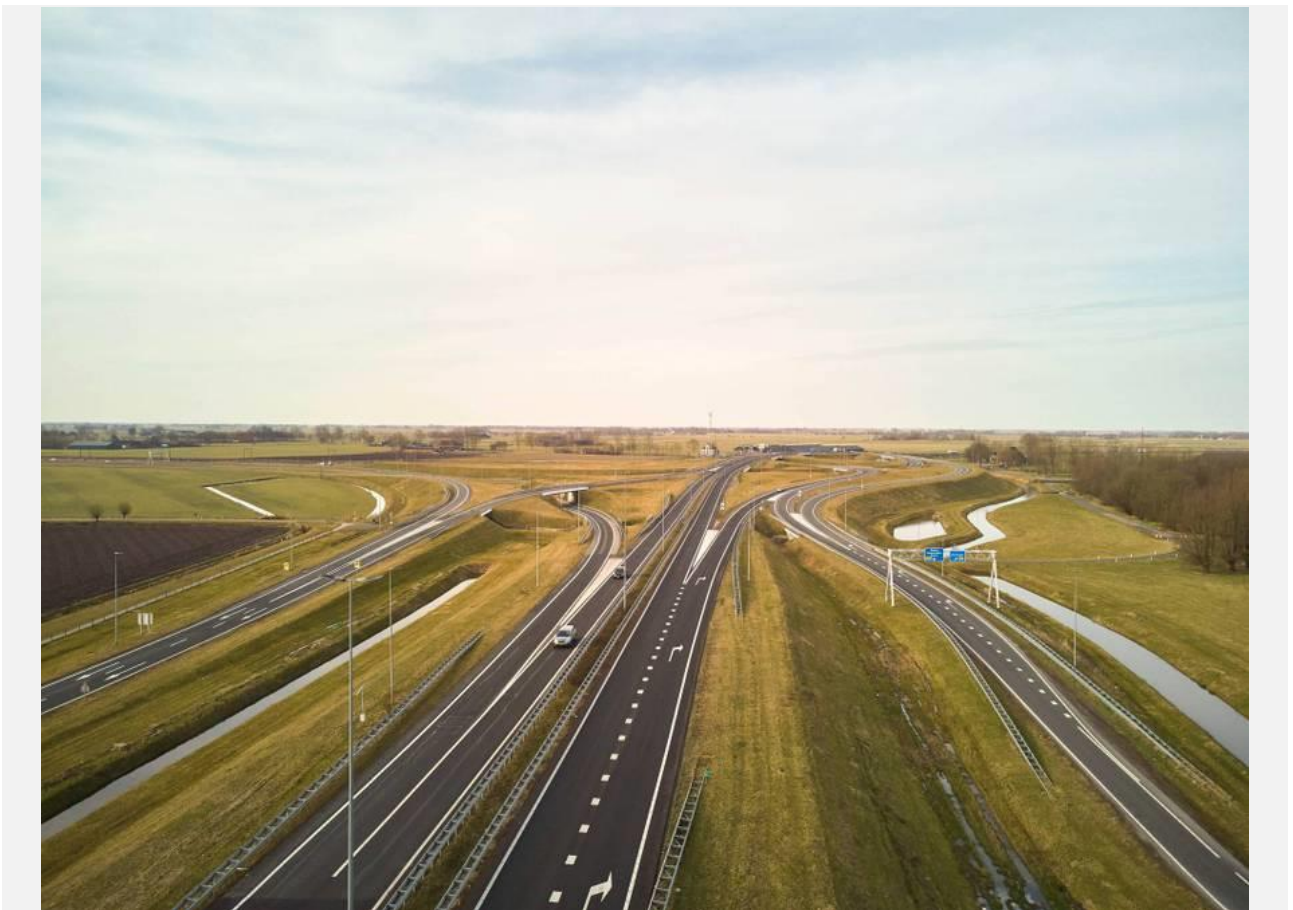


Capaciteitsonderzoek 2021 - 2024

Rapportage capaciteitsmetingen 2023



Rijkswaterstaat

SWECO 

Verantwoording

Titel: Rapportage capaciteitsmetingen 2021 – 2024
Onderwerp: Capaciteitsmetingen 2023
Projectnummer: 51004873
Klant: Rijkswaterstaat
Referentienummer: NL25-648800269-136367
Versie: D2

Datum: 02-06-2025

Auteur: Lianne Cortenbach, Wouter Mieras en Niels
Henkens
E-mailadres: Wouter.Mieras@sweco.nl

Gecontroleerd door: Martijn van Rij
Paraaf gecontroleerd:

Vrijgegeven door:

Martijn van Rij
Paraaf vrijgegeven:

