

Inhaalverbod vrachtverkeer

Onderwerp: Second opinion Methodiek bepalen IVV
Status: Concept
Auteurs: Prof. dr. ir. Serge Hoogendoorn
Dr. ir. Winnie Daamen

In deze second opinion wordt een beoordeling gegeven van de methodiek voor het bepalen van de wegvakken waarvoor een inhaalverbod vrachtverkeer zal gelden in 2011. Daarnaast wordt een verdere onderbouwing gegeven van een aantal aspecten in de methodiek om een theoretisch draagvlak voor de methodiek te creëren.

Deze second opinion start met een oordeel over de algemene methodiek, waarna de verschillende onderdelen nader worden beschouwd.

Algemene methodiek

In algemene zin lijken in de methodiek de juiste aspecten te zijn opgenomen, te weten kolonnevorming (hoewel daar nog een aantal kanttekeningen bij is te plaatsen, zie verderop in deze paragraaf), IC waarde en een hinder-aspect (inhaalvoorwaarde).

In de methodiek worden twee inhaalverboden onderscheiden: het spitsvenster en het dagvenster. Het tweede omvat het eerste (als er een dagvenster is, is er ook een spitsvenster) en kan dus als 'zwaarder' worden gekenmerkt. In de methodiek wordt echter eerst gekeken of een spitsvenster op een wegvak van toepassing is. Wanneer dit het geval is, loopt de methode niet meer door om te checken of een dagvenster van toepassing is, terwijl alleen gekeken wordt of een dagvenster aan de orde is als er geen spitsvenster wordt toegepast. Het lijkt juister om deze check andersom te doen: eerst checken op een dagvenster, en als dat niet aan de orde is, checken of een spitsvenster nodig is.

De eerste twee stappen in de methodiek hebben betrekking op het categoriseren van de weg waar het inhaalverbod voor wordt bekeken. Naast de wegcategorie en het aantal reguliere rijstroken is hierbij echter ook de snelheidslimiet van belang. In de huidige methodiek wordt geen onderscheid gemaakt tussen autosnelwegen met een snelheidslimiet van 100 km/u en 120 km/u. Echter, bij een hogere snelheidslimiet zullen de snelheidsverschillen tussen de personenvoertuigen groter zijn, evenals de snelheidsverschillen tussen de personenvoertuigen en de vrachtwagens. Een inhaalbeweging van een vrachtwagen zal dan ook meer hinder veroorzaken bij een snelheidslimiet van 120 km/u dan bij een snelheidslimiet van 100 km/u¹. Aangezien het inhaalverbod wordt ingesteld vanuit het oogpunt van

¹ Met een vrij eenvoudige berekening kan worden aangetoond dat het aantal interacties I dat snelle voertuigen (personenvoertuigen) hebben met langzame voertuigen (vrachtwagens) gelijk is aan $k_p k_v (V_p - V_v)$. In deze vergelijking zijn k_p en k_v respectievelijk de dichtheden van de personenvoertuigen en vrachtwagens op de relevante rijstrook en zijn V_p en V_v de gemiddelde snelheden van de personenvoertuigen en de vrachtwagens. Uit de vergelijking wordt duidelijk dat het aantal interacties kwadratisch toeneemt met het gemiddelde snelheidsverschil.

comfort van de personenvoertuigen lijkt het voor de hand te liggen om onderscheid te maken tussen de gehanteerde grenswaardes bij beide snelheidslimieten.

Het derde criterium (aantal vrachtwagens per spitsuur) heeft te maken met kolonnevorming op de rechter rijstrook. Deze kolonnevorming is met name relevant voor het in- en uitvoegend verkeer: bij kolonnevorming zijn de gemiddelde volgafstanden tussen de vrachtwagens klein, waardoor het gevaarlijk wordt voor de personenvoertuigen om in te voegen op de rechter rijstrook. Wanneer een wegvak veel op- en afritten bevat, is kolonnevorming belangrijker om te voorkomen dan wanneer er slechts weinig op- en afritten zijn. Deze relatie met het aantal op- en afritten wordt echter in de methodiek niet gelegd.

