

# TNO Defensie en Veiligheid

ONGERUBRICEERD

Kampweg 5  
Postbus 23  
3769 ZG Soesterberg

www.tno.nl

T +31 346 35 62 11  
F +31 346 35 39 77  
Info-DenV@tno.nl

**TNO-DV 2009 IN290**

## Conceptueel model veiligheidseffecten van AOS

Datum	oktober 2009
Auteur(s)	dr. M. de Goede dr. M. Hoedemaeker ir. J.H. Hogema
Opdrachtgever	Connekt
Projectnummer	033.22167
Rubricering rapport	Ongerubriceerd
Titel	-
Samenvatting	-
Rapporttekst	-
Bijlagen	-
Aantal pagina's	18
Aantal bijlagen	-

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2009 TNO

ONGERUBRICEERD

## Samenvatting

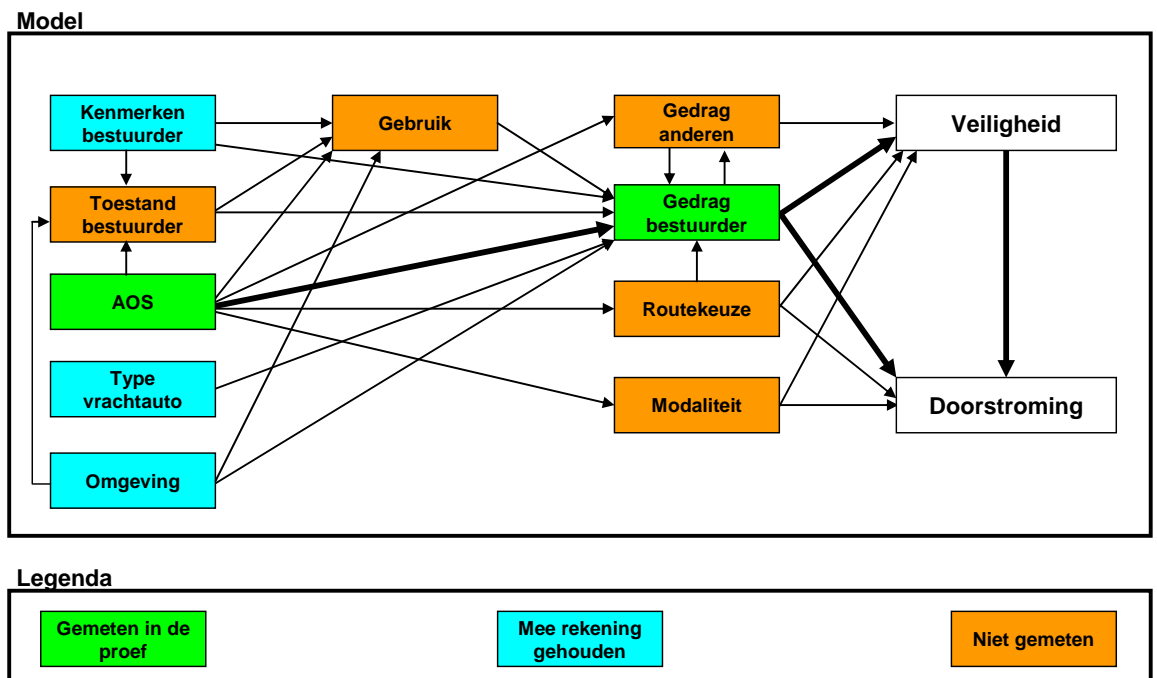
In dit document wordt een overzicht gegeven van de factoren die een rol spelen bij de effecten van Anti-Ongeval Systemen (AOS) op veiligheid en doorstroming. Een groot gedeelte van deze factoren is expliciet onderzocht in de AOS veldtest. Per systeem zijn de specifieke mechanismen bepaald die een rol spelen bij de rijtaak en het type ongevallen waar deze mechanismen effect op zouden kunnen hebben om uiteindelijk tot een inschatting te komen van kwalitatieve en kwantitatieve effecten van deze systemen op de veiligheid. Op basis van de data kan er worden geconcludeerd dat Directional Control (DC) / Rollover control, Active Cruise Control (ACC) en Lane Departure Warning (LDW) een gering tot aanzienlijk effect kunnen hebben op de verkeersveiligheid. Er geen effect gevonden van Forward Collision Warning / Headway Monitoring (FCW/HWM) en Black Box FeedBack (BBFB) op de verkeersveiligheid.

