



V85 schatten met FCD

Model voor het schatten van de V85 uit Floating Car Data

N. Kijk in de Vegte

© Nationale Databank Wegverkeersgegevens

Document historie tabel

Datum	Versie	Status	Auteur	Beschrijving
16 januari 2019	definitief		N. Kijk in de Vegte (ViaVegte)	

Inhoud

1	Inleiding 3
2	Model voor het schatten van de V85 m.b.v. FCD 4
2.1	Het model 4
3	Gebruikte gegevens en meetlocaties 7
3.1	Meetlocaties OWN en HWN 7
3.2	Gebruikte gegevens 8
3.2.1	Floating Car Data 9
3.2.2	NDW minuutgemiddelde rijstrookgegevens 9
3.2.3	Toelichting op keuze voor gebruik minuutgemiddelde rijstrookgegevens 9
4	Onderzoeken relaties 14
4.1	Relatie tussen snelheidsoverschrijdingen en V85 en opsplitsing naar kenmerken 14
4.2	Grenswaarde snelheidsoverschrijding 17
5	Toetsen en vaststellen toepassingsgebied 19
5.1	Toetsen van het model 20
5.1.1	Gemiddelde onnauwkeurigheid 20
5.1.2	Toets op V85 op basis van individuele voertuigen 21
5.2	Toepassingsgebied van de modellen 22
6	Conclusies en aanbevelingen voor gebruik van het model 25
6.1	Generiek model voor V85 op basis van FCD 25
6.2	V85 op basis van minuutgemiddelde rijstrooksnelheden 25
6.3	Aanbevelingen 25
Bijlage 1: Gebruikte gegevens 26	
B1.1	Floating Car Data 26
B1.2	Minuutgegevens uit historische database van NDW 28
B1.3	V85 op basis van individuele voertuiggegevens 28
B1.4	Locatiekenmerken 28
Bijlage 2: Indicatoren en controle op datakwaliteit 29	
B2.1	Indicatoren 29
B2.2	Kwaliteitscontrole 29

1 Inleiding

In het strategisch Plan Verkeersveiligheid zet het ministerie van IenM in op risico-gestuurd beleid. Een van de risico-indicatoren die daarbij gebruikt wordt, is de 'V85'. Deze geeft aan wat de snelheid is die door 85% van de weggebruikers niet wordt overschreden. In combinatie met infrastructuurkenmerken biedt de V85 een goede basis om de verkeersveiligheidsrisico's in te schatten.

Voor provincies en gemeenten is de V85 in principe een ideaal hulpmiddel, ware het niet dat het ze vaak aan de juiste snelheidsgegevens ontbreekt. Hoe daarin te voorzien? NDW levert sinds februari 2017 landelijk dekkende gemiddelde minuutsnelheden op basis van floating car data, FCD. Omdat deze gegevens al ingekocht zijn voor overheden, zou het een capaciteits- en kostenbesparing zijn als op basis van deze FCD de V85-waarden bepaald kunnen worden. NDW heeft onderzocht of dit mogelijk is. De resultaten van dit onderzoek staan beschreven in dit rapport.

Schatten van de V85

De V85 wordt normaliter bepaald op basis van alle voertuigen die een bepaald punt passeren. Alle gemeten snelheden worden van hoog naar laag gesorteerd, de V85 is de waarde die op 85% valt. Met wegkantssystemen is dat mogelijk, maar met FCD-snelheden niet. FCD meet niet alle snelheden (alleen van de voertuigen die een 'dataspoor' achterlaten), 'individuele' snelheden zijn niet beschikbaar (alleen een gemiddelde per minuut) en de FCD-snelheden worden afgekapt op de snelheidslimiet van de weg.

In een eerdere pilotstudie in de provincie Noord-Holland is voor 80-wegen een methode gevonden om de V85 met FCD nauwkeurig te kunnen schatten. Er blijkt een sterke relatie te zijn tussen het (relatieve) aantal voertuigen dat sneller rijdt dan de geldende snelheidslimiet en de V85. Er is een model opgesteld waarmee de V85 kan worden geschat uit het aandeel overschrijdingen van de maximum snelheid in FCD. Dit model was vooral geschikt – want voornamelijk gebaseerd op – provinciale wegen met een snelheidslimiet van 80 km/u.

In dit onderzoek is gekeken of er een zelfde model te ontwikkelen is voor wegen met andere snelheidslimieten en dat landelijk toepasbaar is.

Het onderzoek

De mogelijkheid om de V85 en de gemiddelde snelheid te schatten met FCD is onderzocht met behulp van een set meetlocaties van wegkantssystemen en FCD van Be-Mobile op dezelfde wegvakken. Onderzocht is welke relaties er zijn tussen overschrijdingen van de snelheidslimiet in beide databronnen en de gemeten V85. Gekeken is met welke functie de relatie tussen aandeel snelheidsoverschrijders in FCD de V85 het best kan worden beschreven. En of een onderscheid naar kenmerken zoals aantal rijstroken of maximum snelheid tot een beter model leidt. Het model is getoetst door de schattingen van de V85 te vergelijken met gemeten waarden.

Leeswijzer

Het rapport begint met een beschrijving van het gevonden model (hoofdstuk 2). De achterliggende analyses en gebruikte gegevens en de toetsing van het model zijn beschreven in de hoofdstukken 3 t/m 5. Conclusies en aanbevelingen voor toepassing van het model in de praktijk zijn gegeven in het laatste hoofdstuk.

2 Model voor het schatten van de V85 m.b.v. FCD

In dit onderzoek is een model opgesteld om de verkeersveiligheidsindicator V85 te schatten met behulp van FCD. Het blijkt dat het aandeel voertuigen dat sneller rijdt dan de toegestane maximum snelheid een goede voorspeller is van de verkeersveiligheidsindicator V85. In dit hoofdstuk wordt het model gegeven en de toepassingsmogelijkheden ervan. De gebruikte gegevens, achterliggende analyses en toetsing van het model zijn in de hiernavolgende hoofdstukken beschreven.

2.1 Het model

Er blijkt een S-vormig verband te zijn tussen het aandeel snelheidsoverschrijders en de V85. Dit verband verschilt bij verschillende snelheidslimieten. Op wegen met een lagere snelheidslimiet is er een duidelijk S-vormig verband, op wegen met een hogere snelheidslimiet verloopt de curve iets vlakker.

Er zijn daarom drie modellen opgesteld:

- Wegvakken met een limiet van 50-60 km/u
- Wegvakken met een limiet van 70-80 km/u
- Wegvakken met een limiet van 100+ km/u

Het model voor het schatten van de V85 (S85) is als volgt:

$$S85 = y * Vmax$$

$$\text{voor } x \geq 0,01: \quad y = a + \log\left(\frac{x}{b-x}\right)/c$$

$$\text{voor } x < 0,01: \quad y = F$$

waarbij: X = aandeel snelheidsoverschrijders FCD
(=aantal minuten $V \geq 96\% * Vmax$, t.o.v. aantal minuten met meetwaarde)

De parameters voor de 3 modellen zijn:

Parameter	50-60 km/u	70-80 km/u	100+ km/u
a	1,13	1,08	1,09
b	1,02	1,02	1,15
c	4,4	9,7	7,2
F	0,65	0,83	0,78

Toelichting parameters:

a is het midden (dus de waarde bij 50% snelheidsoverschrijders)

b is stijging van de staart (en t.b.v. berekening aandeel overschrijders van 1)

c geeft de steilheid (hoogteverschil tussen 0 en 1)

F is een constante, de ondergrens voor de factor S85/Vmax

Toepassingsgebied van het model

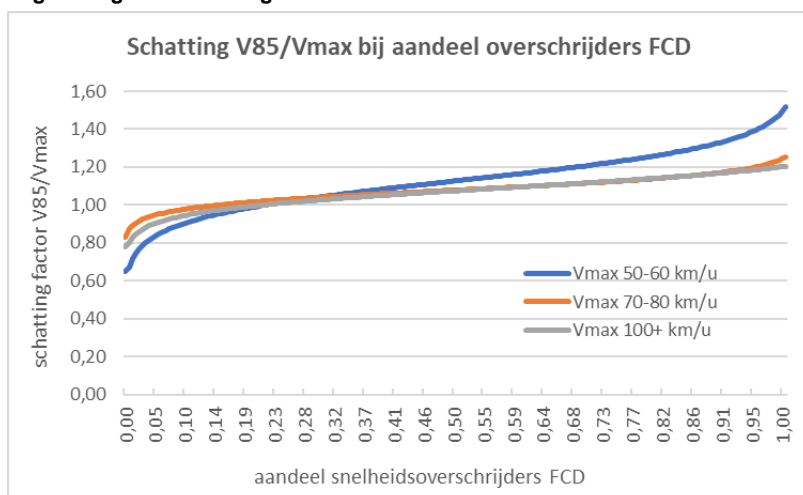
Het model is geschikt voor wegen met een snelheidslimiet van 50 – 130 km/u, uitgezonderd toe- en afritten en verbindingswegen in knooppunten, en wegen met een variabele snelheidslimiet.

Ook op wegvakken waar de snelheidslimiet omlaag gaat (bijvoorbeeld op de grens van de bebouwde kom) is het model niet geschikt¹.

In Nederland zijn er enkele korte autosnelwegtrajecten met een limiet van 80 km/u. Op deze wegvakken zijn de modellen niet getoetst. Verwacht wordt dat hiervoor het model voor 100+-wegen kan worden gebruikt.

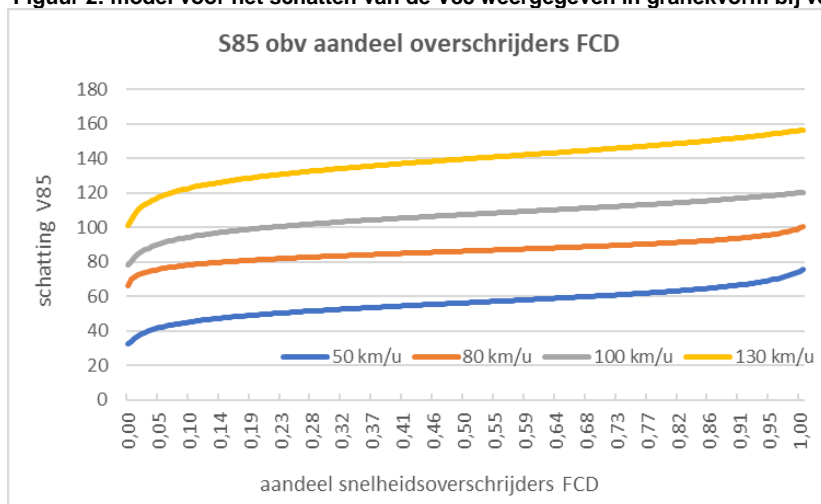
In grafiekvorm ziet het model er als volgt uit:

Figuur 1: grafische weergave van de drie modellen



Wat dit betekent voor de schatting van de V85 bij verschillende snelheidslimieten is weergegeven in onderstaande grafiek.

Figuur 2: model voor het schatten van de V85 weergegeven in grafiekvorm bij verschillende maximum snelheden



¹ De lengte van een wegvak waarvoor het model niet geschikt is, is afhankelijk van de snelheidslimiet voor en na de limietwijziging. Een pragmatische benadering is om het laatste wegsegment met de hoge snelheidslimiet en het eerste wegsegment met de lagere snelheidslimiet niet te gebruiken. Het gaat dan om een totale lengte van maximaal 100 m. (Be-Mobile heeft het netwerk opgedeeld in segmenten van maximaal 50 m.).

Interpretatie van het model

Uit de grafieken is de schatting voor de V85 (S85) af te lezen, gegeven het aandeel snelheidsoverschrijders in FCD. Op een weg met een maximum snelheid van 50 km/u (donkerblauwe lijn) ligt de S85, wanneer er geen snelheidsoverschrijders zijn, op ongeveer 35 km/u. Tussen 60% en 80% overschrijders ligt de S85 rond de 60 km/u.

