



Leidsche Rijn

Risicoanalyse interne en externe veiligheid

8041 8



Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
Bouwdienst Rijkswaterstaat

Rapport

A2/LR/RA-R-02.001

Leidsche Rijn

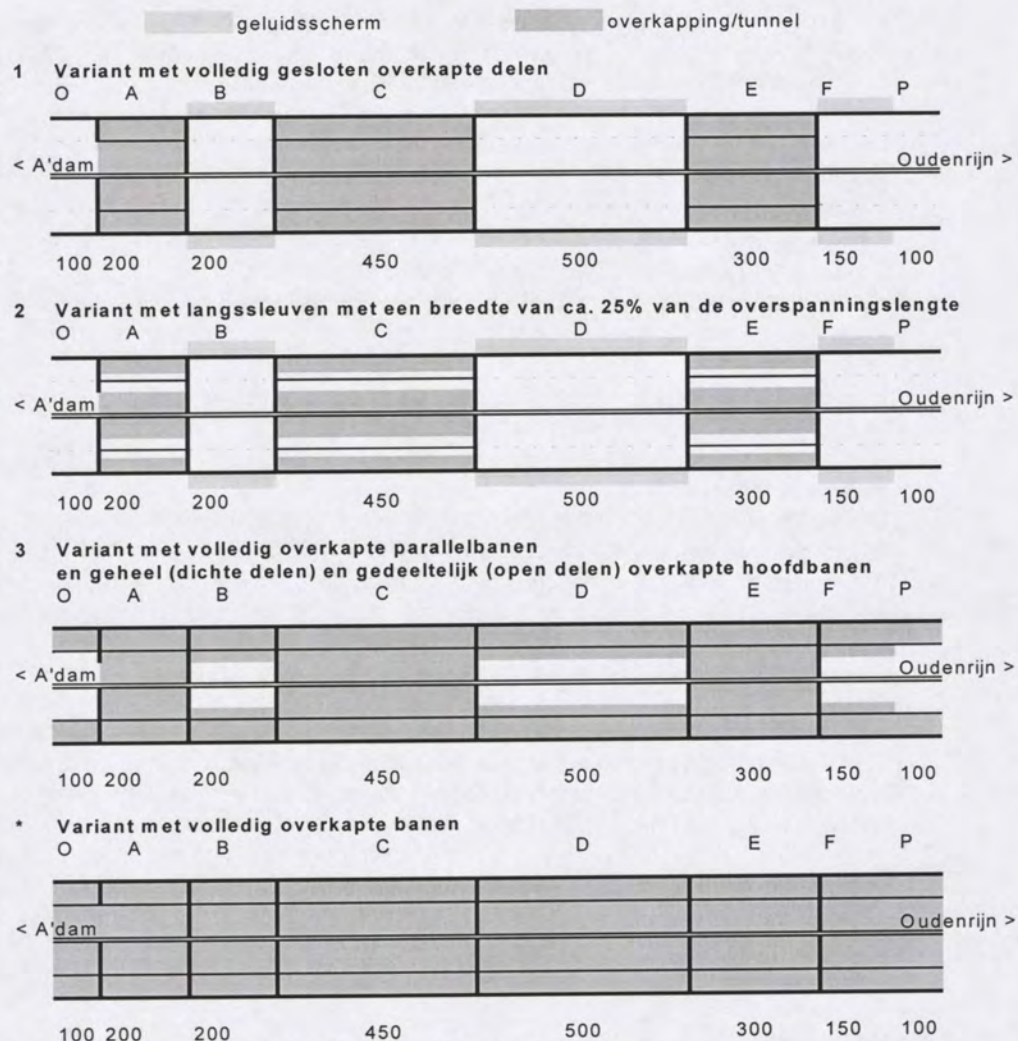
Risicoanalyse interne en externe veiligheid

Projectnummer : WB 1539
Auteurs : Ir. M.M. Kruiskamp
Datum : 18 februari 2002
Versie : 8 (definitief eindrapport)