# Inhoudsopgave

	<b>Samenvatting</b> .....	<b>2</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Effecten op veiligheid</b> .....	<b>7</b>
2.1	Factoren en mechanismen.....	8
2.2	Selectie ongevals categorieën .....	8
2.3	Het typen ongevallen waarop AOS effect kunnen hebben .....	9
2.4	De relatie tussen gedragsvariabelen en effecten op veiligheid .....	11
<b>3</b>	<b>Veiligheidseffecten per systeem</b> .....	<b>13</b>
3.1	Directional control (DC) + rollover control.....	13
3.2	Active Cruise Control (ACC) .....	14
3.3	Lane Departure Warning (LDW).....	14
3.4	Forward Collision Warning (FCW) and Headway Monitoring (HM).....	15
3.5	Black Box FeedBack (BBFB).....	15
<b>4</b>	<b>Referenties</b> .....	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>Ondertekening</b> .....	<b>18</b>

# 1 Inleiding

De effecten van AOS op veiligheid worden beïnvloed door veel verschillende factoren. Een groot gedeelte van deze factoren is expliciet onderzocht in de AOS veldtest. Sommigen niet, omdat ze bijvoorbeeld moeilijk meetbaar zijn en daardoor buiten de scope van het project vallen (bijvoorbeeld de toestand van de bestuurder). De specifieke systemen die zijn onderzocht in de AOS veldtest zijn: Directional Control (DC), Active Cruise Control (ACC), Lane Departure Warning (LDW), Forward Collision Warning / Headway Monitoring (FCW/HWM) en Black Box FeedBack (BBFB). Om inzicht te krijgen in de factoren die van invloed zijn op veiligheid en doorstroming is een overzicht weergegeven in Figuur 1. De dikke pijlen geven de route aan die in deze studie wordt gebruikt om tot een inschatting van de effecten van AOS op veiligheid en doorstroming te komen: We meten het effect van het rijden met AOS op het gedrag en vertalen dit effect in termen van verkeersveiligheid en doorstroming.



Figuur 1 Conceptueel model veiligheid.

Figuur 1 geeft aan dat de effecten van een AOS systeem op de veiligheid of de doorstroming door een aantal factoren direct worden beïnvloed (de middelste kolom met onder andere ‘Gedrag bestuurder’) en door een aantal factoren indirect, doordat zij weer invloed hebben op de “directe factoren”. De kleuren geven aan in hoeverre de factor direct in de proef wordt gemeten of dat in de proef rekening wordt gehouden met de mogelijke invloed van deze factor. De dikke pijlen geven de aspecten aan die in deze proef direct onderzocht worden.

Alle mogelijke directe factoren die van invloed kunnen zijn op verkeersveiligheid kunnen worden onderverdeeld in 5 categorieën.

**1. Effecten van AOS op het rijgedrag, zoals snelheid, volgtijd, rijstrook positie, dat wil zeggen op het controle and manoeuvre niveau van de rijtaak.**

Het voornaamste doel van het AOS project is meer inzicht te verschaffen in de effecten die tot deze eerste categorie behoren. De opzet van de veldstudie is zodanig, dat de verzamelde data met name informatie verschaffen over het rijgedrag, hetgeen inzicht verschaft in mogelijke effecten van AOS op de veiligheid. Deze effecten behelzen zowel bedoelde als onbedoelde effecten ('gedragsadaptatie'). Een voorbeeld van gedragsadaptatie is de afname in volgtijd bij gebruik van ACC, veroorzaakt door een vergroot gevoel van veiligheid.

**2. Effecten op routekeuze en transport modaliteit.**

Het huidige project had niet als doel om meer inzicht te krijgen in modaliteit- en routekeuze. Er zijn derhalve alleen en-route data verzameld. Het zou echter wel mogelijk zijn om op basis van de GPS data routekeuze effecten van AOS te bekijken.

**3. Gebruik van het systeem: wanneer zetten bestuurders het systeem aan of uit en welke parameters gebruiken ze.**

Wegens technische beperkingen is het niet mogelijk de mate van gebruik van de systemen te inventariseren. Dit kan een belangrijk aspect zijn, aangezien eerdere studies hebben laten zien dat bestuurders bijvoorbeeld de neiging hebben ACC uit te schakelen onder drukke verkeersomstandigheden (Viti, Hoogendoorn, Alkim & Bootsma, 2008). Gebruik hangt nauw samen met acceptatie. Sommige systemen kunnen als irritant worden ervaren, bijvoorbeeld in het geval van een vaak voorkomend loos alarm, hetgeen het systeemgebruik, en mogelijke effecten op veiligheid, kan verminderen.

De mate van acceptatie van de systemen kan worden bepaald op basis van de gevoerde interviews en de vragenlijsten. In het huidige project kon alleen ACC door de bestuurder worden uitgeschakeld.

**4. Effecten van de toestand van de bestuurder in termen van werklast, afleiding en slaperigheid.**

Deze effecten zijn niet direct gemeten maar de gegevens uit de interviews en vragenlijsten kunnen hier inzicht in verschaffen.

**5. Effecten op het rijgedrag van andere weggebruikers, gedwongen of kopieergedrag.**

Deze effecten zijn niet beschouwd in dit project.