Op een weg met een snelheidslimiet van 80 km/u (oranje lijn) is de S85 ongeveer gelijk aan de maximum snelheid als er 10% overschrijders zijn.

3 Gebruikte gegevens en meetlocaties

De mogelijkheid om de V85 en de gemiddelde snelheid te schatten met FCD is onderzocht met behulp van een set meetlocaties van wegkantsystemen en FCD van Be-Mobile op dezelfde wegvakken. De minuutcijfers van wegkantsystemen zijn onttrokken uit de historische database van NDW. In paragraaf 3.1 is beschreven welke meetlocaties hiervoor zijn gebruikt. Paragraaf 3.2 geeft een toelichting op de gebruikte gegevens.

3.1 Meetlocaties OWN en HWN

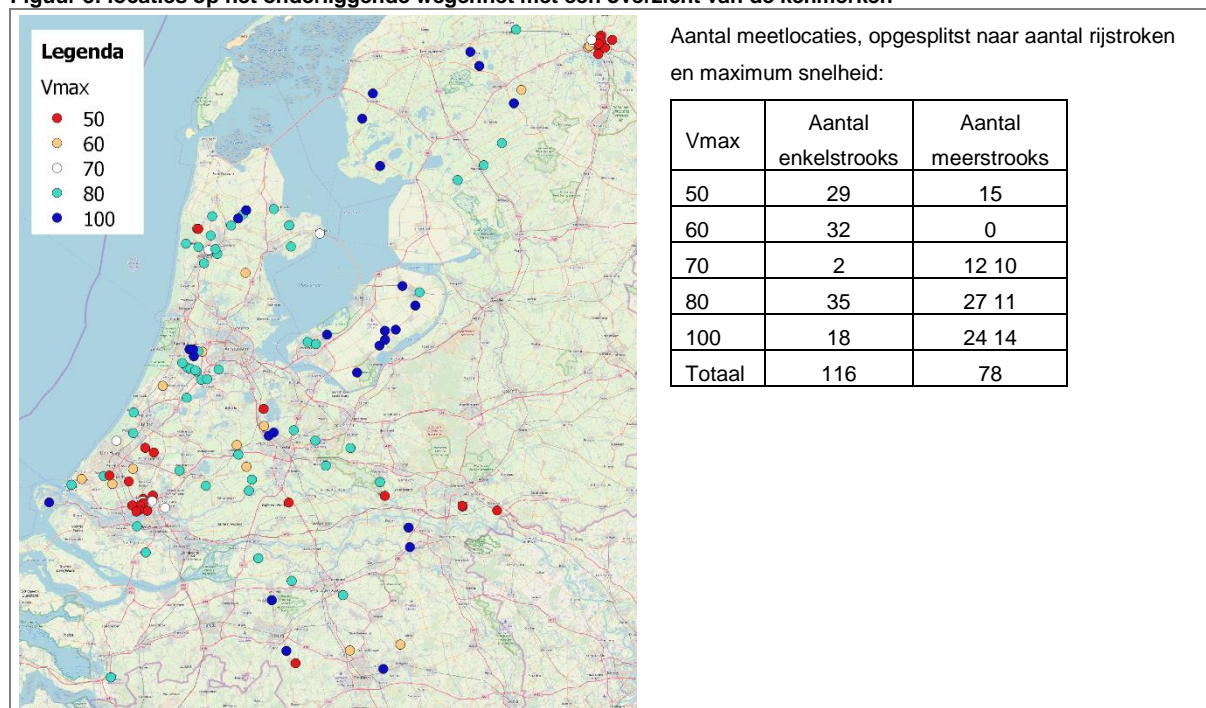
Zowel voor het OWN als voor het HWN is een landelijk dekkende set meetgegevens geselecteerd. Er is geselecteerd op variatie in aantal rijstroken, maximum snelheid, geografische spreiding en datakwaliteit. Daarnaast is de eis gesteld dat locaties met dezelfde kenmerken minimaal 5 kilometer uit elkaar moeten liggen, waarbij er tenminste een aansluiting tussen ligt. Wegvakken in knooppunten, toe- en afritten en wegvakken met een variabele snelheidslimiet zijn uitgesloten.

OWN

Op het onderliggende wegennet zijn 194 locaties op gemeentelijke en provinciale wegen geselecteerd. Deze locaties zijn weergegeven in onderstaande kaart. De tabel ernaast geeft een overzicht van de kenmerken ervan. In bijlage 2 is de kwaliteitscontrole beschreven.

Er zijn te weinig (9) locaties gevonden in de historische database op 30 km/u wegen. Deze zijn daarom niet gebruikt bij het opstellen van het model. Wel is het model getoetst op bruikbaarheid voor 30-wegen op deze locaties (zie hoofdstuk 5).

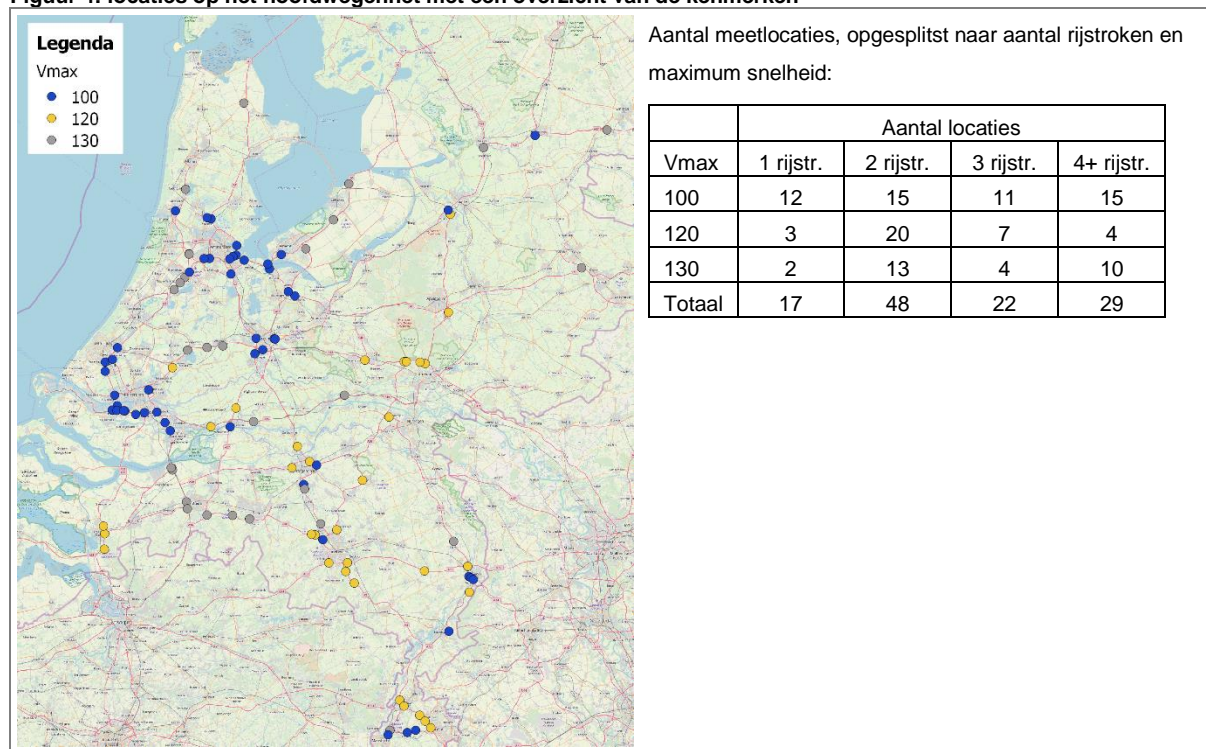
Figuur 3: locaties op het onderliggende wegennet met een overzicht van de kenmerken



HWN

Op het hoofdwegennet zijn 116 locaties geselecteerd. Deze zijn weergegeven in onderstaande kaart. De tabel ernaast geeft een overzicht van de kenmerken ervan. In bijlage 2 is de controle op datakwaliteit beschreven.

Figuur 4: locaties op het hoofdwegennet met een overzicht van de kenmerken



Meetperiode 12 oktober – 8 november 2017

Van de geselecteerde meetlocaties zijn intensiteits- en snelheidsgegevens onttrokken uit de historische database van het NDW. Uit de eerder genoemde pilotstudie is gebleken dat een meetperiode van 4 weken voldoende is voor het verkrijgen van betrouwbare gegevens uit FCD (o.m. gebaseerd op dekkingsgraad van FCD in combinatie met etmaalintensiteit).

Vanuit praktische overwegingen is gekozen voor de periode 12 oktober 2017 tot en met 8 november 2017. Binnen deze periode bleef de basiskaart van OpenStreetMap ongewijzigd, wat de koppeling tussen FCD-segmenten en meetlocaties van vaste meetpunten vereenvoudigde. Ook is deze periode voldoende representatief voor het vierde kwartaal van 2017, waarover de V85 op basis van individuele voertuigen van provincie Noord-Holland beschikbaar is. Deze V85-waarden zijn gebruikt voor het toetsen van het model.

3.2 Gebruikte gegevens

Voor dit onderzoek zijn Floating Car Data en data van wegkantsystemen uit de historische database van NDW gebruikt. In dit hoofdstuk is eerst een korte toelichting op beide bronnen gegeven. Een uitgebreide beschrijving ervan staat in bijlage 1. Vervolgens wordt beargumenteerd waarom het model

is gebaseerd op minuutgemiddelde rijstrookgegevens in plaats van rijbaangegevens of rijstrookgegevens gewogen naar intensiteit.

3.2.1 Floating Car Data

Floating Car Data (FCD) is een verzamelnaam voor data verkregen uit voertuigen of mobiele apparaten die zich in het verkeer bewegen. Het verschil met vaste meetpunten is dat het voertuig in de verkeersstroom wordt gemeten en niet het verkeer dat langs een vaste locatie op de weg rijdt. Daarnaast is een belangrijke eigenschap van FCD dat het slechts een deel van het verkeer meet, niet alle voertuigen binnen de verkeersstroom.

In dit onderzoek is FCD van de provider Be-Mobile gebruikt. Een aantal, voor dit onderzoek relevante eigenschappen van FCD en specifiek van Be-Mobile, is beschreven in bijlage 1.

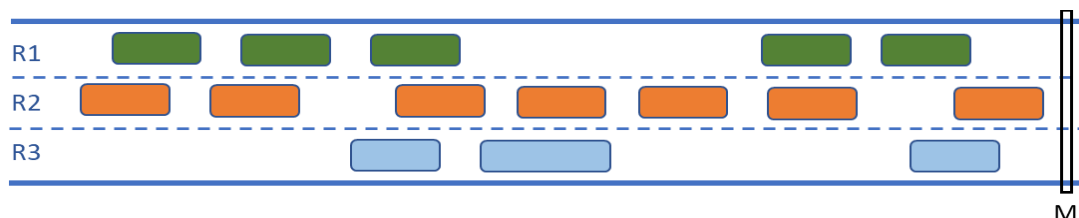
3.2.2 NDW minuutgemiddelde rijstrookgegevens

De V85 wordt normaliter bepaald op basis van individuele voertuiggegevens gemeten door wegkantsystemen, ofwel op basis van alle voertuigen die een bepaald punt passeren. Individuele voertuiggegevens zijn echter niet eenvoudig te verkrijgen. Het laagste aggregatieniveau in de historische database van NDW zijn minuutcijfers op rijstrookniveau. Deze gegevens zijn eenvoudig benaderbaar.

Om deze minuutgegevens te kunnen gebruiken voor het opstellen van een model om de V85 te schatten uit Floating Car Data, is onderzocht hoe de V85 uit voertuigdata zich verhoudt tot de V85 op basis van minuutgemiddelde rijstrook- en rijbaangegevens. Hieruit bleek dat met minuutgemiddelde rijstrookgegevens de V85 het best te benaderen is, zie volgende paragraaf.