Ter hoogte van weefvakken geldt waarschijnlijk helemaal geen inhaalverbod, aangezien anders het vrachtverkeer niet zou kunnen weven. Hoe het inhaalverbod wordt toegepast rondom weefvakken staat echter niet duidelijk vermeld in de methodiek.

Bij het toetsen aan de grenswaarden in de stappen III, IV en V wordt niet gekeken naar een gemiddelde waarde over de totale spitsperiode, maar naar de waarde van een enkel uur tijdens de spitsperiode. Als gedurende dit uur de grenswaarde wordt overschreden, wordt een inhaalverbod ingesteld voor de volledige duur van de spitsperiode. Vanwege het optreden van congestie tijdens de spitsperiodes treedt er echter al een verschuiving op in het vrachtverkeer over de dag. Dat wil zeggen dat de pieken in het vrachtverkeer niet, of in ieder geval minder, samenvallen met de pieken in het personenverkeer. Door het ontbreken van de benodigde data is een getalsmatige onderbouwing hiervan echter niet uitgevoerd.

Aantal vrachtwagens per spitsuur (stap III)

Het criterium kolonnevorming wordt geoperationaliseerd op grond van de vrachtwagenintensiteit. Uit eerder onderzoek, waaronder het onderzoek Beheersconsequenties Groei Vrachtverkeer² blijkt de intensiteit, zolang er sprake is van vrije afwikkeling, een goede proxy te zijn voor de gemiddelde kolonnenlengte en het aantal kolonnes dat optreedt. Als andere proxy kan de kans op een klein hiaat (<1,0 s) worden gebruikt in relatie tot de capaciteit. Tot slot is er sprake van een zogenaamd verdringingseffect. Dit impliceert dat voor iedere extra vrachtwagen op de rechter rijstrook gemiddeld 1,8 personenvoertuig naar de linker rijstrook verplaatst.

In de methode wordt een bovengrenswaarde van 900 vrachtwagens/u gehanteerd – dit betekent dus dat gedurende een uur gemiddeld de vrachtwagenintensiteit groter is dan 900 vrachtwagens/u. In deze situatie zullen er, als gevolg van het verdringingseffect, nagenoeg geen personenvoertuigen op de rechter rijstrook aanwezig zijn. Met name op locaties waar ingevoegd of geweeft moet worden, kan dit gevaarlijke situaties opleveren, mede dankzij de sterke kolonnevorming (de rechter rijstrook functioneert dan tegen de capaciteit aan) en het grote aandeel kleine hiaten.

Advies: verlaag de grenswaarde tot een veilige grens van 750 vrachtwagens/u.
--

Aanvulling: bij een gemiddelde uurintensiteit van 900 vrachtwagens/uur kunnen de 5-minuut en 1-minuut gemiddelde intensiteiten behoorlijk hoog oplopen. Ter illustratie is een beperkte data analyse uitgevoerd met behulp van zogenaamde RESI data. Onderstaande figuur toont de relatie tussen de uur en 5-minuut intensiteit voor een detector op de A9.

² ARANE (2006). Beheersconsequenties Groei Vrachtverkeer. Uitgevoerd voor de Adviesdienst Verkeer en Vervoer. Rapport fase 1 en 2, 26 maart 2006.