De hierboven genoemde factoren hebben betrekking op de bestuurder en de rijtaak en verschaffen een gestructureerd overzicht van de verschillende niveaus waarop AOS effect kunnen hebben op veiligheid. Ook de omstandigheden waaronder wordt gereden kunnen echter van invloed zijn op de verkeersveiligheid. Deze indirecte factoren kunnen bovendien directe effecten van AOS maskeren of ermee interfereren. Daarom is het belangrijk om op zijn minst bewust te zijn van deze factoren bij het inschatten van veiligheidseffecten van AOS. Deze indirecte factoren kunnen als volgt worden gecategoriseerd (gedeeltelijk overlappend met bovenstaande indeling):

**A. Bestuurder**

- a. Toestand van de bestuurder: werklast, moeheid etc: zie hierboven.
- b. Eigenschappen van de bestuurder: leeftijd, rijervaring etc.

**B. Vrachtwagen**

- a. Type vrachtwagen: tractor-trailer, tank vehicle etc.
- b. Laadvermogen van de vrachtwagen: massa and type.
- c. Ondersteunende systemen: snelheidsbeperker, conventionele cruise control, boordcomputer.

**C. Omgeving**

- a. Licht: dag vs nacht, openbare verlichting.
- b. Weer: regen, sneeuw, mist, ijzel.
- c. Weg: heeft betrekking op weg type (snelweg, platteland, stad), wegdimensies (rijstrook breedte, aanwezigheid van vluchtstrook, belijning).
- d. Toegestane maximale snelheid (statisch of dynamisch).
- e. Verkeersomstandigheden (dichtheid, congestie).

**D. Organisatie / bedrijf**

- a. Bedrijfseigenschappen (grootte, locatie, type transport).
- b. Veiligheidscultuur.

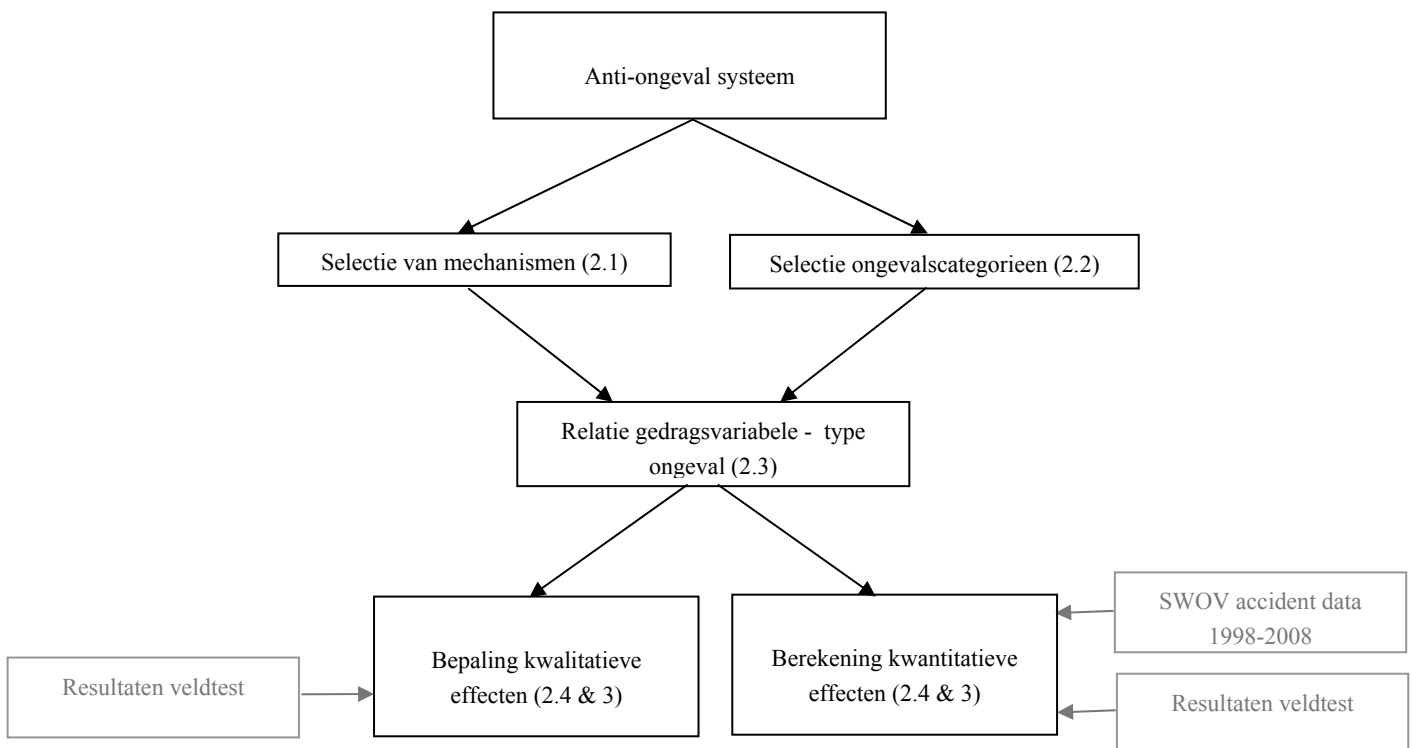
Relatief constante factoren betreffende eigenschappen van de bestuurder en het bedrijf (eigenschappen van de bestuurder, type vrachtwagen, andere in-truck systemen, bedrijfseigenschappen, veiligheidscultuur) worden in kaart gebracht met behulp van de vragenlijsten en interviews. De toestand van de bestuurder en lading van de vrachtwagen, over het algemeen variabele factoren, zijn niet gemeten.