Inhoudsopgave

1.	Inleiding	4
1.1	Aanleiding	4
1.2	Leeswijzer	4
2.	Onderzoeksopzet	5
2.1	Vooronderzoek meetlocaties	5
2.1.1	Type locaties	5
2.1.2	Locatie selectie	5
2.1.3	Bepalen geschiktheid voor capaciteitsmeting	5
2.2	Gebruikte databronnen capaciteit	6
2.2.1	Bestaande databronnen	6
2.2.2	Eigen camerametingen	6
2.3	Bepalen wevende verkeersstromen	7
2.4	Bepalen neerslagwaarde	9
2.5	Bepalen percentage vrachtverkeer	9
2.6	Bepaling plausibiliteit van de capaciteitsmetingen	10
2.6.1	Plausibiliteit halve jaren	10
2.6.2	Beoordeling betrouwbaarheid/plausibiliteit capaciteitsberekening	10
3.	Gebruikte capaciteitsmethoden	11
3.1	Berekening capaciteit	11
3.1.1	Aanscherpen definities en rekenmethodiek	12
3.1.2	Hybride methode camerametingen	13
3.2	Product-Limiet-methode	13
3.3	FOSIM-methode	14
3.4	ECM-methode	14
4.	Samenvatting capaciteitswaarden	15
4.1	Capaciteitstabel	15
	Bijlage – Resultaten per locatie	17



1. Inleiding

1.1 Aanleiding

Capaciteitsmetingen vormen de basis onder het Handboek Capaciteitswaarden Infrastructuur Autosnelweg (CIA) en zijn daarmee ook van belang voor onder andere het Nederlandse wegontwerp, verkeersmaatregelen, verkeersmanagement en verkeerssimulatie. Betrouwbaar inzicht in (de verandering van) de capaciteit van de grote verscheidenheid aan wegsituaties in Nederland is daardoor van belang.

Het Handboek CIA is opgenomen in de Werkzijde aanleg en onderhoud (WWAO) van RWS en daarmee een kader. Om de kennis over capaciteit te onderhouden en up-to-date te houden, voert Rijkswaterstaat structureel metingen van de capaciteit uit. In dit rapport zijn de in 2023 uitgevoerde capaciteitsmetingen beschreven.

1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de onderzoeksaanpak en de gebruikte databronnen beschreven. Hoofdstuk 3 beschrijft inhoudelijk de gebruikte capaciteitsmethoden en de uitgangspunten die daarbij zijn gehanteerd. Hoofdstuk 4 geeft een samenvatting van de capaciteitswaarden van alle bekeken locaties.

In Appendix 1 is per locatie opgenomen:

- belangrijkste kenmerken van het knelpunt;
- luchtfoto van het knelpunt;
- schematische weergave van het knelpunt;
- capaciteitswaarden per half jaar, heel jaar en totale periode voor 5- en 15-minuut aggregatie;
- capaciteitswaarden omgerekend naar 15 % vrachtverkeer (standaard waarde uit Handboek CIA);
- capaciteitswaarden onder neerslag en droge omstandigheden;
- diverse statistieken over de capaciteitsberekeningen van het knelpunt;
- basisdiagram en snelheidscontourplot van het knelpunt;
- frequentieplots van de verdeling per capaciteitsmethode.



2. Onderzoeksopzet

2.1 Vooronderzoek meetlocaties

2.1.1 Type locaties

Tijdens het jaarlijkse startoverleg is besproken welke wensen er waren ten aanzien van de meetlocaties voor zowel bestaande databronnen als voor de camerametingen. Voor de camerametingen is er gekozen om een invoeger en een verbindingssluis in een knooppunt te bekijken. Voor de capaciteitsmetingen met bestaande databronnen is de wens uitgesproken om te kijken naar tapsamenvoegingen, “standaard” locaties met twee of drie rijstroken en locaties met vier rijstroken.

2.1.2 Locatie selectie

Met behulp van shapebestanden van het Nationaal WegenBestand (NWB) en WEGGEG is gezocht naar potentiële locaties die voldeden aan de gewenste typen discontinuïteiten. Daarnaast is van alle beschikbare MoniCa-meetpunten geanalyseerd of er (regelmatig) file aanwezig is.

Vervolgens is er een combinatie van deze databronnen gemaakt, zodat er een selectie beschikbaar kwam van gewenste typen discontinuïteiten waar ook regelmatig file aanwezig was. Van de locaties waar regelmatig file aanwezig was rondom de betreffende discontinuïteit is in een volgende stap verder gekeken naar de geschiktheid voor het uitvoeren van een capaciteitsmeting.

2.1.3 Bepalen geschiktheid voor capaciteitsmeting

Voor het kunnen uitvoeren van een goede capaciteitsmeting is een aantal randvoorwaarden van belang:

- Er dient sprake te zijn van zeer regelmatige (structurele) file op de bottleneck-locatie, om tijdens de meetperioden voldoende congestie te meten.
- De congestie dient te ontstaan op/door de betreffende discontinuïteit en niet als gevolg van terugslag van file verder stroomafwaarts.
- Metingen met bestaande databronnen:
 - Er dienen meetpunten op geschikte locaties rondom de bottleneck te liggen, om zowel het optreden van congestie (stroomopwaarts

van de bottleneck) als de juiste doorstroom langs de bottleneck (stroomafwaarts) te kunnen meten.