3.2.3 Toelichting op keuze voor gebruik minuutgemiddelde rijstrookgegevens

Ter illustratie van de verschillen tussen individuele voertuigen, rijstrookgemiddelden en rijbaangemiddelden, staat hieronder een schets van een driestrooks rijbaan. De getekende voertuigen passeren binnen een minuut meetlocatie M. Typische kenmerken van een dergelijke verkeersstroom zijn: de middelste rijstrook (R2) is het drukst, op de linker rijstrook (R1) liggen de snelheden het hoogst en op de rechter (R3), waar het vrachtverkeer rijdt, het laagst.



De snelheden van de voertuigen verschillen binnen de meetminuut. Zowel binnen dezelfde rijstrook als tussen de rijstroken. Snelheden op dezelfde rijstrook liggen dicht bij elkaar als de intensiteit hoger is. Maar ook bij lagere intensiteiten kunnen de snelheden binnen een rijstrook dicht bij elkaar liggen. Dit komt door clustervorming: groepjes van voertuigen met min of meer dezelfde snelheid als het eerste voertuig van de groep.

Verondersteld wordt dat er een relatie bestaat tussen de V85 op basis van individuele voertuigen en de V85 op minuutgemiddelde rijstrook- of rijbaangegevens.

Dit is getoetst met behulp van verschillende voor dit onderzoek beschikbare gegevens.

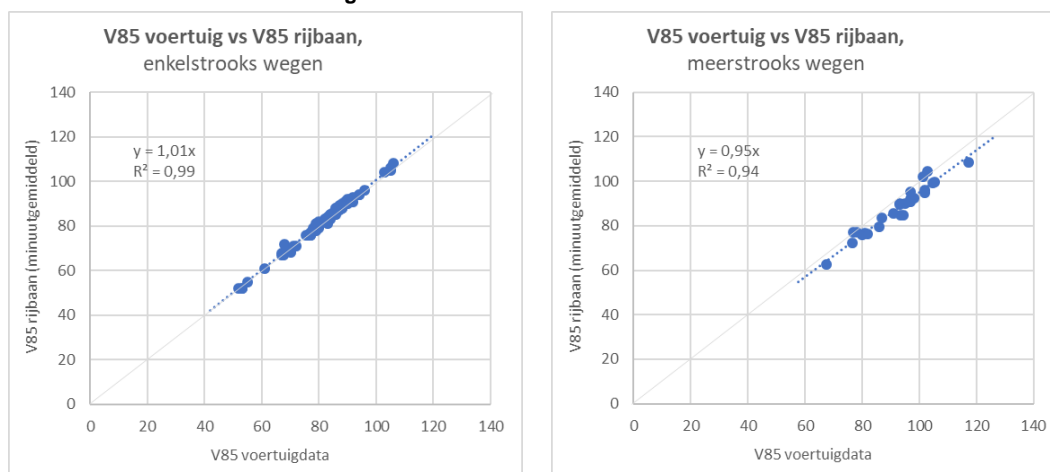
Wat is de relatie tussen de V85-voertuig, de V85-rijbaan en de V85-rijstrook?

Van een aantal locaties uit de provincies Noord-Brabant en Noord-Holland zijn V85 op basis van individuele voertuigpassages beschikbaar:

- 31 meerstrooks locaties (14 uit provincie Noord-Brabant, 17 uit provincie Noord-Holland)
- 189 enkelstrooks locaties (128 uit provincie Noord-Brabant, 61 uit provincie Noord-Holland)

In onderstaande grafieken zijn de V85 op voertuigdata (V85-voertuig) uitgezet tegen de V85 berekend uit minuutgemiddelde rijbaansnelheden² (V85-rijbaan).

Figuur 5: V85 op basis van voertuigen uitgezet tegen V85 op minuutgemiddelde rijbaangegevens, opgesplitst naar enkelstrooks en meerstrooks wegen



Hieruit blijkt dat:

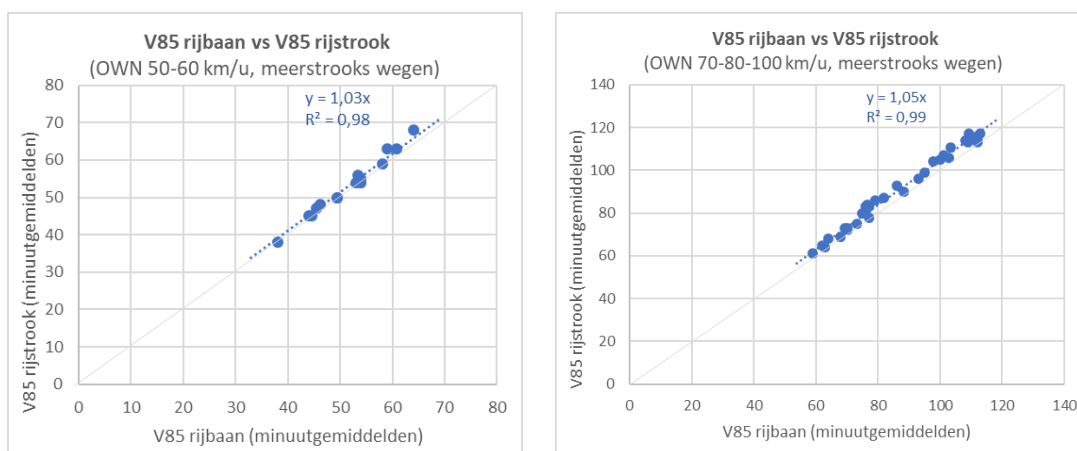
- op enkelstrooks wegen de V85-voertuig nagenoeg gelijk is aan de V85-rijbaan
- op meerstrooks wegen de V85-rijbaan 5% lager ligt dan V85-voertuig. Deze meerstrooks locaties bestaan voornamelijk uit 80 km/u-wegen.

Bovenstaande vergelijking is gebaseerd op rijbaangemiddelde snelheden. Geldt dezelfde relatie voor rijstrookgemiddelde snelheden?

Voor een groot deel van de hierboven gebruikte locaties (de locaties uit Noord-Brabant), zijn geen rijstrookgemiddelde snelheden beschikbaar. Dezelfde analyse kan daarom niet gemaakt worden voor de V85 op basis van rijstrookgegevens. Wel zijn voor de locaties uit dit onderzoek (zie paragraaf 3.1) zowel rijstrook- als rijbaan-V85 beschikbaar. Deze beide V85-berekeningen zijn tegen elkaar uitgezet, zie onderstaande grafiek.

² De rijbaansnelheden zijn bepaald uit de rijstrooksnelheden, door deze harmonisch te middelen en te wegen naar intensiteit

Figuur 6: V85 op basis van minuutgemiddelde rijbaansnelheden uitgezet tegen V85 op minuutgemiddelde rijstrooksnelheden, opgesplitst naar meerstrooks 50-60 km/u wegen en meerstrooks 70-80-100 km/u wegen.



Hieruit blijkt dat op meerstrooks wegen de V85 o.b.v. rijbaandata op 50-60-wegen 3% lager ligt dan de V85 o.b.v. rijstrookdata. Voor de 70-80-100-wegen ligt de V85-rijbaan 5% lager. Dit is hetzelfde verschil als gevonden is tussen V85-rijbaan en V85-voertuig.

De V85-rijbaan ligt op meerstrooks 80-wegen dus 5% lager dan de V85-voertuig en 5% lager dan de V85-rijstrook. Op enkelstrooks wegen is de V85-rijbaan (en dus ook de V85-rijstrook) vergelijkbaar met de V85-voertuig.

De conclusie die hieruit getrokken kan worden is dat de V85 gebaseerd op minuutgemiddelde rijstrookgegevens een goede schatting geeft van de V85 gebaseerd op individuele voertuiggegevens. Dit geldt voor locaties op het onderliggende wegennet en is gebaseerd op twee- en driestrooks locaties.

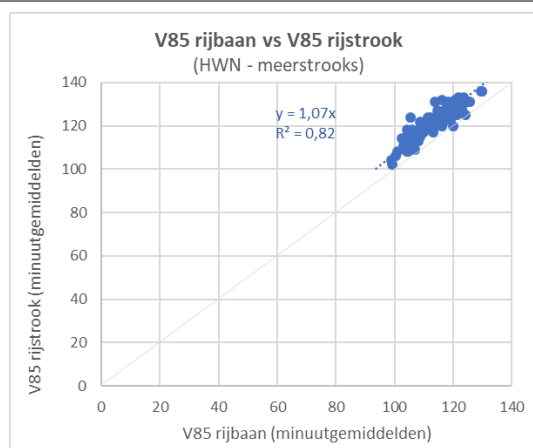
Geldt dit ook voor het HWN?

Van locaties op het hoofdwegennet zijn geen V85 uit voertuigdata beschikbaar. Wel zijn de V85-rijstrook en de V85-rijbaan beschikbaar. De verschillen tussen beide V85-waarden zijn onderzocht. Hierbij is onderscheid gemaakt naar aantal rijstroken.

Figuur 7: relatie tussen V85-rijstrook en -rijbaan, opgesplitst naar aantal rijstroken. In de grafiek staat de relatie voor alle locaties.

Voor HWN is de relatie tussen V85-rijstrook en -rijbaan:

- 2-strooks: rijbaan 5% lager dan V85-rijstrook
- 3-strooks: rijbaan 7% lager dan V85-rijstrook
- 4-strooks: rijbaan 9% lager dan V85-rijstrook
- 5-6-strooks: rijbaan 9% lager dan V85-rijstrook
- alle meerstrooks locaties: rijbaan 7% lager dan V85-rijstrook



Voor tweestrooks wegen is de relatie gelijk aan die op het onderliggende wegennet: de V85 op rijbaanniveau ligt 5% lager dan die op rijstrookniveau. Hoe meer rijstroken er liggen, hoe groter dit verschil is. Een voorzichtige conclusie hieruit is dat ook voor het hoofdwegennet geldt dat de V85 op rijstrookniveau een goede benadering geeft van de V85 op voertuigdata.

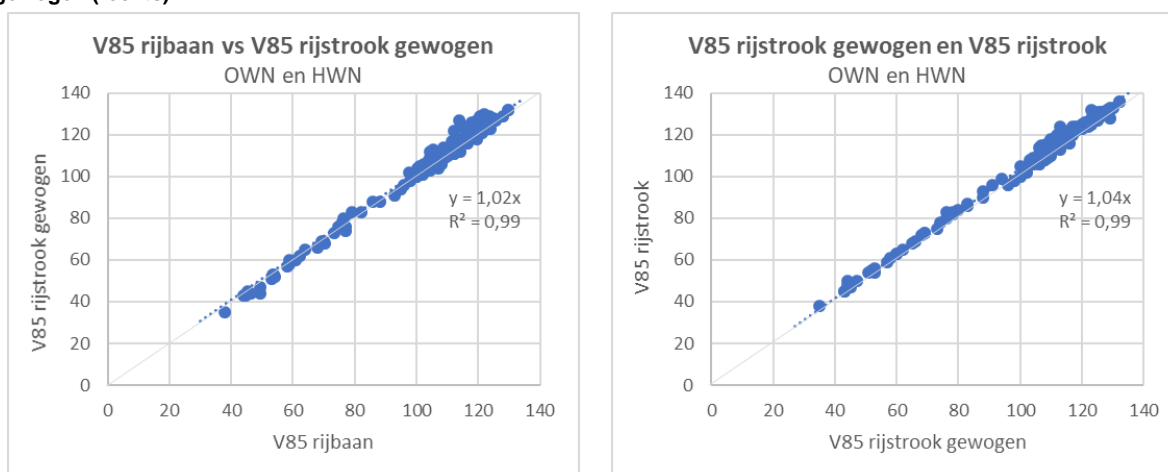
Geeft weging naar intensiteit een beter resultaat?

In de voorgaande analyses is geconcludeerd dat de V85 op rijstrookgegevens dichter bij de V85 op voertuiggegevens ligt dan de V85 op rijbaanniveau. Deze V85 op rijstrookniveau zijn niet gewogen naar intensiteit. Elke snelheidsminuut telt even zwaar mee.