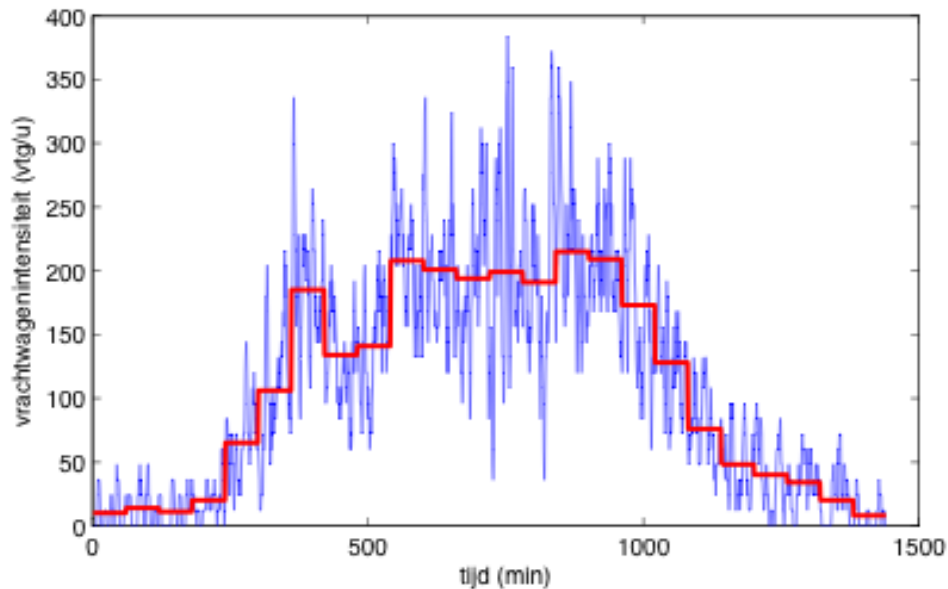


Fig. 1 Uur intensiteit (rode lijn) en 5-minuut intensiteit (blauwe lijn).

Bovenstaande figuur laat duidelijk zien dat de vrachtwagenintensiteit per 5 minuten behoorlijk fluctueert.

Om te onderzoeken wat de overschrijdingskansen zijn bij $q_v = 900$ vrachtwagens/u is in onderstaand histogram de frequentieverdeling van het verschil tussen de 5-minuut intensiteiten en de uurintensiteiten weergegeven bij een gemiddelde uurintensiteit van 900 vrachtwagens/u. De figuur laat duidelijk zien dat de kans op een overschrijding van meer dan 200 vrachtwagens/u – ofwel de kans op een 5-minuut intensiteit groter dan 1100 vrachtwagens/u – aanzienlijk is. Onderstaande tabel toont deze kansen. *Nota bene: omdat in deze dataset het aandeel vrachtverkeer beperkt is, is voor deze analyse een lage grenswaarde voor de voertuiglengte gebruikt (4 m). Dit doet niets af aan de analyse en de geldigheid ervan. De analyse kan eenvoudig worden herhaald op een andere dataset waar het percentage vrachtverkeer groter is.*

Tab. 1 Overschrijdingskansen 5-minuut intensiteiten bij uurintensiteit van 900 vrachtwagens/uur

5-minuut intensiteit	kans
1000	11.5%
1050	5.9%
1100	2.9%
1150	1.5%
1200	0.7%
1250	0.4%
1300	0.2%
1350	0.1%
1400	0.0%

Uit de grafiek en de tabel kunnen we opmaken dat bij een gemiddelde uurintensiteit van 900 vrachtwagens/uur de kans dat binnen dat uur gedurende vijf minuten de vrachtwagenintensiteit 1000 vrachtwagens/u of hoger is 11% is. De kans dat vijf minuten lang de vrachtwagenintensiteit groter is dan 1100 vrachtwagens/u is toch nog 3%. De vraag is dus of dit acceptabel is.