- Metingen met camera's:
 - Er dienen geschikte bevestigingspunten te zijn voor de camera's. Bijvoorbeeld lichtmasten op een gunstige afstand/locatie ten opzichte van het te bemeten wegvak.

Om dit te onderzoeken zijn er per locatie snelheidscontourplots gemaakt van de beoogde meetperiode (voor de camerametingen een recente periode in het verleden) rondom de potentiële bottleneck. De door ons ontwikkelde tools vormen de beschikbare MoniCa- of NDW-data om tot snelheidscontourplots per dag en publiceren deze in een kalenderweergave. Op deze manier is per potentiële bottleneck snel te zien:

- hoe frequent er file optreedt (dagelijks, incidenteel, enkel op bepaalde werkdagen, etc.);
- of dit gedurende de gehele meetperiode van twee jaar is;
- of de file een duidelijke vaste bottleneck-locatie heeft, of dat er sprake is van 'spookfiles'/schokgolffiles;
- of er terugslag van congestie stroomafwaarts aanwezig is;
- binnen welk tijdsvenster de congestie optreedt (ochtendspits, avondspits of beiden en rond welk tijdstip);
- de ligging van de beschikbare meetpunten.

Een voorbeeld van een representatieve dag is opgenomen bij de resultaten in Appendix A.

De uitkomst van deze stappen leidde tot een selectie van zeer waarschijnlijk geschikte meetlocaties voor metingen met bestaande databronnen en metingen met eigen camera's.

2.2 Gebruikte databronnen capaciteit

Bij de uitvoering van de capaciteitsmetingen wordt er onderscheid gemaakt in twee verschillende typen:

- capaciteitsmetingen met bestaande data/meetsystemen;
- capaciteitsmetingen met eigen camera's.

2.2.1 Bestaande databronnen

Voor de capaciteitsmetingen met bestaande databronnen/meetsystemen is gebruik gemaakt van MoniCa-data van Rijkswaterstaat en meetpunten in NDW.

Voor de metingen in 2023 is gekozen voor capaciteitsmetingen tijdens de periode juli 2021 – juli 2023. Wij kijken hierbij naar de metingen tussen 6:00 en 19:00 naar alle dagen van de week (inclusief weekend). Per spitsperiode (6:00-10:00 uur en 15:00-19:00 uur) wordt er gekeken of er congestie optreedt. Er kunnen hierdoor (maximaal) twee capaciteitswaarnemingen per dag zijn.

2.2.2 Eigen camerametingen

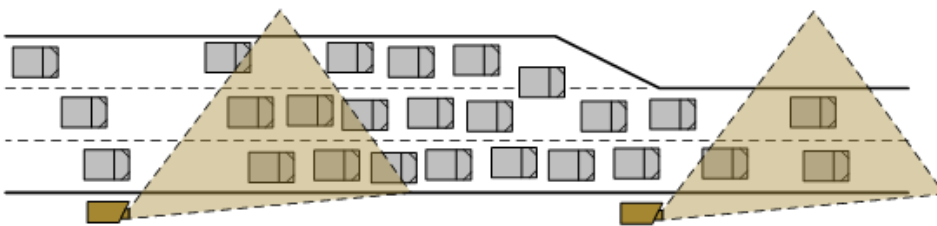
In samenwerking met de bedrijven Datacount en ViNotion zijn er voor deze opdracht ook camerabeelden ingewonnen van knelpuntlocaties. Datacount zorgde hierbij voor de camera's en de installatie daarvan en ViNotion heeft de beelden verwerkt tot data van de passerende voertuigen. Daarbij is er per voertuig gekeken naar:

- snelheid;
- voertuigklasse (motor/auto/vrachtwagen/bus);
- begin rijstrook en eind rijstrook.

De camera's hebben gedurende 2 keer 1,5 maand gemeten, van eind oktober tot december 2023 tot en van half januari t/m februari 2024. Tussentijds zijn hierbij de camera's eenmaal gewisseld en gecontroleerd. De camera's hebben elke dag drie uur aan video opgenomen rondom de gebruikelijke congestietijden (de gebruikelijke congestietijden zijn vooraf en tussentijds bepaald aan de hand van nabijgelegen bestaande meetpunten).

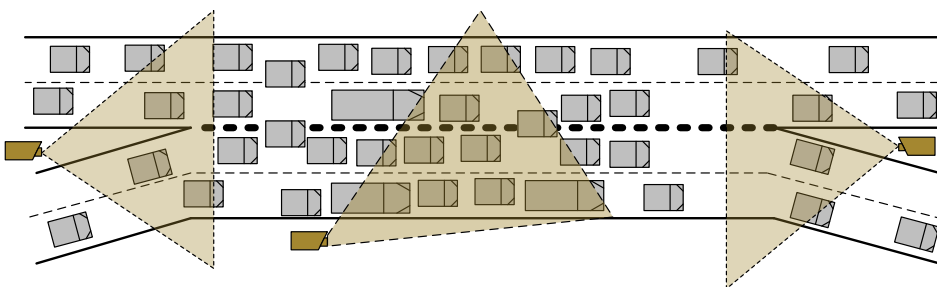
2.2.2.1 Locatie camera's t.o.v. knelpunt

Op wegvaklocaties is er per knelpunt gebruik gemaakt van twee camera's. Eén camera stroomopwaarts van het knelpunt om te bepalen of er sprake is van congestie en één camera stroomafwaarts voor het meten van de capaciteit en het controleren op aanwezigheid van terugslag van knelpunten stroomafwaarts.