Voor meerstrooks wegen is daarom onderzocht wat het effect is op rijstrookniveau als de snelheden worden gewogen naar intensiteit. Minuten met een hoge intensiteit tellen dan dus vaker mee bij het bepalen van de V85.

In onderstaande grafieken zijn de naar intensiteit gewogen V85 op rijstrookniveau uitgezet tegen de V85 op rijbaanniveau en op rijstrookniveau (niet gewogen).

Figuur 8: relatie tussen V85-rijbaan en V85-rijstrook gewogen (links) en relatie tussen V85-rijstrook gewogen en V85-rijstrook (rechts)



Hieruit blijkt:

- de naar intensiteit gewogen rijstrook-V85 ligt 2% hoger dan de V85 op rijbaanniveau
- de naar intensiteit gewogen rijstrook-V85 ligt 4% lager dan de V85 op rijstrookniveau

De gewogen rijstrook-V85 ligt dus dichter bij de rijbaan-V85 dan bij de rijstrook-V85. Eerder was al geconcludeerd dat de rijstrook-V85 de beste benadering geeft van de V85. Een weging naar intensiteit leidt dus niet tot betere resultaten.

Hoe is dat te verklaren?

De rijstrookgegevens zijn harmonisch gemiddeld en de V85 wordt niet harmonisch bepaald. Harmonisch gemiddeld betekent dat de snelheden zijn gemiddeld op basis van reistijd. Een rekenvoorbeeld:

Een auto rijdt van A naar B en weer terug. Op de heenweg rijdt de auto 80 km/u en op de terugweg 110 km/u. Rekenkundig komt het gemiddelde van 80 en 110 uit op 95. Dit is echter niet de

gemiddelde snelheid van de auto. Want: als de weg 10 km lang is, doet de auto er op de heenweg 7,5 minuut over en op de terugweg 5,5 minuut. In totaal doet deze auto dus 13 minuten over een afstand van 20 km. Dit komt neer op een gemiddelde snelheid van 92 km/u. Dit is dus lager dan het rekenkundig gemiddelde van 95 km/u.

In tegenstelling tot de gemiddelde minuutsnelheid in de NDW historische database, is de V85 niet 'harmonisch' bepaald. De V85 wordt bepaald door snelheden op een rij van laag naar hoog te zetten en dan de waarde die op 85% valt te selecteren. Omdat een harmonisch gemiddelde lager uitvalt dan een rekenkundig gemiddelde, telt bij het wegen naar intensiteit deze lagere snelheid vaker mee. Als toelichting een tweede rekenvoorbeeld: er zijn 10 individuele snelheden gemeten (bovenste rij blauwe waarden). De V85 van deze snelheden komt uit op 100 km/u. De tweede rij oranje snelheden is het harmonisch gemiddelde van deze 10 snelheden. Bij weging naar intensiteit telt dit harmonisch gemiddelde 10 keer mee.

Rekenvoorbeeld: effect op de V85 van weging naar intensiteit van een harmonisch gemiddelde snelheid

10 individuele voertuigpassages (km/u)										V85 = 100 km/u
92	93	94	95	96	98	99	100	100	101	
Harmonisch gemiddelde van deze 10 snelheden: 96 km/u										V85 gewogen naar intensiteit = 96 km/u
96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	

Conclusie: door een harmonisch gemiddelde snelheid te wegen naar intensiteit en op basis daarvan de V85 te bepalen, telt een lagere snelheid zwaarder mee en valt de V85 te laag uit.

Conclusie gebruik minuutgemiddelde rijstrookgegevens

Minuutgemiddelde rijstrooksnelheden, zonder weging naar intensiteit, geven de beste benadering van de V85 berekend op basis van individuele voertuiggegevens. Daarom zijn deze gegevens gebruikt bij het opstellen van het model voor het schatten van de V85 met behulp van Floating Car Data.

4 Onderzoeken relaties

Voor het vaststellen van het model is onderzocht welke relatie er bestaat tussen de aandelen overschrijders in beide databronnen en de V85. En vervolgens welke opsplitsing naar kenmerken tot het sterkste verband leidt. In verband met de afkapping in FCD van individuele snelheden op de snelheidslimiet is tevens onderzocht of het aandeel overschrijders in FCD geteld moet worden vanaf de snelheidslimiet of vanaf een waarde die er onder ligt.

De conclusies hieruit zijn de volgende:

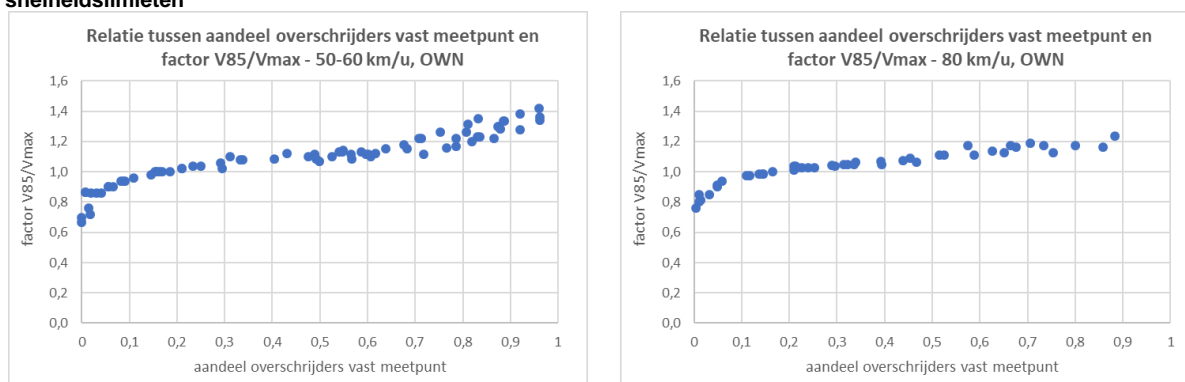
1. Het aandeel overschrijders is een goede voorspeller van de V85
2. Het verband heeft de vorm van een S-curve
3. Opsplitsen naar snelheidslimiet geeft het beste verband. Er ontstaan daarmee drie modellen: voor wegvakken met een limiet van 50-60 km/u, voor wegvakken met een limiet van 70-80 km/u en voor wegvakken met een limiet van 100 km/u of hoger.
4. Het model geeft de beste benadering van de V85 als het aandeel overschrijders in FCD wordt geteld vanaf 96% van de snelheidslimiet

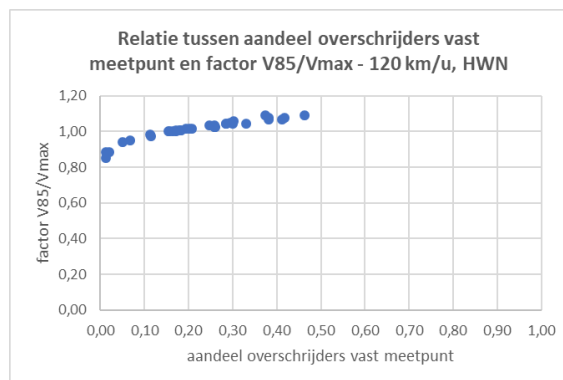
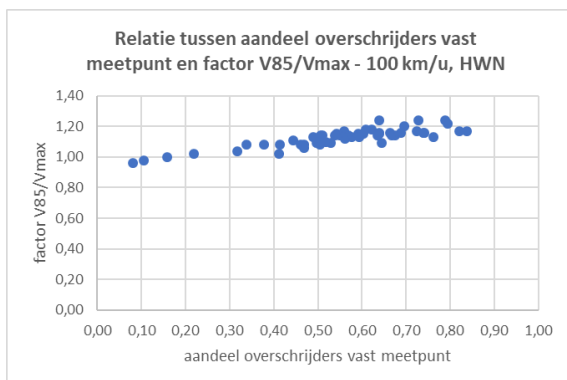
De onderbouwing van de eerste drie conclusies is beschreven in paragraaf 4.1. De onderbouwing van de vierde staat in paragraaf 4.2.

4.1 Relatie tussen snelheidsoverschrijdingen en V85 en opsplitsing naar kenmerken

In onderstaande grafieken is de relatie tussen het aandeel overschrijders op een vast meetpunt en de factor $V85/V_{max}$ uitgezet voor verschillende opsplitsingen naar maximum snelheid, aantal rijstroken en OWN / HWN.

Figuur 9: relatie tussen het aandeel overschrijders en de factor $V85/V_{max}$, opgesplitst naar locaties met verschillende snelheidslimieten

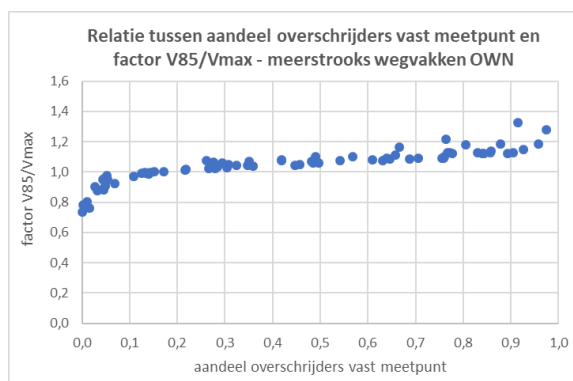
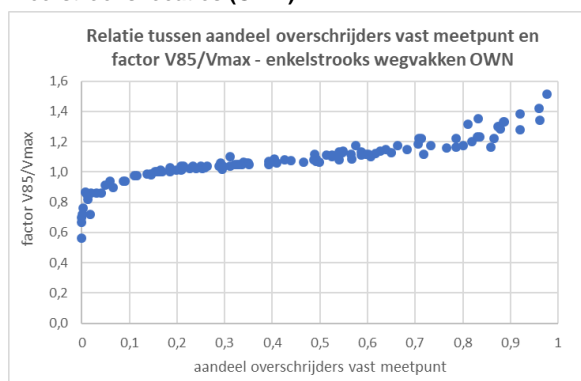




Uit deze grafieken blijkt:

- Bij lagere maximum snelheden is er een duidelijk S-vormig verband.
- Bij hogere snelheden is de curve bij hogere aandelen overschrijders veel vlakker.
- Bij 120 km/u-wegen zijn er geen hoge aandelen overschrijders. Het totale verloop van de relatie kan hier niet worden bepaald. Dit geldt ook voor wegen met een snelheidslimiet van 130 km/u, de grafiek is hier niet getoond.
- Bij 100 km/u-wegen zijn er juist weinig locaties met lage aandelen overschrijders.