Omgevingsfactoren kunnen grotendeels worden bepaald aan de hand van de GPS data. Op basis van deze data kunnen wegtype en maximum snelheid worden bepaald. Bovendien zijn de weercondities waaronder gereden is af te leiden. Data die zijn verzameld onder extreme weersomstandigheden zijn niet geïncorporeerd in de analyses. Bovendien zullen de analyses zich beperken tot snelwegen. Het tijdstip op de dag geeft informatie over de hoeveelheid daglicht. Ondanks het feit dat type en aanwezigheid van openbare verlichting niet beschouwd is in het huidige onderzoek, zou dit eventueel later kunnen worden gedaan door middel van het linken van de GPS data aan het tijdstip op de dag. De factor verkeersomstandigheden valt buiten de scope van het huidige onderzoek en is derhalve niet opgenomen als variabele in de analyses.

Samenvattend is het doel van dit project meer inzicht te krijgen in de veiligheidseffecten van AOS, door middel van het onderzoeken van de effecten van AOS op het rijgedrag van vrachtwagenchauffeurs in een grootschalige veldtest. Ondanks het feit dat de constante eigenschappen van de bestuurders en vrachtwagens grotendeels zijn geïncorporeerd, zijn meer variabele aspecten, zoals toestand van de bestuurder en de weersomstandigheden, niet meegenomen in de metingen. Echter, door toedoen van de sterke fluctuatie van deze factoren, zullen deze hoogstwaarschijnlijk uitmiddelen over de periode waarin de data zijn verzameld. Derhalve kunnen met behulp van algemene maten nog steeds betrouwbare schattingen worden gedaan wat betreft de effecten op veiligheid. Met behulp van toekomstig onderzoek moet meer inzicht worden verkregen in de specifieke omstandigheden waaronder de veiligheid met name wordt vergroot/verkleind met AOS en de effecten van specifieke instellingen van AOS, in interactie met de bestuurders- en voertuigeigenschappen.

## 2 Effecten op veiligheid

Om de veiligheidseffecten van AOS te kunnen inschatten, is gedeeltelijk gebruik gemaakt van een methodologie die eerder is toegepast in een project naar de socio-economische effecten van intelligente voertuig veiligheidssystemen. (E-Impact, 2008). Volgens deze methode worden per systeem de specifieke mechanismen bepaald die een rol spelen bij de rijtaak, het type ongevallen waar deze mechanismen effect op zouden kunnen hebben en de (voorspelde) penetratiegraad van het betreffende systeem. In de E-impact studie zijn, uitgaande van de gedefinieerde effecten op elk mechanisme en de actuele ongevalcijfers, kwantitatieve effecten op veiligheid berekend voor elk systeem. Echter, gezien het feit dat de exacte relaties tussen gedragsvariabelen en het risico op een ongeval nog onvoldoende bekend zijn (zie 2.3), beperken de conclusies in dit rapport zich grotendeels tot kwalitatieve effecten en globale schattingen van kwantitatieve effecten. Bovendien is er uitgegaan van een 100% penetratiegraad bij de inschattingen van veiligheidseffecten van AOS. In figuur 2 is de gehanteerde procedure weergegeven om te komen tot in een inschatting van de effecten van AOS op verkeersveiligheid. Deze procedure is afgeleid van de E-impact methode (2008).



Figuur 2 Analyse effecten AOS op veiligheid.

## 2.1 Factoren en mechanismen

Verkeersveiligheid wordt beschouwd als een vermenigvuldiging van drie orthogonale factoren:

1. Blootstelling;
2. Risico op het plaatsvinden van een aanrijding gedurende de trip;
3. Risico op het plaatsvinden van een aanrijding met gewonden of doden als gevolg.

In E-impact werden deze drie hoofdfactoren vertaald naar negen gedragsmechanismen waarop rijtaak ondersteunende systemen effect kunnen hebben. Elk mechanisme kan resulteren in positieve dan wel negatieve effecten op de verkeersveiligheid.