Figuur 2.1 Voorbeeld metingen stroomop- en -afwaarts van het knelpunt

Bij het meten van weefvakken is er gebruik gemaakt van drie camera's. Bij weefvakken diende namelijk ook de omvang van de wevende verkeersstromen gemeten te worden. Door gebruik te maken van drie camera's kon er een betere afdekking van het weefvak plaatsvinden dan enkel met twee camera's.



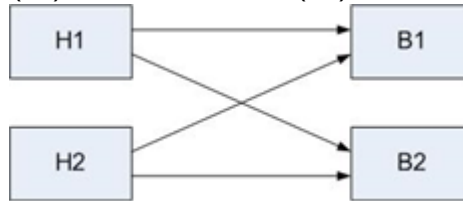
Figuur 2.2 Voorbeeld metingen rondom een weefvak

2.3 Bepalen wevende verkeersstromen

De verdeling over de herkomsten en bestemmingen van voertuigen in het weefvak is een bepalende factor voor de capaciteit. Als weinig voertuigen in een weefvak verplicht van rijstrook moeten wisselen, dan zal een aanmerkelijk

hogere capaciteit haalbaar zijn dan wanneer op een weefvak veel motorvoertuigen van rijbaan moeten wisselen. Het bepalen van de omvang van de wevende verkeersstromen is dus van belang om een bruikbare capaciteitswaarde te hebben.

Figuur 2.3 toont schematisch de voorkomende verkeersstromen op een weefvak. Er zijn in het weefvak enerzijds de doorgaande verkeersstromen van herkomst 1 (H1) naar bestemming 1 (B1) en van herkomst 2 (H2) naar bestemming 2 (B2). Anderzijds zijn er de wevende (kruisende) verkeersstromen van herkomst 1 (H1) naar bestemming 2 (B2) en van herkomst 2 (H2) naar bestemming 1 (B1), waarbij voertuigen (verplicht) van rijstrook moeten wisselen. Voor de gemeten weefvakken wordt in hoofdstuk 4 het percentage wevend verkeer gepresenteerd.



Figuur 2.3 Wevende verkeersstromen

Ondanks het gebruik van drie camera's bij weefvakken, is het compleet dekkend in beeld brengen van het gehele weefvak zonder kans op afdekking kosteneffectief niet mogelijk. Zeker niet omdat de locaties en de lengtes van weefvakken sterk uiteen kunnen lopen. Wij hebben daarom gebruik gemaakt van een hybride oplossing voor het bepalen van de wevende verkeersstromen, waarbij we camerametingen combineren met Floating Car Data:

- Camerametingen:
 - Aan het begin van het weefvak zijn de snelheid, intensiteit en rijstrookwisselingen (over de blokmarkeringen) gemeten. De snelheid is hier gebruikt voor het bepalen van wel/geen file. De intensiteit wordt gebruikt voor het bepalen van de verdeling van het verkeer over de ingaande takken. De rijstrookwisselingen zijn gebruikt voor het bepalen van de omvang van de wevende stromen.
 - Bij de uitgaande takken van het weefvak is snelheid, intensiteit en rijstrookwisselingen (over de blokmarkeringen) gemeten. De intensiteit is hier gebruikt voor de capaciteitsberekening en de verdeling over de uitgaande takken. De snelheid is gebruikt voor het bepalen van eventuele terugslag van knelpunten stroomafwaarts.
 - Halverwege het weefvak is ook de snelheid, intensiteit en rijstrookwisselingen gemeten. De snelheid wordt hier gebruikt voor het bepalen van wel/geen file, aanvullend aan het eerste meetpunt. De rijstrookwisselingen worden gebruikt voor het bepalen van de omvang van de wevende stromen.
- Floating Car Data (TomTom):
 - TomTom registreert routegegevens van alle aangesloten apparaten. Op basis van deze gegevens kan er inzicht verkregen worden in herkomst/bestemming van voertuigen en daarmee ook in de omvang van de wevende stromen bij een weefvak. Met de TomTom Floating Car Data zijn de stromen van ingaande tak naar uitgaande tak voor de gebruikte spitsperiode(n) bepaald.