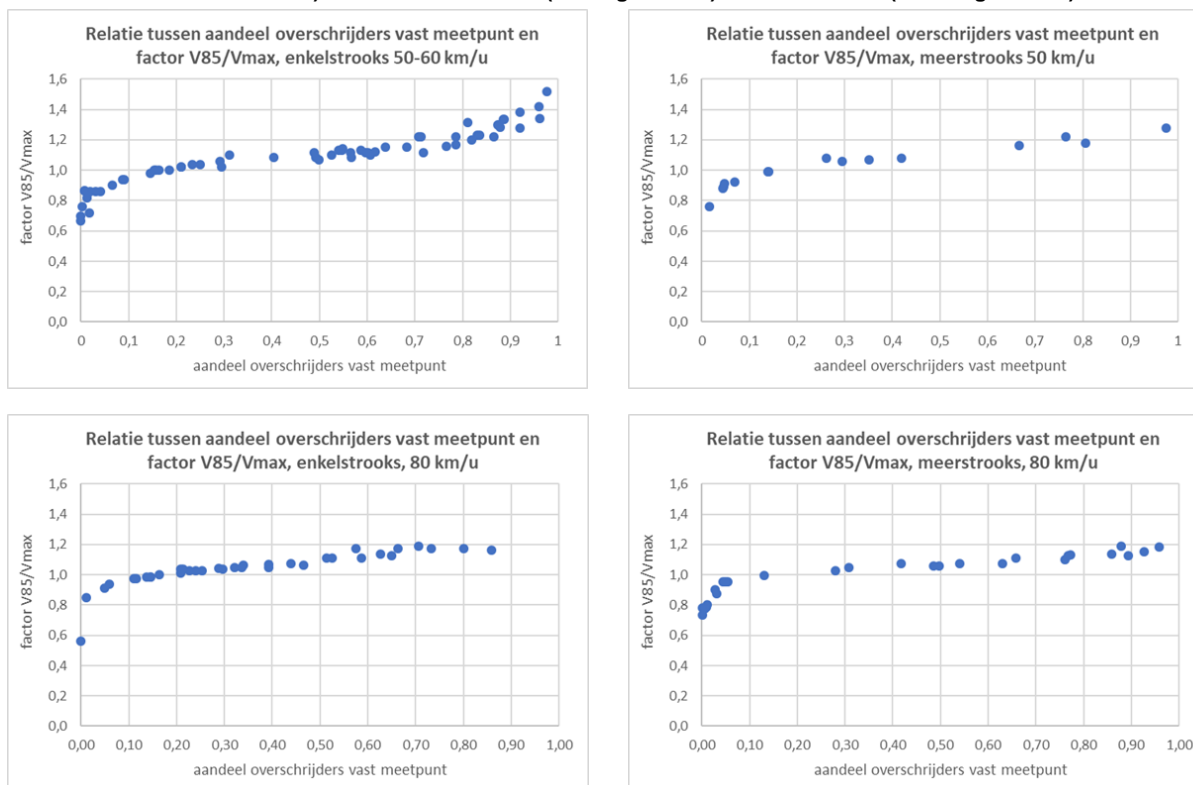
Figuur 10: relatie tussen het aandeel overschrijders en de factor V85/Vmax, opgesplitst naar enkelstrooks en meerstrooks locaties (OWN)



Uit deze grafieken blijkt:

- Het verschil in relaties tussen enkelstrooks en meerstrooks wegen is minder groot dan tussen wegen met hoge of lage snelheidslimieten.

Figuur 11: relatie tussen het aandeel overschrijders en de factor V85/Vmax, opgesplitst naar snelheidslimiet (50-60 km/u boven en 80 km/u onder) en naar enkelstrooks (linker grafieken) en meerstrooks (rechter grafieken)



Uit deze grafieken blijkt:

- Bij snelheidslimieten 50 en 60 km/u is er op enkelstrooks wegen een S-vorming verband. Bij meerstrooks wegen met deze snelheid lijkt dit ook zo te zijn. Het aantal locaties is hier echter te laag om een duidelijk verband vast te stellen.
- Bij 80 km/u is de relatie vrij vlak, zowel bij enkelstrooks als bij meerstrooks.
- Opsplitsing naar enkelstrooks en meerstrooks leidt tot een laag aantal locaties per groep.

Conclusie 1 en 2: S-vormig verband

Er is een duidelijke relatie tussen het aandeel snelheidsoverschrijders en de V85. Het aandeel overschrijders lijkt daarmee een goede voorspeller van de V85.

Bij lage snelheden is sprake van een S-vormig verband. Bij hogere snelheden is de curve vrij vlak en deze zou zowel met een machtsfunctie kunnen worden benaderd als met een S-curve.

Ten behoeve van de uniformiteit is voor alle snelheidslimieten een S-curve genomen. Afhankelijk van de waarde van de parameters kan een meer S-vormige curve ontstaan of een vlakkere grafiek.

Conclusie 3: groeperen naar snelheidslimiet

De snelheidslimiet is meer onderscheidend dan het aantal rijstroken. Een opsplitsing naar zowel snelheidslimiet als naar aantal rijstroken leidt tot te lage aantallen om een betrouwbaar model op te kunnen stellen.

Gebleken is dat een opsplitsing naar drie groepen snelheidslimieten het beste resultaat oplevert. Er zijn daarom drie modellen opgesteld voor wegen met de volgende maximum snelheden:

- 50-60 km/u
- 70-80 km/u
- 100+ km/u

Extra toelichting bij keuze voor 70 km/u-wegvakken en voor 100 km/u op het onderliggende wegennet:

- 70 km/u:

Het aantal locaties met een limiet van 70 km/u is te laag om te bepalen of de relatie tussen V85 en aandeel overschrijders meer overeenkomt met die van 50-60 km/u of die van 80 km/u. Daarom is op basis van weginrichting beargumenteerd dat 70 km/u-wegen bij het model voor de 80-wegen past: het zijn de “hoofdstroomwegen” binnen de bebouwde kom, maar deze lopen vaak buiten de (dichte) bebouwing en hebben een inrichting die meer lijkt op een provinciale (80 km/u) weg.

- 100 km/u:

Een provinciale weg met een limiet van 100 km/u is vergelijkbaar met een snelweg: inhalen mag of kan meestal niet. Ook zijn er of geen gelijkvloerse kruisingen, of als deze er wel zijn, ligt de snelheidslimiet voor de kruising lager. Daarom vallen provinciale wegen en snelwegen met een limiet van 100 km/u onder hetzelfde model.

Dit is getoetst door de provinciale 100-wegen in eerste instantie niet mee te nemen bij het opstellen van het 100+-model. Vervolgens is het 100+-model toegepast op de provinciale 100-wegen. Het resultaat was goed: de onnauwkeurigheid van de geschatte V85 op deze wegen bedroeg slechts 2,1%. De provinciale 100-wegen zijn vervolgens wel meegenomen bij het vaststellen van de parameters voor het uiteindelijke model voor de 100+-wegen.

4.2 Grenswaarde snelheidsoverschrijding

In de gebruikte FCD worden individuele waarnemingen afgekapt op de maximum snelheid. Ligt een waargenomen snelheid hoger dan de maximum snelheid op dat wegsegment, dan wordt in de berekening tot minuutsnelheid de maximum snelheid meegenomen. Het kan dus zijn dat binnen een minuut een of meerdere voertuigen sneller reden dan is toegestaan, maar door afkapping van deze hoge waarden de berekende minuutsnelheid onder de limiet ligt. Zie bijlage 1 voor een uitgebreidere toelichting en een rekenvoorbeeld.

In het model wordt het aandeel overschrijdingen van de maximum snelheid gebruikt als voorspellende waarde van de V85. Vanaf welke grenswaarde telt een minuutsnelheid dan als overschrijding?

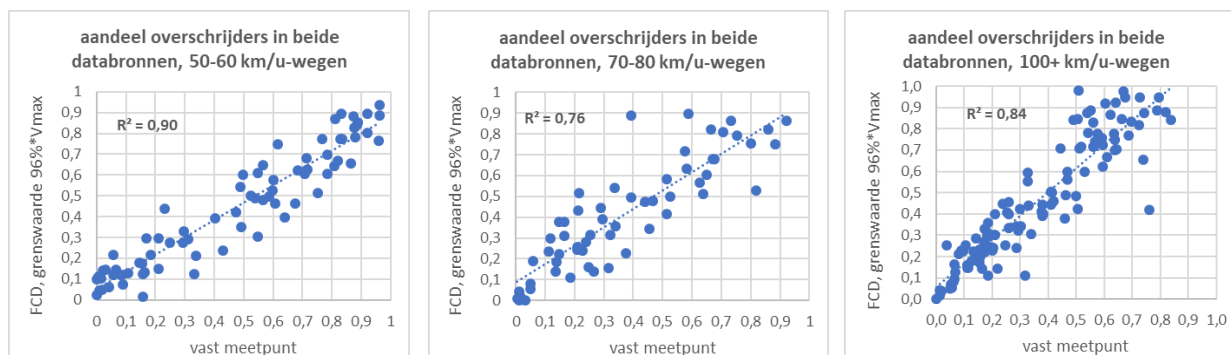
Om dit te bepalen zijn de aandelen snelheidsoverschrijdingen van beide databronnen (FCD en vaste meetlocaties) met elkaar vergeleken. Bij FCD is gevarieerd met de grenswaarde vanaf wanneer een minuutwaarde meetelt als snelheidsoverschrijding. De grenswaarde is gezet op 94%, 96%, 98% en 100% van de maximum snelheid. Eveneens is bekeken bij welke grenswaarde het model de beste benadering gaf van de gemeten V85.

Conclusie grenswaarde

Uit deze analyse bleek dat bij de grenswaarde van 96% de correlatie in aandelen overschrijders van beide databronnen het hoogst is. Ook voor de schatting van de V85 blijkt de grenswaarde van 96% het beste resultaat te leveren.

In onderstaande grafieken zijn de aandelen overschrijders in beide databronnen tegen elkaar uitgezet, voor elke snelheidsgroep. Het aandeel overschrijders in FCD is hierbij bepaald vanaf 96% van de snelheidslimiet.

Figuur 12: aandeel overschrijders van een vast meetpunt uitgezet tegen het aandeel overschrijders in FCD, geteld vanaf 96% van de snelheidslimiet.



5 Toetsen en vaststellen toepassingsgebied

Uit voorgaande analyses is geconcludeerd dat er een S-vormig verband bestaat tussen het aandeel overschrijdingen van de snelheidslimiet en de V85. En dat dit verband anders is voor wegen met verschillende snelheidslimieten.

Er zijn drie modellen ontwikkeld voor:

- Wegvakken met een limiet van 50-60 km/u
- Wegvakken met een limiet van 70-80 km/u
- Wegvakken met een limiet van 100+ km/u

Voor elk model zijn de parameters van het s-vormig verband vastgesteld op basis van de kleinste kwadraten methode: bij deze parameters is de som van de gekwadrateerde verschillen tussen de geschatte V85 (S85) en de gemeten V85 minimaal.

Het model voor het schatten van de V85 (S85) is als volgt:

$$S85 = y * Vmax$$

$$\text{voor } x \geq 0,01: \quad y = a + \log\left(\frac{x}{b-x}\right)/c$$

$$\text{voor } x < 0,01: \quad y = F$$

waarbij: X = aandeel snelheidsoverschrijders FCD
(=aantal minuten $V \geq 96\% * Vmax$, t.o.v. aantal minuten met meetwaarde)

De parameters voor de 3 modellen zijn:

Parameter	50-60 km/u	70-80 km/u	100+ km/u
a	1,13	1,08	1,09
b	1,02	1,02	1,15
c	4,4	9,7	7,2
F	0,65	0,83	0,78

Toelichting parameters:

a is het midden (dus de waarde bij 50% snelheidsoverschrijders)

b is stijging van de staart (en t.b.v. berekening aandeel overschrijders van 1)

c geeft de steilheid (hoogteverschil tussen 0 en 1)

F is een constante, de ondergrens voor de factor S85/Vmax

Toepassingsgebied van het model

Het model is geschikt voor wegen met een snelheidslimiet van 50 – 130 km/u, uitgezonderd toe- en afritten en verbindingswegen in knooppunten, en wegen met een variabele snelheidslimiet.

Ook op wegvakken waar de snelheidslimiet omlaag gaat (bijvoorbeeld op de grens van de bebouwde kom) is het model niet geschikt.

In Nederland zijn er enkele korte autosnelwegtrajecten met een limiet van 80 km/u. Op deze wegvakken zijn de modellen niet getoetst. Verwacht wordt dat hiervoor het model voor 100+-wegen kan worden gebruikt.

Deze randvoorwaarden en aandachtspunten worden in paragraaf 5.2 toegelicht.

In paragraaf 5.1 wordt de toetsing van het model aan meetwaarden beschreven.