1. Directe in-car modificatie van de rijtaak;
2. Directe effecten door wegkant systemen;
3. Indirecte modificatie van gebruikersgedrag;
4. Indirecte modificatie van het gedrag van niet-gebruikers;
5. Modificatie van de interactie tussen gebruikers en niet-gebruikers;
6. Modificatie van de mate van blootstelling van gebruiker aan het verkeer;
7. Modificatie van modaliteitkeuze;
8. Modificatie van routekeuze;
9. Modificatie van consequenties van ongevallen.

Aangezien het huidige project als voornaamste doel heeft meer inzicht te krijgen in de effecten op het rijgedrag, hebben de data die zijn verzameld binnen het huidige project met name betrekking hebben op de volgende mechanismen:

1. *Directe in-car modificatie van de rijtaak*. Dit zijn de directe effecten van het systeem, dat wil zeggen directe reacties op de output van het systeem. Het systeem kan bijvoorbeeld effect hebben op de mentale werklast of ervoor zorgen dat de bestuurder remt. Deze directe effecten kunnen zowel bedoeld (bijvoorbeeld: langere volgtijden) als onbedoeld (bijvoorbeeld: afleiding door the systeem).
2. *Indirect modificatie van het gebruikersgedrag*. Dit zijn effecten die teweeg worden gebracht door de adaptatie van de bestuurder aan de veranderde situatie, namelijk rijden met het systeem. Over het algemeen zijn deze effecten moeilijk voorspelbaar en kost het enige tijd voordat een bestuurder een dergelijke gedragsaanpassing ontwikkelt. Voorbeelden van onbedoelde effecten zijn: een afgenomen volgtijd veroorzaakt door een toegenomen gevoel van veiligheid, verplaatsing van aandacht etc.

Beide mechanismen vallen onder de eerste categorie van in de in de introductie besproken effecten op het rijgedrag, namelijk: 'Effecten van AOS op het rijgedrag, zoals snelheid, volgtijd, rijstrook positie, dat wil zeggen op het controle and manoeuvre niveau van de rijtaak'.

## 2.2 Selectie ongevals categorieën

In de SWOV database voor vrachtwagen ongevallen worden de volgende ongevalscategorieën gehanteerd:

- botsing met: - voetganger, - geparkeerd voertuig, - een dier, - een vast voorwerp, los voorwerp,
- frontale botsingen



- flank botsingen
- kop/staart botsingen
- eenzijdige ongevallen.

TNO selecteerde hieruit de ongevals categorieën waarop de systemen uit de proef mogelijk een effect zouden kunnen hebben. Dit zijn:

- frontale botsingen (FCW/HWM, ACC, DC, LDW, BBFB)
- flank botsingen (LDW, DC, BBFB)
- kop/staart botsingen (FCW/HWM, ACC, BFBB)
- eenzijdige ongevallen. (LDW, DC, BFBB)

### 2.3 Het typen ongevallen waarop AOS effect kunnen hebben

Verskillende AOS kunnen diverse effecten hebben op veiligheid, en daarmee op verschillende type ongevallen. Effecten van AOS op specifieke gedragsvariabelen kunnen worden onderverdeeld naar type ongeval. Tabel 1 geeft per gemeten gedragsvariabele weer op welk typen ongevallen een verandering in deze gedragsvariabele effect kan hebben.

Tabel 1 Overzicht van typen ongevallen waar gemeten gedragsvariabelen effect op hebben

	Frontaal	Flank	Kop/staart, ketting	Eenzijdig
Gemiddelde volgtijd				
Percentage korte volgtijden				
Snelheidsvariatie				
Gemiddelde snelheid				
Aantal LD - waarschuwingen				
Grote acceleratie / deceleratie				
Time to line crossing				

LD = Lane Departure

Tabel 2 geeft een overzicht van het aantal ongevallen tussen 1998 en 2008, onderverdeeld naar type en consequentie voor de slachtoffers van het ongeval. Dit overzicht is gebaseerd op gegevens van de SWOV (2008).