2.4 Bepalen neerslagwaarde

Zwaardere neerslag heeft een negatieve invloed op de capaciteit. Dit wordt veroorzaakt doordat weggebruikers hun snelheid en volgafstand aanpassen als gevolg van slechter zicht en kans op aquaplaning. Het Handboek CIA geeft op basis van eerdere metingen aan dat de capaciteit bij zware neerslag tot wel 10% lager kan zijn. Ook gelden de standaard-capaciteitswaarden uit het Handboek CIA enkel zonder neerslag of bij slechts lichte neerslag (gedefinieerd als minder dan 2 mm/uur regen).

Om de betrouwbaarheid van de capaciteitsberekeningen (voor de normale omstandigheden) verder te verbeteren, nemen wij bij de verwerking ook de neerslagdata mee. In het verleden gebeurde dit door data te nemen van het dichtstbijzijnde KNMI-weerstation. Zware regen kan echter heel lokaal zijn. Daardoor kan het bijvoorbeeld rond de te bekijken bottleneck hard regenen terwijl het bij het KNMI-weerstation dan zacht regent of zelfs droog is, of juist andersom. Daarom maken wij gebruik van de historische data van de regenradar van het KNMI.

De historische data van de regenradar van het KNMI bevat neerslagdata per vierkante kilometer van Nederland. Per te analyseren locatie is bepaald in welk 'vierkant' het knelpunt lag en vervolgens is voor elke capaciteitswaarneming bepaald of deze viel in de categorieën 'droog' (geen of minder dan 2 mm regen per uur) of 'regen' (meer dan 2 mm/uur). De capaciteitsberekeningen zijn vervolgens uitgevoerd per categorie én voor het totaal van alle perioden.

2.5 Bepalen percentage vrachtverkeer

Vrachtverkeer neemt meer plaats in op de weg en hebben een kleiner acceleratievermogen dan auto's. Tevens hebben zij ook meer vrije ruimte nodig om van rijstrook te kunnen wisselen. Daardoor heeft vrachtverkeer een grote invloed op de capaciteit van een weg..

Het Handboek CIA gaat voor alle in het handboek genoemde waarden uit van een standaard-percentage vrachtverkeer van 15%. Ten behoeve daarvan is het van belang om de capaciteit van een wegvak/weefvak terug te kunnen rekenen naar de capaciteit bij dit standaard-percentage vrachtverkeer.

Bij de capaciteitsberekeningen van de afgelopen jaren is veelal een percentage vrachtverkeer voor de ochtend- en de avondspits opgenomen. De capaciteit wordt veelal echter bereikt in één van beide spitsen. Omdat het percentage vrachtverkeer in sommige gevallen sterk kan verschillen tussen de ochtend- en de avondspits, is het voor een goede omrekening naar 15% vrachtverkeer van belang om het percentage vrachtverkeer te gebruiken van de spitsperiode waarin de capaciteit daadwerkelijk bereikt is en niet zomaar het gemiddelde van beiden.

Voor de capaciteitsmetingen in dit rapport is gebruik gemaakt van de percentages vrachtverkeer uit INWEVA. Per capaciteitswaarneming is gekeken naar de spitsperiode en het jaar van de betreffende meting. Per capaciteitswaarneming wordt daarmee naast de "gewone" capaciteitswaarneming van die spits ook direct een waarde weggeschreven die is omgerekend naar een waarde bij 15% vrachtverkeer. Bij die omrekening



gaan wij uit van een PAE-factor¹ van 2,0, conform de standaardwaarde van het Handboek CIA.

Bij de metingen met camera's wordt het percentage vrachtverkeer bepaald aan de hand van de camerabeelden bij de camera stroomafwaarts van het knelpunt. Hierbij worden geregistreerde vrachtwagens en bussen beiden meegenomen als vrachtverkeer (conform de standaard indeling van Rijkswaterstaat).

2.6 Bepaling plausibiliteit van de capaciteitsmetingen

2.6.1 Plausibiliteit halve jaren

De capaciteitswaarden dienen berekend te worden over vier halve jaren, twee hele jaren en de twee jaar als geheel. Daarbij is aangegeven dat de capaciteit over één jaar niet berekend wordt indien de capaciteit van een of twee halve jaren (in dat jaar) niet plausibel is.

Niet-plausibele metingen gedurende een deel van de meetperiode kunnen bijvoorbeeld veroorzaakt worden door tijdelijke wegwerkzaamheden of ongevallen, waardoor niet het normale aantal rijstroken beschikbaar is.

Door een periode van wegwerkzaamheden of diverse ongevallen, kan hierdoor echter een geheel half jaar worden afgekeurd. Hierdoor worden ook de wél bruikbare dagen van dat betreffende half jaar niet gebruikt, terwijl deze wel extra inzicht én een betrouwbaardere meting over een jaar en over de twee jaar kunnen opleveren.

Wij kijken daarom per half jaar niet enkel naar de plausibiliteit van de capaciteitswaarden van dat halve jaar, maar ook naar de verdeling van de capaciteitsmetingen in dat halve jaar. Indien er in een half jaar diverse zeer lage (niet-plausibele) capaciteitsmetingen zijn, dan wordt de capaciteitswaarde voor dat halve jaar opnieuw berekend waarbij de niet-plausibele dagen buiten beschouwing worden gelaten. Hierdoor kunnen er zoveel mogelijk dagen meegenomen worden in de waarde voor de totale periode.