5.1 Toetsen van het model

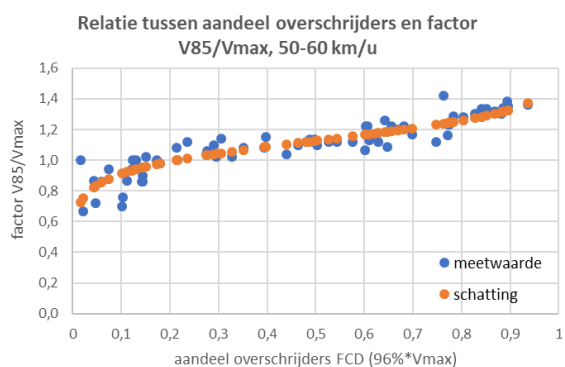
Het model is op twee manieren getoetst: door te kijken naar de afwijking van de geschatte V85 (S85) ten opzichte van de gemeten V85 op rijstrookdata uit vaste meetsystemen (paragraaf 5.1.1) en door de S85 te vergelijken met een aantal beschikbare V85 waarden afgeleid van data van individuele voertuigen gemeten met lussen (paragraaf 5.1.2).

5.1.1 Gemiddelde onnauwkeurigheid

De gemiddelde onnauwkeurigheid geeft aan hoe dicht de schattingen (S85) bij de meetwaarden (V85) liggen. Voor elke snelheidsgroep is de V85 vergeleken met de S85, beide als factor ten opzichte van de snelheidslimiet.

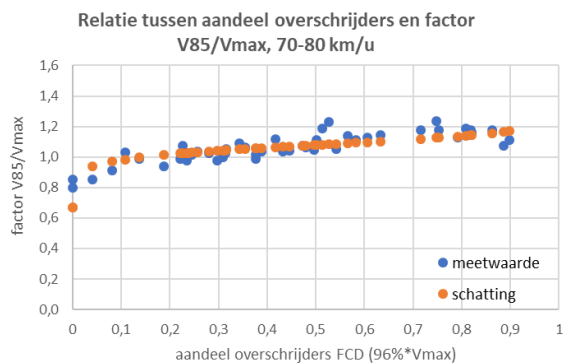
Onderstaande grafieken tonen deze vergelijking. Naast de grafiek is de onnauwkeurigheid in procenten weergegeven.

Figuur 13: Schatting van de factor S85/Vmax en gemeten V85/Vmax, beide op basis van het aandeel overschrijders in FCD, geteld vanaf 96% van de snelheidslimiet, voor elk van de drie modellen



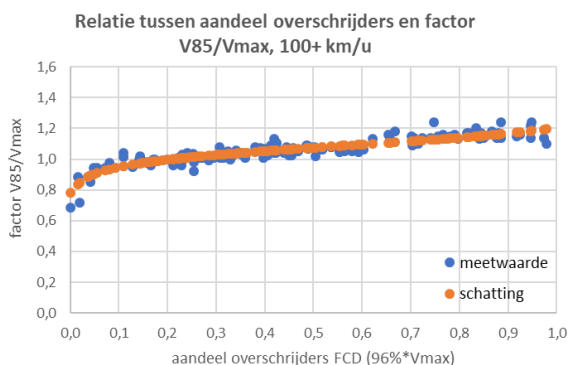
Onnauwkeurigheid: 5,2%

Bij 50 km/u komt dit neer op een gemiddelde afwijking van 2,6 km/u.



Onnauwkeurigheid: 4,5%

Bij 80 km/u komt dit neer op een gemiddelde afwijking van 3,6 km/u.



Onnauwkeurigheid: 2,4%

Bij 120 km/u komt dit neer op een gemiddelde afwijking van 2,9 km/u.

Bij de lagere maximum snelheden is de procentuele onnauwkeurigheid hoger dan bij de hogere maximum snelheden. Maar in absolute zin is de gemiddelde onnauwkeurigheid voor alle snelheden vergelijkbaar. Deze varieert tussen de 2,5 en 3,5 km/u.

5.1.2 Toets op V85 op basis van individuele voertuigen

Van circa 100 meetlocaties in de provincies Noord-Holland en Noord-Brabant zijn V85-waarden op basis van individuele voertuigen beschikbaar. De helft van deze locaties is gebruikt voor het opstellen van het model, de andere helft niet.

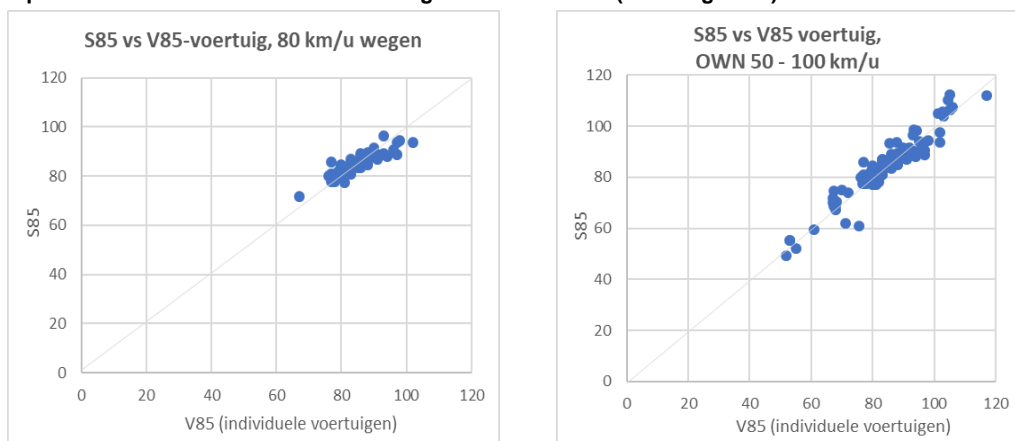
Onderstaande grafieken geven de vergelijking tussen de V85 en de S85. De linker grafiek is van meetlocaties die niet zijn gebruikt bij het opstellen van het model. Dit zijn meetlocaties van provinciale wegen in Noord-Holland met een snelheidslimiet van 80 km/u en één of twee rijstroken.

De gemiddelde onnauwkeurigheid van de schattingen voor de niet gebruikte locaties komt uit op 3,4%.

De rechter grafiek is van alle locaties waarvoor de V85 op individuele voertuigen beschikbaar was. De helft hiervan is dus gebruikt om het model op te stellen. Deze set bevat, naast locaties uit de linker grafiek, ook wegen met een limiet van 50, 60, 70 en 100 km/u, met één of twee rijstroken.

De gemiddelde onnauwkeurigheid van 50-60 km/u wegen komt hierbij uit op 5%. En op wegen met hogere snelheidslimiet is de onnauwkeurigheid 3,4%.

Figuur 14: Vergelijking van de S85 en de V85-voertuig op locaties die niet in het model gebruikt zijn (linker grafiek) en op alle locaties waarvoor de V85-voertuig beschikbaar was (rechter grafiek).



Conclusie uit de toets van de modellen aan de meetwaarden:

De modellen geven een goede schatting van de V85.

Bij beide toetsen hebben de gemiddelde afwijkingen dezelfde orde van grootte. Ook locaties waar het model niet op is gebaseerd, laten eenzelfde afwijking zien. De eerder aangegeven onnauwkeurigheid lijkt een indicatie te zijn voor de algemene onnauwkeurigheid van deze schattingsmethodiek.

5.2 Toepassingsgebied van de modellen

De modellen zijn geschikt voor toepassing op een groot deel van het Nederlandse wegennet. Er gelden echter een aantal beperkingen en aandachtspunten. Het model is niet geschikt voor:

- toe- en afritten en voor verbindingswegen in knooppunten
- wegen met een variabele snelheidslimiet
- wegen met een snelheidslimiet van 30 km/u.

Mogelijk wel geschikt, maar niet getoetst zijn snelwegen met een limiet van 80 km/u.

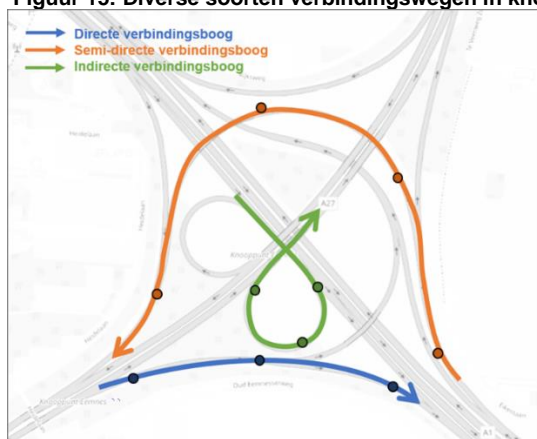
In de volgende paragrafen wordt dit toegelicht.

Model niet geschikt voor verbindingswegen in knooppunten en ter hoogte van een wijziging in de snelheidslimiet

Op verbindingswegen in knooppunten is de vormgeving is zeer bepalend voor het aandeel snelheidsoverschrijders en niet de maximum snelheid. Bovendien heeft de locatie van een meetpunt op het wegvak grote invloed. En ook de afkapping op de snelheidslimiet in FCD is van invloed.

In onderstaande figuur zijn meetlocaties ingetekend op verschillende locaties op een verbindingsoog. Neem bijvoorbeeld de groene klaverbladlus: aan het begin van de lus ligt de snelheid nog relatief hoog, het verkeer remt hier nog af. Halverwege de lus ligt de snelheid laag. En aan het eind van de lus trekt het verkeer weer op. Het maakt dus nogal uit of het bij het opstellen van het model de meetlocatie aan het begin, halverwege of aan het eind wordt gebruikt.

Figuur 15: Diverse soorten verbindingswegen in knooppunten waarop een aantal meetlocaties is ingetekend



In onderstaande grafieken is dit te zien. Hierin zijn voor 36 locaties in knooppunten de aandelen overschrijders en de relatie met de factor V85/Vmax weergegeven.

De spreiding in aandeel overschrijders van beide bronnen is groot. De meeste locaties hebben nauwelijks overschrijdingen van de snelheidslimiet.

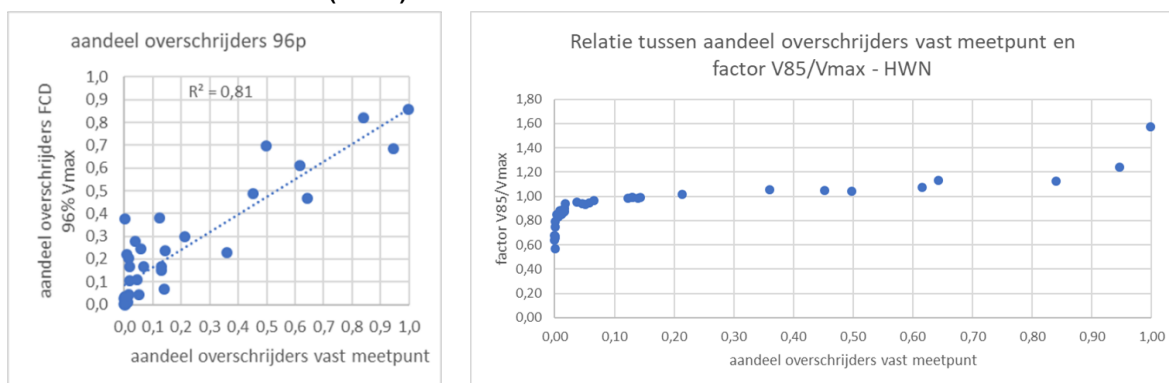
Bij een laag aandeel overschrijders is de V85 afhankelijk van de vormgeving en de locatie van het meetpunt: de factor V85/Vmax kan 0,4 zijn maar ook 0,9.

Bij hoge aandelen overschrijders speelt bovendien de afkapping op de snelheidslimiet in FCD een rol. De factor V85/Vmax kan 1,1 of 1,6 zijn. Vormgeving bepaalt hier hoe snel wordt gereden en niet de snelheidslimiet. Door afkapping van de snelheid op de limiet ontstaat een vertekend beeld van de V85.

Overigens speelt deze vertekening door afkapping op de snelheidslimiet ook op rechte wegvakken waar de limiet wijzigt, bijvoorbeeld op de grens van de bebouwde kom. De snelheidslimiet wijzigt abrupt van bijvoorbeeld 80 naar 50 km/u. Daarmee ontstaat er in FCD door de afkapping ook een abrupte overgang in snelheden, terwijl het verkeer in werkelijkheid geleidelijk afremt. Op deze overganglocaties zal de schatting van de V85 een grotere afwijking van de werkelijke V85 hebben en is het model minder geschikt.