	Jaar	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
	<b>Type ongeval</b>											
<b>Dodelijke slachtoffers</b>	Frontaal	15%	8%	6%	15%	9%	10%	10%	11%	6%	8%	5%
	Flank	42%	36%	48%	42%	45%	39%	59%	46%	58%	64%	32%
	Kop/staart, kettingbotsing	12%	18%	15%	14%	23%	18%	24%	18%	16%	8%	23%
	Eenzijdig	0%	5%	3%	4%	4%	4%	0%	0%	0%	0%	14%
	Anders	28%	29%	20%	24%	19%	29%	7%	25%	19%	20%	27%
	Onbekend	3%	5%	8%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	<b>Totaal</b>	<b>67</b>	<b>80</b>	<b>66</b>	<b>74</b>	<b>53</b>	<b>49</b>	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>31</b>	<b>25</b>	<b>22</b>
<b>Slachtoffers in ziekenhuis</b>	Frontaal	13%	13%	12%	13%	9%	9%	12%	9%	9%	12%	11%
	Flank	35%	36%	41%	32%	36%	40%	46%	44%	44%	45%	36%
	Kop/staart, kettingbotsing	35%	39%	36%	42%	38%	39%	29%	30%	29%	26%	33%
	Eenzijdig	5%	6%	5%	6%	5%	4%	10%	10%	7%	6%	5%
	Anders	12%	12%	13%	9%	10%	14%	11%	10%	10%	14%	15%
	Onbekend	2%	2%	1%	2%	0%	1%	1%	2%	1%	0%	1%
	<b>Totaal</b>	<b>297</b>	<b>294</b>	<b>291</b>	<b>285</b>	<b>257</b>	<b>244</b>	<b>145</b>	<b>113</b>	<b>120</b>	<b>127</b>	<b>138</b>
<b>Lichtgewonde slachtoffers</b>	Frontaal	9%	7%	8%	7%	7%	6%	9%	7%	10%	7%	6%
	Flank	34%	32%	34%	31%	36%	35%	37%	38%	41%	43%	38%
	Kop/staart, kettingbotsing	35%	39%	36%	42%	38%	39%	29%	30%	29%	26%	33%
	Eenzijdig	5%	6%	5%	6%	5%	4%	10%	10%	7%	6%	5%
	Anders	12%	12%	13%	9%	10%	14%	11%	10%	10%	14%	15%
	Onbekend	2%	2%	1%	2%	0%	1%	1%	2%	1%	0%	1%
	<b>Totaal</b>	<b>770</b>	<b>764</b>	<b>672</b>	<b>695</b>	<b>552</b>	<b>472</b>	<b>286</b>	<b>256</b>	<b>214</b>	<b>228</b>	<b>186</b>

Tabel 2 Aantal ongevallen in 1998 – 2008, onderverdeeld naar type ongeval en consequenties voor de slachtoffers (SWOV, 2008).

## 2.4 De relatie tussen gedragsvariabelen en effecten op veiligheid

In het AOS project worden verscheidene variabelen gebruikt om de effecten van AOS op de verkeersveiligheid in te schatten. De belangrijkste variabelen zijn: snelheid, snelheidsvariatie, volgtijd en 'time-to-line-crossing'. Alleen voor snelheid en snelheidsvariatie zijn formules bekend waarmee het effect van een verandering in deze variabelen op het aantal ongevallen of het risico op een ongeval kan worden berekend. Voor de resterende variabelen zijn slechts kritische waarden bekend en niet hoe een gevonden verandering van deze kritische waarden het risico op een ongeval beïnvloedt. Dit houdt in dat alleen op basis van mogelijke veranderingen in snelheid en snelheidsvariatie een kwantitatief effect per AOS kan worden bepaald. Op basis van veranderingen in de andere variabelen kan slechts een kwalitatief effect worden bepaald. Hieronder wordt per gedragsvariabele de bestaande kennis beschreven over het effect op verkeersveiligheid (voor een overzicht van gedrag – ongeval risico modellen, zie: Hoedemaeker & Janssen, 2001).

### *Snelheid en het risico op een ongeval (Nilsson, 1984)*

Nilsson (1984) ontwikkelde formules waarmee kan worden berekend wat er gebeurt met het aantal ongevallen (en slachtoffers) wanneer de gemiddelde snelheid verandert van  $V_0$  naar  $V_1$ .

Aantal ongevallen:

$$\text{Aantal dodelijke slachtoffers: } Y_1 = (V_1/V_0)^4 \cdot Y_0$$

$$\text{Aantal gewonde slachtoffers: } Y_1 = (V_1/V_0)^2 \cdot Y_0$$

### *Standaarddeviatie van snelheid en risico op een ongeval (Salusjärvi, 1990)*

De empirische relatie tussen de standaarddeviatie van snelheid (km/h) en risico op een ongeval is volgens Salusjärvi (1990) als volgt:

$$\Delta(\text{risico}) = 0.68 (\Delta \text{SDsnelheid})^2 - 6.4$$

Ongevallen met gewonde- en dodelijke slachtoffers zijn samengevoegd in dit model.

### *Rijstrook positie en het risico op een ongeval*

Er is geen model dat de relatie beschrijft tussen rijstrook positie en het risico op een ongeval. Godthelp (1984) ontwikkelde de 'Time-to-Line-Crossing (TLC)' als maat voor de kans dat iemand buiten de rijstrookbelijning komt. Een vuistregel is dat TLCs kleiner dan 1 sec een verhoogd risico impliceren. Deze regel wordt beschouwd als de beste manier om de relatie tussen gedrag en het risico op flank- en eenzijdige ongevallen te beschrijven (AIDE, 2004). In het huidige project zullen de frequentie 'lane-departure' waarschuwingen en de frequentie en duur van TLCs < 1 sec worden gebruikt om een kwalitatieve inschatting te maken van mogelijke veiligheidseffecten van de relevante systemen.