Autorisatie		Paraaf	Datum
Opsteller Bouwdienst RWS, afd. WBR	Ir. M.M. Kruiskamp		
Toetser Bouwdienst RWS, afd. Tunnelbouw	Ing. J. Hoeksma		
Acceptatie Steunpunt Tunnelveiligheid	Ir. E. W. Worm		
Autorisatie Bouwdienst RWS, afd. DIT	Projectleider Ing. G. H. Krielaart		

Samenvatting

In het kader van de integratie van de te verbreden en deels te verleggen A2 met de Vinex-bouwlocatie Leidsche Rijn heeft de Bouwdienst Rijkswaterstaat in opdracht van de Directie Utrecht de (interne en externe) veiligheid van de oplossingsrichtingen in de toekomstige situatie (2015) onderzocht. De onderzochte oplossingsrichtingen zijn weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 De onderzochte oplossingsrichtingen.

Hierin zijn de volgende wegdelen opgenomen:

- wegdeel O: open toerit van circa 100 m lengte.
- wegdeel A: geheel/gedeeltelijk dicht wegdeel van 200 m lengte.
- wegdeel B: open wegdeel van 200 m lengte, met rondom hoge bebouwing.
- wegdeel C: geheel/gedeeltelijk dicht wegdeel van 450 m lengte.
- wegdeel D: open wegdeel van 500 m lengte, met geluidsschermen.
- wegdeel E: geheel/gedeeltelijk dicht wegdeel van 300 m lengte.

- wegdeel F: open toerit van circa 150 m lengte, met geluidsschermen.
- wegdeel P: open toerit van circa 100 m lengte.
- de weg in elke rijrichting bestaat uit een parallelbaan (2 rijstroken) en een hoofdrijbaan (3 rijstroken); waarbij de hoofdrijbaan altijd en de parallelbaan alleen bij de categorie 0 varianten voor alle gevaarlijke stoffen beschikbaar is. Bij de categorie I varianten is de parallelbaan niet beschikbaar voor het transport van tot vloeistof verdichte of gekoelde gassen; deze worden in dit geval alleen over de hoofdrijbaan getransporteerd.
- De hoofdrij- en parallelbanen zijn door middel van een dichte scheidingswand (voorzien van altijd ontgrendelde vluchtdeuren om de 50 m) van elkaar gescheiden; na een ongeval zal het verkeer binnen 5 minuten na detectie gestopt worden.
- De geheel overkapte wegdelen van 300 m en korter en alle niet geheel gesloten wegdelen hebben geen ventilatiesysteem, de geheel gesloten overkappingen langer dan 300 m zijn wel voorzien van een ventilatiesysteem.

De, in Figuur 1 schematisch weergegeven, onderzochte oplossingsrichtingen worden gekenmerkt door:

- variant 1: de wegdelen A, C en E volledig gesloten.
- variant 2: de wegdelen A, C en E voorzien van langssleuven (lamellenroosters) met een breedte van circa 25% van de overspanningslengte.
- variant 3: de wegdelen A, C en E op de hoofdrijbaan volledig gesloten, de wegdelen B, D en F op de hoofdrijbaan gedeeltelijk overkapt en een overkapping over de hele parallelbaan.
- variant *: geheel overkapte hoofdrij- en parallelbanen (extra variant; deze wordt hier behandeld onder het kopje aanvulling).

Externe veiligheid

Opmerking: In dit rapport is ten aanzien van het beleid (Hoofdstuk 3) en de definities uitgegaan van de stand van zaken in maart 2000. In plaats van het begrip individueel risico wordt thans het begrip plaatsgebonden risico gehanteerd. In het Nationaal Milieubeleidsplan 4 wordt een overzicht gegeven van het vigerende beleid voor de externe veiligheid en de beleidsvoornemens tot 2010.