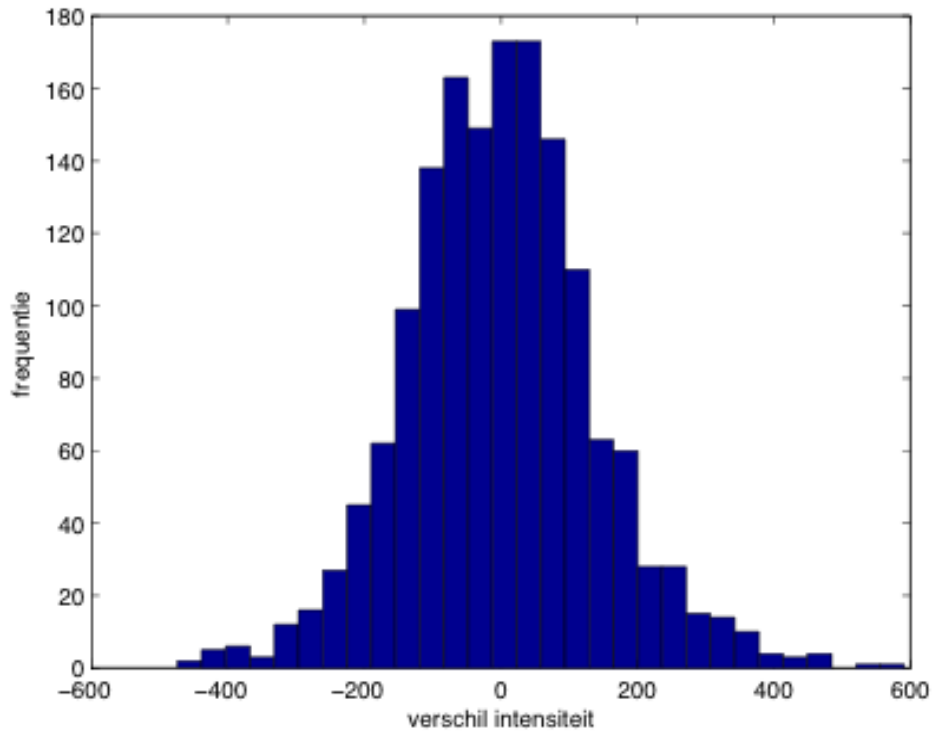


Fig. 2 Frequentieverdeling verschil 5-minuut intensiteiten en uurintensiteiten.

Kijken we naar de minuut intensiteiten, dan worden deze percentages nog groter (zie onderstaande tabel). De tabel geeft bijvoorbeeld weer dat de kans dat binnen een minuut de gemiddelde intensiteit vrachtwagens groter is dan 1250 vrachtwagens/u zo'n 4% is.

Tab. 2 Overschrijdingskansen 1-minuut intensiteiten bij uurintensiteit van 900 vrachtwagens/u

5-minuut intensiteit	kans
1000	22.9%
1050	16.4%
1100	12.1%
1150	8.6%
1200	6.2%
1250	4.1%
1300	2.8%
1350	1.9%
1400	1.4%

IC waarde (stap IV)

De methode blijkt het meest gevoelig voor de IC waarde (in vergelijking tot de inhaal spitsuren): de gevoeligheid is groter dan 100% (bij een verandering van 1% in de grenswaarden wordt het aantal kilometer autosnelweg met IVV meer dan 1% groter). Het is derhalve belangrijk goed naar deze indicator te kijken.

De motivatie om naar de IC waarde te kijken is omdat bij een hogere intensiteit meer interacties en meer hinder wordt verwacht. Zoals eerder is aangegeven is het aantal interacties gelijk aan:

$$I = k_v k_p (V_p - V_v) = \frac{q_v \cdot q_p}{V_v \cdot V_p} (V_p - V_v) = \alpha(1 - \alpha)q^2 \frac{V_p - V_v}{V_v \cdot V_p}$$

In deze vergelijking beschrijft α het aandeel vrachtverkeer (op de relevante rijstrook) en is q de rijstrookintensiteit. We zien in deze formule duidelijk een kwadratische relatie met de intensiteit. Daarmee is het dus zinvol om de intensiteit te gebruiken als belangrijkste maat voor de interacties.

De keuze voor de grenswaarde is ons inziens vrij arbitrair en lastig te onderbouwen.

Ook hier blijkt weer het belang van de maximum snelheid in het bepalen van het aantal interacties (en dus van de hinder). Ter illustratie: we beschouwen een rijstrook waarop van de 1000 vtg/u, 20% vrachtverkeer is. Het vrachtverkeer rijdt met 80 km/u. Voor het gemak verwaarlozen we de spreiding in de snelheid van de personenvoertuigen. Bij een snelheidslimiet van 100 km/u vinden we dat het aantal interacties gelijk is aan

$$I = 0.8 \cdot 0.2 \cdot 1000^2 \cdot \frac{20}{100 \cdot 80} = 400$$

Dit betekent dus dat we bij deze omstandigheden 400 interacties (snel personenvoertuig ondervindt hinder van een langzame vrachtwagen) per uur verwachten.

Voor een snelheidslimiet van 120 km/u vinden we

$$I = 0.8 \cdot 0.2 \cdot 1000^2 \cdot \frac{40}{120 \cdot 80} = 667$$

Met andere woorden: met deze snelheidsverdeling verwachten we 667 interacties per uur. Het verschil bedraagt dus een factor 1,7 (bij hetzelfde aandeel vrachtverkeer en dezelfde verkeersintensiteit) als gevolg van de verschillen in maximum snelheden.