De lengte van een wegvak waarvoor het model niet geschikt is, is afhankelijk van de snelheidslimiet voor en na de limietwijziging. Een pragmatische benadering is om het laatste wegsegment met de hoge snelheidslimiet en het eerste wegsegment met de lagere snelheidslimiet niet te gebruiken. Het gaat dan om een totale lengte van maximaal 100 m. (Be-Mobile heeft het netwerk opgedeeld in segmenten van maximaal 50 m.).

Figuur 16: op verbindingswegen in knooppunten het aandeel overschrijders tussen beide databronnen (links) en de relatie met de factor V85/Vmax (rechts)



Variabele snelheidslimiet

Op veel snelwegen in Nederland geldt een variabele maximum snelheid. Een veel voorkomende combinatie is 130 km/u in de avond en nacht en 100 of 120 km/u overdag.

De V85 als veiligheidsindicator wordt doorgaans als etmaalcijfer opgesteld. Op wegen met een variabele snelheidslimiet is dit niet mogelijk.

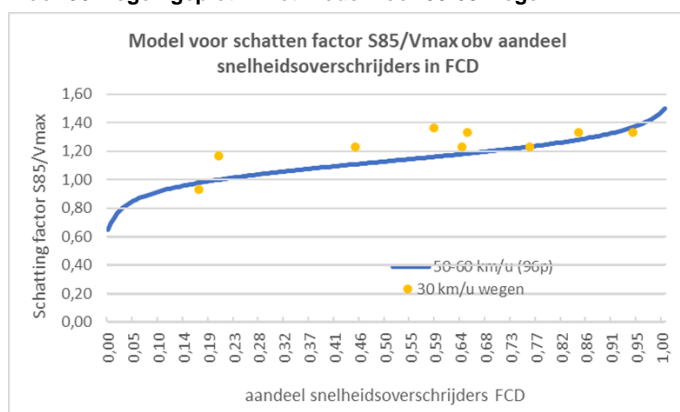
In theorie is het mogelijk om voor deze wegen een V85 per dagdeel te berekenen. De modellen zijn echter opgesteld op etmaalniveau en niet op dagdeelniveau. Een S85 bepalen op basis van FCD is voor deze wegvakken daarom niet mogelijk met de bestaande modellen.

Model niet geschikt voor 30 km/u-wegen

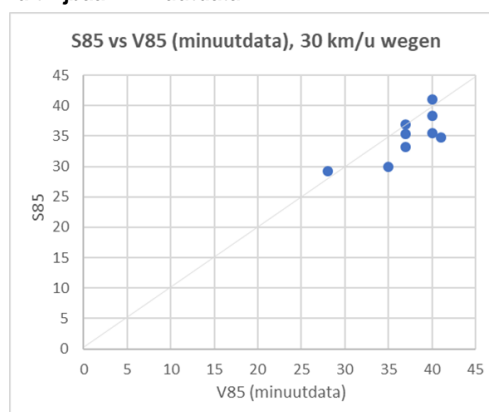
In de historische database zijn 9 locaties op 30 km/u-wegen gevonden. Vanwege dit lage aantal zijn ze niet gebruikt bij het opstellen van het model.

Om te toetsen of het model voor 50-60-wegen geschikt is voor het schatten van de V85 op 30-wegen, is voor deze locaties de V85 geschat en vergeleken met de gemeten V85. Ook is voor deze locaties het aandeel overschrijders in FCD en de factor V85/Vmax tegen elkaar uitgezet. In dezelfde grafiek is het model voor 50-60 wegen ingetekend.

Figuur 17: relatie aandeel overschrijders FCD en factor V85/Vmax voor 30-wegen geplot in het model voor 50-60-wegen.



Figuur 18: schatting V85 op 30-wegen vs. V85 uit rijbaan-minuutdata



Conclusie op basis van deze 9 locaties: het model lijkt niet geschikt voor toepassing op 30 km/u-wegen. Waarschijnlijk is er voor deze wegen een ander model nodig. Om dit model op te stellen is een groter aantal meetlocaties van 30 km/u-wegen nodig. Dan zou bovendien bepaald moeten worden in hoeverre er voldoende waarnemingen zijn in FCD op dit type wegen om tot betrouwbare uitspraken te komen.

Snelwegen met een limiet van 80 km/u

Deze locaties zijn buiten de dataset gelaten, omdat het aantal snelwegtrajecten met een limiet van 80 km/u beperkt is. Het model is ook niet getoetst op deze wegen.

Verwacht wordt dat het model voor 100+-wegen het meest geschikt is voor dit type wegen. Een snelweg met een limiet van 80 km/u heeft meer overeenkomsten met een snelweg van 100 km/u (gescheiden rijbanen, ongelijkvloerse kruisingen) dan een provinciale weg van 80 km/u.

6 Conclusies en aanbevelingen voor gebruik van het model

6.1 Generiek model voor V85 op basis van FCD

Er is een generiek model opgesteld om de V85 te schatten op basis van snelheidsoverschrijders in FCD. Het model kan gebruikt worden voor het schatten van de V85 op alle wegvakken in Nederland waar FCD beschikbaar is, mits deze binnen de genoemde randvoorwaarden vallen. Deze zijn beschreven in hoofdstuk 2 en onderbouwd in paragraaf 5.2.

Het model is getoetst op circa 50 locaties (met een maximum snelheid van 80 km/u) die niet gebruikt zijn bij het opstellen van het model (zie paragraaf 5.1.2). Op deze locaties bedroeg de gemiddelde onnauwkeurigheid 3,4%.

6.2 V85 op basis van minuutgemiddelde rijstrooksnelheden

Uit de achterliggende analyses voor het opstellen van het model is gebleken dat minuutgemiddelde rijstrooksnelheden een goede benadering geven van de V85 op basis van voertuigdata. Dit betekent dat het mogelijk is de V85 te schatten uit minuutgemiddelde rijstrooksnelheden van wegkantsystemen die beschikbaar zijn in de historische database. Voor gebruik op het hoofdwegennet is dit een interessante conclusie. Op deze wegen zijn veel meetlocaties beschikbaar, waarmee relatief eenvoudig schattingen van de V85 kunnen worden gemaakt en de beperkingen van het FCD-model niet gelden.

6.3 Aanbevelingen

FCD is aan veranderingen onderhevig. De vloot kan veranderen, waardoor de steekproef uit de verkeersstroom wijzigt. Ook kunnen algoritmes veranderen. Het verdient aanbeveling de parameters regelmatig, bijvoorbeeld om het jaar, bij te stellen.

Wanneer dezelfde locaties als in dit onderzoek gebruikt worden, is de datacontrole eenvoudig en is de koppeling aan FCD beschikbaar. Op deze manier is relatief snel in te schatten of er relevante veranderingen in FCD of de meetlocaties zijn opgetreden en of de modelparameters moeten worden bijgesteld.

Vanuit praktisch oogpunt is in dit onderzoek een meetperiode van 4 weken in het najaar gekozen waarin de basemap van FCD gelijk bleef. De basemap verandert regelmatig, wat het schatten van de V85 over een langere periode (kwartaal, jaar) bemoeilijkt. NDW werkt aan een oplossing waarbij wijziging van basemaps geen beperking meer vormt.

Wanneer dit gereed is, is het eenvoudiger om een andere periode te kiezen voor kalibratie van het model. Mogelijk is de relatie in het voorjaar anders dan in het najaar. FCD is namelijk onderhevig aan seizoensinvloeden.

Bijlage 1: Gebruikte gegevens

B1.1 Floating Car Data

Floating Car Data (FCD) is een verzamelnaam voor data verkregen uit voertuigen of mobiele apparaten die zich in het verkeer bewegen. Het verschil met vaste meetpunten is dat het voertuig in de verkeersstroom wordt gemeten en niet het verkeer dat langs een vaste locatie op de weg rijdt. Daarnaast is een belangrijke eigenschap van FCD dat het slechts een deel van het verkeer meet, niet alle voertuigen binnen de verkeersstroom.

In dit onderzoek is FCD van de provider Be-Mobile gebruikt. Be-Mobile levert sinds begin 2017 FCD over het gehele Nederlandse wegennet aan het NDW. Een aantal, voor dit onderzoek relevante eigenschappen van FCD en specifiek van Be-Mobile, worden hieronder besproken.

Kenmerken van de gebruikte FCD op een rij. Een toelichting van deze kenmerken volgt hierna:

- In principe overal beschikbaar, niet afhankelijk van locatiekeuze vast meetpunt
- Geheel traject in plaats van een locatie. Dit geeft een completer beeld van het wegennet
- Meet niet alle voertuigen: dekkinggraad op OWN doorgaans <5%
- Meet niet alle voertuigen: mogelijk aselechte steekproef
- Niet per voertuig, maar per minuut en per rijbaan
- Geen intensiteit, wel snelheid. Bij de minuutlevering wordt wel meegeleverd hoeveel voertuigen zijn gebruikt voor die minuut.
- Gemiddelde snelheid gebaseerd op 10 voertuigen die zijn waargenomen, waarbij maximaal 30 minuten wordt teruggekeken. Daarna wordt de snelheid gebaseerd op minder dan 10 voertuigen.
- Individuele snelheidswaarnemingen worden afgekapt op de maximum snelheid en daarna meegenomen in de berekening van de gemiddelde snelheid.

Beschikbaarheid en herkomst gegevens

In principe zijn FCD overal beschikbaar waar, in dit geval, voertuigen rijden. Het is onafhankelijk van de locatiekeuze van een vast meetpunt. Bij wijzigingen in infrastructuur of verkeersstromen hoeft niet eerst een meetpunt te worden aangelegd, maar wordt er direct gemeten. Ook is het dus mogelijk om gehele trajecten in beeld te brengen in plaats van een locatie.

De data van Be-Mobile is afkomstig uit verschillende bronnen. Het grootste deel komt van gebruikers van de app Flitsmeister. Andere bronnen zijn bijvoorbeeld vlootapparatuur van diverse transportbedrijven. Deze bronnen geven met een zekere frequentie (Flitsmeister elke minuut, andere bronnen minder frequent), hun positie door en de snelheid op dat moment.

Be-Mobile schat dat het circa 4-10% van de voertuigen in een verkeersstroom meet. Dit percentage hangt af van het type weg (op hoofdwegen is de dekkinggraad hoger dan op onderliggende wegen), tijd van de dag, dag van de week en seizoen. Ook de samenstelling van de vloot (de voertuigen die hun snelheid doorgeven) is niet constant naar tijd en plaats. Op basis van dit onderzoek is geschat dat de dekkinggraad op onderliggende wegen 2-4% bedraagt.

Vanwege de beperkte dekkinggraad is het (nog) niet mogelijk om betrouwbare intensiteitsgegevens te bepalen.

Representativiteit

Vanwege het grote aandeel Flitsmeistengebruikers in de data in combinatie met de lage dekkingsgraad, is de kans aanwezig dat de snelheidswaarden niet representatief zijn voor de gehele verkeersstroom. Dit kan vooral een probleem zijn op meerstrooks wegvakken waarbij de verkeersstromen zich splitsen. Dit gaat om een aantal specifieke locatie. Bijvoorbeeld als de linker rijstrook richting de snelweg gaat en de rechterstrook richting een dorp.

Dit speelt ook op wegen met een lage intensiteit en een hoog aandeel bestemmingsverkeer. Het risico dat er in een langere meetperiode steeds dezelfde voertuigen worden waargenomen is dan groot.

Netwerk

Be-Mobile gebruikt OpenStreetMap als netwerk om de snelheidsgegevens op te projecteren. Be-Mobile heeft dit wegennet opgedeeld in segmenten van maximaal 50 m. Elke waarneming wordt aan een wegsegment gekoppeld en vervolgens wordt voor elke minuut de snelheid het segment bepaald.