### *Volgtijd en risico op een ongeval*

Op basis van onderzoek van Evans & Wasielewski (1982) kan geconcludeerd worden dat volgtijden < 1 sec een sterk verhoogd risico op aanrijdingen met zich meebrengen.

Bevindingen in een ander onderzoek, waarin verkeerssimulaties met verschillende 'Time to Collisions' (TTCs) werden vergeleken in hoe goed ze daadwerkelijke ongevallen konden voorspellen, duiden op een kritische TTC van 0.7 sec (Stergios and Garber, 2009). Evenals voor rijstrook positie kan er op basis van het percentage korte volgtijden en de gemiddelde volgtijd slechts een kwalitatieve inschatting worden gemaakt van de mogelijke veiligheidseffecten van de relevante systemen.

### 3 Veiligheidseffecten per systeem

In dit hoofdstuk worden per systeem, op basis van de hierboven beschreven methode, de kwalitatieve dan wel kwantitatieve effecten vastgesteld. Indien er vanuit E-Impact effecten van vergelijkbare systemen op veiligheid bekend zijn worden deze ook vermeld.

#### 3.1 Directional control (DC) + rollover control

<b>DC</b>	<b>Frontaal</b>	<b>Flank</b>	<b>Kop/staart, ketting</b>	<b>Eenzijdig</b>	<b>Totaal</b>
<b>Gemiddelde volgtijd</b> Geen effect					
<b>Percentage korte Volgtijden (&lt; 1 sec)</b> Geen effect					
<b>Snelheidsvariatie</b> 14% afname					
<b>Gemiddelde snelheid</b> 2% afname	Afname aantal ongevallen	Afname aantal ongevallen	Afname aantal ongevallen	Afname aantal ongevallen	Afname van 5% aantal dodelijke ongevallen
<b>Aantal LD – waarschuwingen</b> Geen effect					

Er wordt een effect verondersteld van DC / rollover control op de verkeersveiligheid. Op basis van formule van Nilsson (1984), waarin de relatie tussen verandering in snelheid en aantal ongevallen wordt beschreven, is er berekend dat een afname in de gemiddelde snelheid van 2% een afname in aantal dodelijke ongevallen van 5% tot gevolg heeft. Dit effect heeft betrekking op alle type ongevallen. De afname in snelheidsvariatie met gebruik van DC was te gering om een effect te kunnen bewerkstelligen op de verkeersveiligheid. De E-impact studie concludeerde op basis van eerdere onderzoeken dat ESC in totaal een reductie op zou leveren van 16.5% van het aantal dodelijke ongevallen en 6.5% van het aantal ongevallen met gewonden (E-impact, 2008).

### 3.2 Active Cruise Control (ACC)

<b>ACC</b>	<b>Frontaal</b>	<b>Flank</b>	<b>Kop/staart, ketting</b>	<b>Eenzijdig</b>	<b>Totaal</b>
<b>Gemiddelde volgtijd</b> 6% toename			Afname aantal ongevallen		
<b>Percentage korte Volgtijden (&lt; 1 sec)</b> 3.2 % afname	Afname aantal ongevallen	Afname aantal ongevallen	Afname in aantal ongevallen	Afname aantal ongevallen	Afname aantal ongevallen
<b>Snelheidsvariatie</b> Geen effect		Afname aantal ongevallen		Afname aantal ongevallen	
<b>Gemiddelde snelheid</b> Geen effect					
<b>Aantal LD – waarschuwingen</b> 35% afname					

Er wordt een gering tot redelijk effect verondersteld van ACC op de verkeersveiligheid. Een toename in gemiddelde volgtijd impliceert een afname in het aantal kopstaart botsingen. Een afname in het aantal kritische volgtijden kan een gunstig effect hebben op alle typen ongevallen. Een afname in het aantal LDW waarschuwingen met ACC heeft een gunstig effect op het aantal flank- en eenzijdige ongevallen. De E-impact studie concludeerde op basis van eerdere onderzoeken dat ACC in totaal een reductie op zou leveren van 1.0% van het aantal dodelijke ongevallen en 3.5% van het aantal ongevallen met gewonden (E-impact, 2008).