2.6.2 Beoordeling betrouwbaarheid/plausibiliteit capaciteitsberekening

Ondanks onze voorselectie van locaties én de filtering van niet-plausibele metingen in de halve jaren, kan het incidenteel nog voorkomen dat een meting bij een of meerdere capaciteitsmethoden toch een niet-plausibel resultaat oplevert.

De beoordeling of een capaciteitswaarde in de rapportage plausibel is of niet is een belangrijk inzicht om te hebben voor het verdere gebruik van de capaciteitswaarde door anderen. Daarom is het in deze rapportage per locatie duidelijk weergegeven indien een berekende capaciteitswaarde op basis van onze expert-judgement niet-plausibel of niet-representatief is voor het type locatie. Hierdoor wordt voorkomen dat gebruikers op basis van de rapportage verkeerde cijfers gebruiken of hun eigen beoordeling moeten uitvoeren.

¹ De PAE-factor (PersonenAuto-equivalent) geeft een factor weer waarmee vrachtverkeer wordt vermenigvuldigd om hun grotere invloed op de capaciteit mee te nemen.

3. Gebruikte capaciteitsmethoden

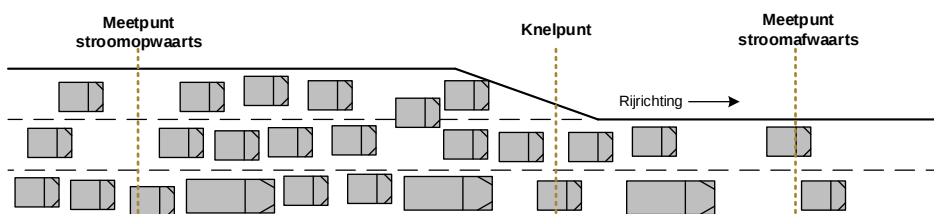
3.1 Berekening capaciteit

Bij dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van drie verschillende methoden om de capaciteit te berekenen:

- de Product-Limiet-methode (PLM);
- de FOSIM-methode;
- de ECM-methode;

In de onderstaande paragrafen worden deze drie methoden verder toegelicht. De methoden hebben met elkaar gemeen dat ze alle drie één meetpunt stroomafwaarts van het knelpunt nodig hebben en één meetpunt stroomopwaarts.

- het meetpunt stroomopwaarts (file meetpunt) meet de snelheid. Als hier congestie gemeten wordt, dan is er congestie ter hoogte van het knelpunt.
- het meetpunt stroomafwaarts (capaciteitsmeetpunt) meet hoeveel voertuigen er (maximaal) het knelpunt kunnen passeren (de capaciteit) indien er congestie is gemeten bij het meetpunt stroomopwaarts. Daarnaast wordt hier ook de snelheid gemeten. Indien dit meetpunt congestie detecteert, dan is er sprake van terugslag van een knelpunt stroomafwaarts en niet van het plaatselijk bereiken van de capaciteit.



Figuur 3.1 Schematische weergave van een knelpunt en de locatie van de gebruikte meetpunten

De drie methoden leveren een verzameling aan capaciteitswaarnemingen op. Afhankelijk van de methode, één of meerdere per spits waarin er congestie is ontstaan. De uiteindelijke capaciteitswaarden die in deze rapportage zijn opgenomen, betreft de mediaan van alle capaciteitswaarnemingen binnen de betreffende periode (conform definitie uit het Handboek CIA).



Wegwerkzaamheden en incidenten kunnen invloed hebben op het beschikbare aantal rijstroken én/of de “normale” capaciteit van een wegconfiguratie verstoren. Om dergelijke situaties uit te sluiten, worden capaciteitswaarnemingen onder de 1.250 motorvoertuigen per rijstrook niet meegenomen in het bepalen van de mediaan. Daarnaast wordt (in afwijking van eerdere onderzoeken) ook gecontroleerd of er sprake is van een rijstrookafsluiting. Capaciteitswaarnemingen waarbij één of meer rijstroken zijn afgesloten met een rood kruis zijn niet meegenomen in de berekeningen.

3.1.1 Aanscherpen definities en rekenmethodiek

Tijdens het capaciteitsonderzoek 2023 is het effect van de rekenmethodiek en de daarbij gebruikte parameters op de uiteindelijk berekende capaciteit nader onderzocht. Aanleiding hiervoor was dat sommige meetlocaties een lagere capaciteitswaarde opleverden dan verwacht, gegeven de omstandigheden. Het resultaat is een aanscherping van de gebruikte definities, waarbij strengere voorwaarden worden gehanteerd voor het meenemen van een capaciteitswaarneming.