Snelheid per minuut

Be-Mobile geeft snelheidswaarden per minuut door. Deze snelheidswaarde is gebaseerd op de 10 meest recente waarnemingen tot maximaal 30 minuten terug. Is het aantal van 10 voertuigen dan nog niet gehaald, dan wordt de snelheidswaarde in de meetminuut gebaseerd op minder dan 10 voertuigen. Als er in 30 minuten geen enkele waarneming is gedaan, wordt er geen snelheidswaarde gerapporteerd. Is er in de afgelopen 30 minuten slechts 1 voertuig gepeild, dan is de snelheid 30 minuten lang gebaseerd op dat ene voertuig.

In dit onderzoek zijn alle metingen over de hele dag meegenomen, dus ook alle 'herhalingen' van de snelheid bij FCD.

Afkapping op de maximum snelheid

Een voor dit onderzoek belangrijk filtermechanisme dat Be-Mobile hanteert, is de afkapping op de maximum snelheid. Ligt een waargenomen snelheid hoger dan de maximum snelheid op dat segment, dan wordt in de berekening van de minuutsnelheid de maximum snelheid meegenomen. De afkapping gebeurt dus op individuele waarnemingen. Ter toelichting staat hieronder een rekenvoorbeeld.

Rekenvoorbeeld uitkomst gemiddelde snelheid zonder en met afkappen op de maximum snelheid. De gemiddelde snelheid na afkappen (in dit voorbeeld 48 km/u) wordt door Be-Mobile gerapporteerd.

	Waargenomen snelheid (km/u)	Snelheid na afkappen (km/u)
Voertuig 1	46	46
Voertuig 2	57	50
Gemiddelde	(51)	48

In dit voorbeeld zijn 2 voertuigen waargenomen op een wegvak waar de maximum snelheid 50 km/u bedraagt. Het verschil tussen het gemiddelde van beide waargenomen snelheden (51 km/u) en het gemiddelde na afkapping (48 km/u) bedraagt 6%.

Bij een lage dekkingsgraad en/of lagere intensiteiten is er een grotere kans op grote snelheidsverschillen tussen voertuigen in een waarnemingsminuut. Ook is de kans groot dat er in 1 minuut maar 1 voertuig is gemeten. Het verschil tussen de gemiddelde minuutsnelheid met en zonder afkapping kan dan groot zijn.

Andersom: hoe drukker de weg, hoe kleiner de snelheidsverschillen tussen voertuigen. Op enkelstrooks wegen is dit verschil minder dan op meerstrooks wegen, omdat inhalen minder makkelijk gaat en het voorste voertuig de snelheid bepaalt. Het afkappen van snelheden boven het maximum heeft dan een minder groot effect op de gemiddelde snelheid.

B1.2 Minuutgegevens uit historische database van NDW

De V85 wordt normaalgesproken bepaald op basis van individuele voertuiggegevens gemeten met wegkantsystemen, ofwel op basis van alle voertuigen die een bepaald punt passeren (in dit rapport aangeduid met de term “vaste meetlocaties”).

NDW beschikt over een grote hoeveelheid vaste meetlocaties op het onderliggende wegennet die snelheden en intensiteiten, geaggregeerd naar minuutcijfers, leveren. Deze minuutaggregaten zijn gebruik voor het opstellen van het model. Het model is vervolgens getoetst aan een groot aantal locaties waarvoor V85-waarden o.b.v. individuele voertuigen beschikbaar waren.

B1.3 V85 op basis van individuele voertuiggegevens

Provincie Noord-Holland laat jaarlijks de V85 bepalen op basis van individuele voertuiggegevens. Hiervoor worden de ruwe gegevens uit de vaste meetlocaties gebruikt, voordat deze als minuutaggregaten naar het NDW gaan. Voor dit onderzoek waren de V85-waarden van het 4^e kwartaal van 2017 beschikbaar (de achterliggende gegevens niet). Deze cijfers zijn gebruikt om de resultaten te toetsen.

Van een groot aantal meetlocaties van de provincie Noord-Brabant zijn bij het NDW individuele voertuiggegevens beschikbaar. Voor deze locaties zijn de V85-waarden berekend en gebruikt voor het toetsen van het model.

B1.4 Locatiekenmerken

De ligging van de meetlocaties en wegsegmenten, het aantal rijstroken en de maximum snelheid van de meetlocaties zijn verkregen uit diverse bronnen: de locatiereferentie van het NDW, locatiereferentie van provincie Noord-Holland, OpenStreetMap, lijst met meetlocaties gebruikt voor het opstellen van INWEVA 2017³, en de websites wegenwiki en autosnelwegen.net voor een overzicht van maximum snelheden en spitsstroken.

³ INWEVA is een bestand met intensiteiten voor alle wegvakken van het rijkswegennet. Dit bestand wordt jaarlijks opgesteld ten behoeve van verkeerskundige, luchtkwaliteit-, geluidbelasting- of planstudies.

Bijlage 2: Indicatoren en controle op datakwaliteit

B2.1 Indicatoren

Aandeel snelheidsoverschrijders

Het aandeel minuutsnelheden (vast meetpunt: per rijstrook, FCD per wegsegment) dat groter of gelijk is aan de snelheidslimiet, ten opzichte van het aantal minuten met een snelheidswaarde.

Om de invloed van steekproefgrootte van FCD uit te sluiten zijn van beide databronnen alleen minuten met een geldige snelheidswaarneming meegenomen.

De snelheden die meerdere minuten worden vastgehouden (FCD) vallen ook onder een geldige snelheidswaarde.

Vanwege de afkapping op de snelheidslimiet is in FCD gevarieerd in de grenswaarde vanaf wanneer een snelheid als overschrijding meetelt. De grenswaarde is ingesteld op de maximum snelheid en op 2%, 4%, 6% en 8% onder de maximum snelheid.

Factor V85/Vmax

Voor het toetsen van de relatie tussen V85 en aandeel snelheidsoverschrijders is de V85 niet als absolute waarde meegenomen, maar als factor ten opzichte van de maximum snelheid. Op deze manier wordt variatie tussen locaties als gevolg van de hoogte van de maximum snelheid (grotendeels) uitgesloten. Deze indicator is bepaald voor de vaste meetpunten.

Overige indicatoren

Ter controle van de kwaliteit en/of mogelijke uitsplitsing naar locatiekenmerken, zijn onderstaande indicatoren berekend:

- Het aantal minuten in de meetperiode met een geldige snelheidswaarde, voor beide databronnen.
- Aantal fileminuten, voor beide databronnen: het totaal aantal minuten in de meetperiode waarin de snelheid 50% lager ligt dan de snelheidslimiet.
- Hoogste en laagste waargenomen snelheid in de meetperiode, voor beide databronnen.
- V5 en V95 van de snelheid in de meetperiode.
- Intensiteit: etmaalintensiteit op een gemiddelde werkdag in de meetperiode en de gemiddelde intensiteiten in ochtend- en avondspits.
- Gemiddelde snelheid in ochtend- en avondspits, voor beide databronnen.

B2.2 Kwaliteitscontrole

De locaties zijn getoetst op kwaliteit. De volgende controles zijn uitgevoerd:

Maximum snelheid FCD

FCD gebruikt de maximum snelheden uit Open Street Map.

Van de vaste meetlocaties zijn de maximum snelheden bepaald uit de snelheidsgegevens van het meetpunt (obv maximum uursnelheid, spitsuursnelheden, nacht- en dalsnelheden schatting van Vmax gemaakt), aangevuld met informatie van de websites wegenwiki.com/maximumsnelheid en autosnelwegen.net.

Beide bronnen zijn met elkaar vergeleken. Indien er een verschil was in maximumsnelheid is de locatie gecontroleerd in Google Maps. Locaties waarbij FCD een te lage maximum snelheid hanteert, zijn uitgesloten. De reden hiervoor is dat in FCD waargenomen snelheden worden afgekapt op de maximum snelheid. Deze locaties zijn daarom niet bruikbaar voor het bepalen van het aandeel snelheidsoverschrijders.

Minuutsnelheden, MaxV (“V100”) en V95

Erg hoge minuutsnelheden zijn niet plausibel. Als deze te vaak voorkomen is er mogelijk sprake van een slecht functionerend meetpunt. Deze meetpunten zijn uitgesloten.

Ten eerste zijn niet plausibele minuutsnelheden afgekeurd. Op wegen met een snelheidslimiet van 80 km/u of lager zijn alle minuutsnelheden boven de 180 km/u afgekeurd. Op wegen met een hogere limiet is de grens gelegd op 200 km/u.

Vervolgens is de V95 en V100 met elkaar vergeleken. Als hier een groot verschil tussen zit zijn eventuele onjuiste hoge snelheden niet van grote invloed op de V85. Als er wel een groot verschil tussen beide indicatoren was, is het meetpunt afgekeurd.

Voldoende databeschikbaarheid en intensiteit

- Locaties met een etmaalintensiteit lager dan 1000 voertuigen op werkdagen zijn uitgesloten. In verband met de lage dekkingsgraad van FCD is het aantal waarnemingen op deze locaties te laag voor een betrouwbare meting door FCD.
- Ontbrekende spitsintensiteit: dit is een aanwijzing voor een niet goed functionerend meetpunt.
- Gemiddelde werkdagintensiteit in beide rijrichtingen: voor het OWN zijn de etmaalintensiteiten getoetst op plausibiliteit door de heen- en terugrichting met elkaar te vergelijken. Voor het HWN is deze vergelijking niet gemaakt, omdat voor het HWN gebruik is gemaakt van locaties die in INWEVA⁴ zijn gebruikt. Deze locaties zijn voor dat project al gecontroleerd op betrouwbaarheid en plausibiliteit.

Fileminuten, spitsnelheden en aandelen overschrijders en aantal rijstroken

Een aantal berekende indicatoren uit beide databronnen zijn met elkaar vergeleken:

- Het aantal fileminuten (aantal minuten met een snelheidswaarde lager dan 50% van de snelheidslimiet)
- Gemiddelde snelheden in ochtend- en avondspits
- Aandeel overschrijders

Indien er (onverklaarbare) grote verschillen zijn tussen beide databronnen is de locatie uitgesloten.

Bijvoorbeeld als in FCD de snelheid in de ochtendspits laag is en in de avondspits hoog, en bij het meetpunt andersom, dan is mogelijk sprake van een verkeerde koppeling tussen FCD en het meetpunt of een onjuiste locatiereferentie van het meetpunt.

Of bijvoorbeeld als er in FCD geen overschrijders zijn en bij het meetpunt is sprake van 60% snelheidsoverschrijders.

⁴ INWEVA is een bestand met intensiteiten voor alle wegvakken van het rijkswegennet. Dit bestand wordt jaarlijks opgesteld ten behoeve van verkeerskundige, luchtkwaliteit-, geluidbelasting- of planstudies.

Aantal rijstroken

Het aantal rijstroken in beide databronnen (FCD uit OpenStreetMap, meetlocatie uit de meetdata) is met elkaar vergeleken. Indien er een verschil was is gecontroleerd welk aantal juist was. En of de databron met een onjuiste weergave van het aantal rijstroken plausibel was.

Een voorbeeld: een meetlocatie heeft soms een meetlus op de vluchtstrook (terwijl er geen spitsstrook ligt). Het aantal rijstroken ligt dan 1 hoger dan het aantal dat FCD aangeeft. In beide databronnen wordt echter wel dezelfde verkeersstroom gemeten en dus wordt de locatie niet uitgesloten.

Een ander voorbeeld: een samenvoeging of splitsing van twee grote verkeersstromen. Soms meet het meetpunt maar een van beide stromen (bijvoorbeeld de linker twee rijstroken van de vier). De andere verkeersstroom wordt door een tweede meetpunt gemeten. FCD meet de totale rijbaan en dus beide verkeersstromen. In dit geval zijn beide databronnen niet vergelijkbaar en is de locatie voor dit onderzoek afgekeurd.