### 3.3 Lane Departure Warning (LDW)

<b>LDWA</b>	<b>Frontaal</b>	<b>Flank</b>	<b>Kop/staart, ketting</b>	<b>Eenzijdig</b>	<b>Total</b>
<b>Gemiddelde volgtijd</b>					
<b>Percentage korte volgtijden (&lt; 1 sec)</b> <i>SP3b</i> : 5.9% toename	Toename kans op ongeval	Toename kans op ongeval	Toename kans op ongeval	Toename kans op ongeval	Toename kans op ongeval
<b>Snelheidsvariatie</b> Geen effect					
<b>Gemiddelde snelheid</b> Geen effect					
<b>Aantal LD – waarschuwingen</b> <i>SP3retro</i> : 30% afname <i>SP3</i> : 62% afname		Afname kans op ongeval		Afname kans op ongeval	

Op basis van een aanzienlijke afname in het aantal 'lane departure' waarschuwingen wordt er een effect verwacht van LDW op de verkeersveiligheid, dat wil zeggen een afname in het aantal flank en eenzijdige ongevallen. Dit gunstige effect wordt enigszins gereduceerd door een toename in het aantal percentage korte volgtijden, dat een negatief effect kan hebben op alle typen ongevallen. De E-impact studie concludeerde op basis van eerdere onderzoeken dat Lane Keeping Support (LK) in totaal een reductie voor LK op zou leveren van 15% van het aantal dodelijke ongevallen en 11% van het aantal ongevallen met gewonden (E-impact, 2008).

### 3.4 Forward Collision Warning (FCW) and Headway Monitoring (HM)

<b>FCW/HM</b>	<b>Frontaal</b>	<b>Flank</b>	<b>Kop/staart, ketting</b>	<b>Eenzijdig</b>	<b>Total</b>
<b>Gemiddelde volgtijd</b> Geen effect					
<b>Percentage korte Volgtijden (&lt; 1 sec)</b> 15% afname	Afname kans op ongeval		Afname kans op ongeval		
<b>Snelheidsvariatie</b> Geen effect					
<b>Gemiddelde snelheid</b> Geen effect					
<b>Aantal LD – waarschuwingen</b> Geen effect					

Op basis van de data wordt er geen effect verwacht van FCW/HWM op de verkeersveiligheid.

### 3.5 Black Box FeedBack (BBFB)

<b>BBFB</b>	<b>Frontaal</b>	<b>Flank</b>	<b>Kop/staart, ketting</b>	<b>Eenzijdig</b>	<b>Total</b>
<b>Gemiddelde volgtijd</b> Geen effect					
<b>Percentage korte Volgtijden (&lt; 1 sec)</b> Geen effect					
<b>Snelheidsvariatie</b> <i>Transporteur 1: 24% afname</i> <i>Transporteur 2: 5 % toename</i>					
<b>Gemiddelde snelheid</b> Geen effect					
<b>Aantal LD – waarschuwingen</b> Geen effect					

Ondanks dat er met gebruik van BBFB zowel een afname als zeer geringe toename in snelheidsvariatie is gevonden kan er op basis van de formules van Salusjärvi [16], waarin de relatie tussen verandering in snelheidsvariatie en het aantal ongevallen wordt beschreven, worden geconcludeerd dat deze veranderingen geen effect hebben op de verkeersveiligheid.

Overall kan er worden geconcludeerd dat DC, ACC en LDW een gering tot aanzienlijk effect kunnen hebben op de verkeersveiligheid.



## 4 Referenties

- E- Impact (2008). *Impact assessment of intelligent vehicle safety systems*. Deliverable D4.
- Evans, L. & Wasieleski, P. (1982). *Do accident involved drivers exhibit riskier everyday driving behavior?* Accident Analysis and Prevention. 14: 57-64.
- Godthelp, J. (1984). *Studies on human vehicle control*. Dissertation. Delft University of Technology.
- Hoedemaeker, M. & Janssen, W. (2000). *Driving behaviour parameters and accident risk with driver support*. Proceedings of the International Conference on Traffic and Transport Psychology, 4-7 September, 2000 Berne, Switzerland. CD-rom.
- Nilsson, G.(1984). *Speeds, accident rates and personal injury consequences for different road types*. Report VTI – 277. Linköping: VTI.
- Salusjärvi, M (1990). Finland. In: Nilsson, G. (ed.). *Speed and safety: research results from the Nordic countries*. Linköping: VTI.
- Viti, F., Hoogendoorn, S.P., Alkim, T.P. & Bootsma, G. (2008). *Driving behavior interaction with ACC: results fro a Field Operational Test in the Netherlands*. IEEE Intelligent Vehicle Symposium. June 4-6, Eindhoven University of Technology, the Netherlands.

## 5 Ondertekening

Soesterberg, oktober 2009

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Sluijsmans', with a long horizontal stroke extending to the right.

ir. G. Sluijsmans  
Afdelingsmanager

TNO Defensie en Veiligheid

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'de Goede', with a long horizontal stroke extending to the right.

dr. M. de Goede  
Auteur

**Onderstaande instanties/personen ontvangen een volledig exemplaar van het rapport.**

5 ex. Connekt

2 ex. TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Soesterberg.

3 ex. TNO Defensie en Veiligheid, vestiging Soesterberg.  
dr. M. de Goede  
dr. M. Hoedemaeker  
ir. J.H. Hogema