Voor het vaststellen van congestie werd een gemiddelde snelheid van onder de 50 km/h gehanteerd voor zowel het file meetpunt als het capaciteitsmeetpunt. Bij schokgolffiles die stroomafwaarts van het capaciteitsmeetpunt ontstaan komt het echter regelmatig voor dat er een snelheid lager dan 50 km/h wordt gedetecteerd op het file meetpunt maar een snelheid die nét hoger ligt dan 50 km/h op het capaciteitsmeetpunt. Dit levert dan geen goede capaciteitswaarneming op van het knelpunt tussen het file meetpunt en het capaciteitsmeetpunt. Om dit type waarnemingen weg te kunnen filteren is nu het capaciteitsmeetpunt als congestievrij beschouwd indien de snelheid minimaal 70 km/h is.

Daarnaast komt het soms voor dat de intensiteit in het uur vóór het optreden van file aanzienlijk hoger ligt dan de intensiteit vlak voordat de file ontstaat. In deze situatie is er een redelijke kans dat de file een andere oorzaak heeft dan onvoldoende capaciteit. Om ook dit type waarnemingen weg te filteren zijn de 12 5-minuten metingen vóór het optreden van file vergeleken met de 5-minuten meting direct voor de file (de PLM-meting). Indien er een meetwaarde voorkomt die 10% hoger ligt dan de meting direct voor de file óf als er minimaal 8 metingen zijn die hoger of gelijk liggen aan de meting direct voor de file, dan wordt de meting afgekeurd. Bij de 15-minuten metingen wordt gekeken naar de 4 metingen direct voor de file en wordt de meting afgekeurd indien er een meetwaarde voorkomt die 10% hoger ligt dan de meting direct voor de file óf als er minimaal 3 metingen zijn die hoger of gelijk liggen aan de meting direct voor de file.

Daarnaast is er gekozen om maximaal één file per spitsperiode te beschouwen, waarbij voor de ochtendspits de periode van 06:00 tot 10:00 meegenomen wordt en voor de avondspits de periode van 15:00 tot 19:00.

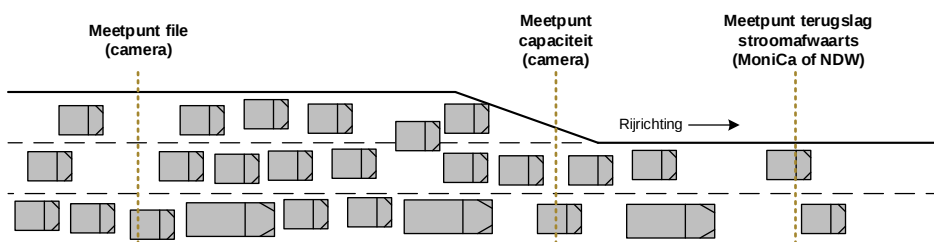
Deze strengere voorwaarden zijn toegepast op zowel de (aangepaste) PLM methode, de FOSIM methode en de ECM-methode.

3.1.2 Hybride methode camerametingen

Tijdens het capaciteitsonderzoek 2023 is een methode ontwikkeld om de capaciteit te meten aan de hand van een combinatie van databronnen. De reden om extra databronnen te gebruiken is dat niet alle nodige informatie verkregen kan worden vanuit de cameradata. Er zijn twee situaties waarin een hybride meting gewenst is.

1. De capaciteit wordt gemeten op een plek waar (soms) ook het knelpunt ontstaat, je kunt hier dus niet meten of er sprake is van file verder stroomafwaarts
2. Soms zijn er geen meetpunten stroomafwaarts van het knelpunt beschikbaar die de capaciteit kunnen meten omdat het eerstvolgende meetpunt voorbij een splitsing ligt, bij bijvoorbeeld een weefvak of een afrit.

Bij deze methode wordt de meetdata van de camera's gecombineerd met MoniCa-data of NDW-data Floating Car Data. Voor de detectie van file en het meten van de capaciteit wordt gebruik gemaakt van de camera data. Voor het vaststellen of er sprake is van terugslag van file stroomafwaarts van het capaciteitsknelpunt wordt MoniCa-data of NDW-data gebruikt. Er wordt in deze methode dus gebruik gemaakt van 3 meetpunten in plaats van 2.



Figuur 2: Schematische weergave van de gebruikte meetpunten bij de hybride methode

Voor het vaststellen van congestie op het filemeetpunt wordt een gemiddelde snelheid van onder de 50 km/h gehanteerd, het terugslagmeetpunt wordt als congestievrij beschouwd wanneer de snelheid minimaal 70 km/h is. Op het capaciteitsmeetpunt moet de snelheid minimaal 50 km/h zijn voor een geldige capaciteitsmeting.

3.2 Product-Limiet-methode

Van de product-limiet methode (PLM-methode) bestaan meerdere varianten. In de aangepaste PLM-methode die in dit onderzoek wordt gebruikt, wordt de intensiteitswaarde die direct voor het ontstaan van file optreedt als meting van de vrije capaciteit meegenomen. Daarnaast worden ook de intensiteitsmetingen die hoger of gelijk aan deze intensiteitswaarde zijn in de periode (1 uur) voorafgaand aan de congestie meegenomen.