Nota bene: deze verschillen worden natuurlijk wel kleiner naarmate het drukker wordt, omdat de verschillen in gemiddelde snelheid tussen een 120 km/u en een 100 km/u wegvak kleiner worden bij grotere intensiteiten.

Dit pleit er ook voor om:

- niet zomaar een IC waarde uit het buitenland over te nemen *en*
- voor de IC waarde *onderscheid te maken tussen 100 km/u en 120 km/u wegen*.

Advies: hanteer verschillende IC waarden voor 100 km/u en 120 km/u wegen, waarbij de IC waarde voor 120 km/u wegen lager is dan de IC waarde voor 100 km/u wegen.

Voorstel: hanteer IC waarden waarvoor geldt:

$$1,7 \cdot (IC_{120})^2 = (IC_{100})^2 \Leftrightarrow 1,3 \cdot IC_{120} = IC_{100}$$

Kies bijvoorbeeld $IC_{120} = 0,5$ en $IC_{100} = 0,65$.

Inhaal spitsuren (stap V)

De gevoeligheid voor deze indicator is beduidend lager dan voor de IC verhouding (<50%, wat impliceert dat bij een verandering van de grenswaarde van 1% het aantal kilometer IVV met minder dan 0,5% afneemt).

Het gaat hierbij om de hinder die passeerbewegingen van vrachtwagens veroorzaken voor het overige verkeer. Het uitgangspunt is dat de toename van het aantal passeerbewegingen door vrachtwagens samenhangt met het product van het aantal vrachtwagens en het aantal in te halen (langzaam rijdende) voertuigen. Verder neemt de hinder voor personenvoertuigen op de linker rijstrook toe met het aantal personenvoertuigen. In formulevorm:

$$\frac{q_p q_v^2}{q_v} = q_p q_v$$

Er kunnen kanttelingen geplaatst worden bij de gebruikte formule voor de hinder die vrachtwagens veroorzaken voor het overige verkeer. Het aantal interacties per tijdseenheid dat snelle voertuigen (klasse p) hebben met langzame voertuigen (klasse v) kan worden berekend met de volgende formule³:

$$I = k_v k_p \int_{v < w} (v - w) f_p(v) f_v(w) dw dv$$

In deze vergelijking zijn k_v en k_p de dichtheden van de vrachtwagens en de personenvoertuigen en zijn f_v en f_p de snelheidsverdelingen. Er geldt:

$$\int_{v < w} (v - w) f_p(v) f_v(w) dw dv = \int_v (v - V_v) f_p(v) dv = V_p - V_v$$

waarbij we hebben aangenomen dat het leeuwendeel van de snelle voertuigen sneller rijdt dan de snelste vrachtwagen. Deze vergelijking geldt voor iedere rijstrook, gegeven dat we de grootheden per rijstrook meten en in de vergelijking invullen.

De formule kan op verschillende manieren worden herschreven:

$$I = \frac{q_v \cdot q_p}{V_v \cdot V_p} (V_p - V_v) \quad \text{of} \quad I = k_v q_p - k_p q_v$$

De eerste vergelijking geeft aan hoe het aantal interacties per tijdseenheid relateert aan de meetbare grootheden intensiteit en snelheid (per klasse, per rijstrook).

Zoals eerder is gesteld, wordt uit de formule het belang van het verschil in de gemiddelde snelheden duidelijk bij het bepalen van de hinder. Deze waarde komt in de voorgestelde formulering niet terug, hetgeen aandacht verdient. De theoretische onderbouwing van de in de voorgestelde methodiek gebruikte grootheid 'inhaal' is onduidelijk en lijkt niet consistent met de kennis uit de verkeersstroomtheorie.

Advies: vervang de voorgestelde formule voor 'inhalen' door de theoretisch onderbouwde formule: $I = k_v k_p (V_p - V_v)$. Dit vereist wel een herijking van de grenswaarden voor de verschillende wegvakken.

³ Prigogine, I., and R. Herman (1971). Kinetic Theory of Vehicular Traffic. American Elsevier New-York.