Op een meetpunt stroomopwaarts van de bottleneck wordt vastgesteld of er file optreedt. Een meetpunt stroomafwaarts van de bottleneck wordt gebruikt om de intensiteit te meten én te controleren of de congestie niet veroorzaakt wordt door terugslag van een ander knelpunt.



3.3 FOSIM-methode

De FOSIM-methode neemt als meting van de vrije capaciteit de hoogst optredende intensiteitswaarde in de periode (1 uur) voorafgaand aan de congestie. Hierbij wordt op een meetpunt stroomopwaarts van de bottleneck vastgesteld of er file optreedt.

Een meetpunt stroomafwaarts van de bottleneck wordt gebruikt om de intensiteit te meten én te controleren of de congestie niet veroorzaakt wordt door terugslag van een ander knelpunt.

3.4 ECM-methode

Met de ECM-methode wordt de afrijcapaciteit van een knelpunt bepaald. De afrijcapaciteit is de capaciteit tijdens de file. Een meetpunt stroomopwaarts van de bottleneck wordt gebruikt om vast te stellen of er file optreedt. Een meetpunt stroomafwaarts van de bottleneck wordt gebruikt om de intensiteit een kwartier na het ontstaan van de file te meten, deze intensiteit levert een meting van de afrijcapaciteit op. Van belang is dat de file nog steeds aanwezig is tijdens het meten van de intensiteit.



4. Samenvatting capaciteitswaarden

4.1 Capaciteitstabel

Tabel 1 vat de capaciteitsberekeningen samen voor de bestudeerde MoniCa locaties. In Tabel 2 zijn de resultaten van de camerametingen opgenomen.

Hierbij is per locatie opgenomen:

- Locatie (Wegnummer, richting, hectometrering rondom knelpunt en type discontinuïteit);
- Aantal rijstroken;
- Aantal metingen waarop de capaciteitsberekening is gebaseerd;
- Capaciteit PLM bij 5 minuut-aggregatie;
- Het percentage vrachtverkeer;
- Capaciteit PLM bij 5 minuut-aggregatie en omgerekend naar 15% vrachtverkeer;
- Opmerkingen.

Meer details, periodes en methoden zijn per locatie opgenomen in de bijlages.

Tabel 1: Capaciteitsmetingen MoniCa data

Locatie	Configuratie	#Rijstroken	#Metingen	Capaciteit 5 min	%Vracht
20L_46.045 - Toerit Moordrecht	2+1 -> 2	2	606	3984	11%
20R_42.951 - Toerit Nieuwerkerk a/d IJssel	2+1 -> 2	2	148	4200	10%
27L_50.070 - Toerit Lexmond	2+1 -> 2	2	296	3624	11%
4R_33.175 - Afvallende rijstrook Zoeterwoude	3 -> 2	2	354	4092	6%
58R_41.500 - Afvallende rijstrook Goirle	3 -> 2	2	273	3624	15%



12L_127.595 - Toerit Arnhem-Noord	2+2 -> 3 (taper)	3	40	6006	22%
12R_121.355 - Toerit knooppunt Grijsoord	2+2 -> 3 (taper)	3	249	5724	19%
16L_46.425 - Toerit Moerdijkbrug	3+1 -> 3	3	369	5892	18%
20L_32.200 - Toerit Crooswijk	3+1 -> 3	3	764	6444	9%
20R_30.982 - Toerit Schieplein	3+1 -> 3	3	377	5592	7%
2L_111.020 - Toerit knooppunt Eempeel	2+2 -> 3 (taper)	3	362	5964	14%
10L_19.730 - Toerit Amsterdam- Oud Zuid	4+1 -> 4	4	194	8370	8%
12R_45.720 - Toerit Woerden	4+1 -> 4	4	4	8442	12%
2R_74.857 - Toerit knooppunt Everdingen	2+3 -> 4 (taper)	4	61	7944	13%
12L_56.650 - Weefvak knooppunt Oudenrijn	3+2 -> 4+1	5	34	8808	5%

Tabel 2: Capaciteitsmetingen met cameradata

Locatie	Configuratie	#Rijstroken	#Metingen	Capaciteit 5 min	%Vracht
20L_46.045 Toerit Moordrecht	2+1 -> 2	2	23	4118	7%
2_91.5_g Knooppunt Deil	1+1 -> 1	1	13	1960	14%

De onderstaande tabel bevat voor de bekeken weefvakken de percentages wevend verkeer en de capaciteit bij 15% vrachtverkeer.

Tabel 3: Percentage wevend verkeer

Locatie	Configuratie	Weefvaklengte (m)	H2 -> B1 (%)	H1 -> B2 (%)	Capaciteit bij 15% vracht
12L_56.650 - Weefvak knooppunt Oudenrijn	3+2 -> 4+1	1700	89%	11%	8041



Bijlage – Resultaten per locatie