Onder externe veiligheid wordt verstaan de veiligheid van de aanwezigen naast de weg ten gevolge van het transport van gevaarlijke stoffen op de weg. Deze veiligheid is uitgedrukt in de risicomaten individueel risico en groepsrisico. Het individueel risico geeft de kans op overlijden per jaar weer voor een continu aanwezig, onbeschermd persoon naast de weg ten gevolge van een ongeval met het transport van gevaarlijke stoffen op de weg. Dit risico mag bij woon- en kwetsbare bebouwing niet hoger zijn dan 10^{-6} per jaar. Het groepsrisico geeft de kans op een ramp weer door een verdeling van de frequentie van ongelukken met N of meer doden in een dubbellogaritmische grafiek weer te geven. De normlijn van de externe veiligheid ($10^{-2}/N^2$; zie ook Figuur 2) mag hierbij niet overschreden worden.

De externe veiligheid is doorgerekend met het computerprogramma SAVE II.

Resultaten

De resultaten van de risicoanalyse externe veiligheid zijn samengevat in Tabel 1. De risiconorm van de 10^{-6} risicocontour wordt bij geen van de varianten overschreden, terwijl de norm van het groepsrisico bij alle varianten 1, 2 en 3 op kilometervak 1 overschreden wordt

(hetgeen met name veroorzaakt wordt door het atriumgebouw dat rondom wegdeel B gepland is); op kilometervak 2 wordt de norm van het groepsrisico niet overschreden.

Interne veiligheid

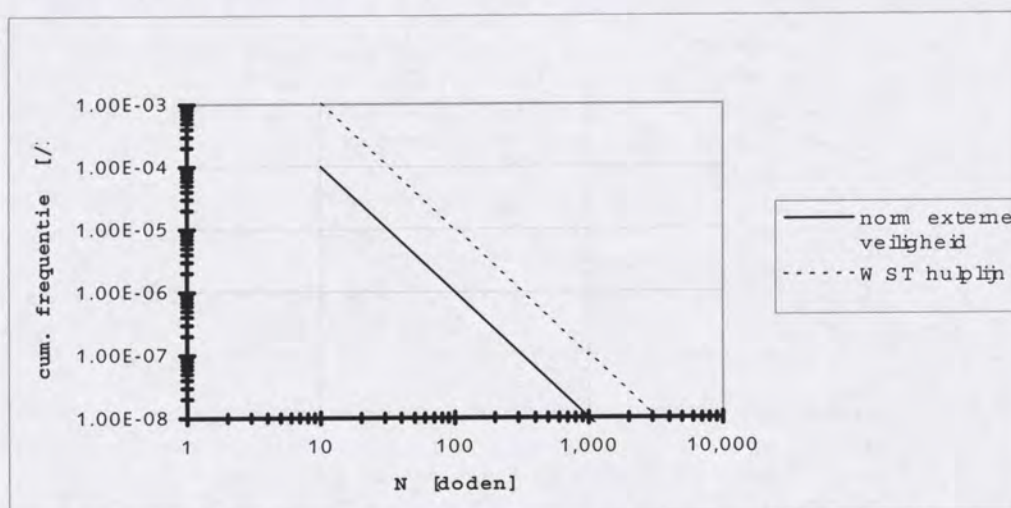
Onder interne veiligheid wordt verstaan de veiligheid van de weggebruikers ten gevolge van branden in gesloten weggedelen en ongevallen met het transport van gevaarlijke stoffen, waarbij brandbare en/of toxische stoffen kunnen vrijkomen. Dit aspect is uitgedrukt in de risicomaten: verwachtingswaarde en groepsrisico. De verwachtingswaarde geeft het gemiddeld aantal doden per jaar weer; het groepsrisico geeft de mogelijke kans op een ramp onder de weggebruikers weer. Voor deze risicomaten zijn tot op heden nog geen risiconormen ontwikkeld. De verwachtingswaarden worden onderling vergeleken en de risiconorm voor het groepsrisico zal minimaal gelijk zijn aan de risiconorm van de externe veiligheid ($10^{-2}/N^2$) en maximaal gelijk zijn aan de bij de Westerschelde studie gehanteerde hulplijn ($10^{-1}/N^2$; zie Figuur 2).

externe veiligheid	IR (in m: 1E-8 tot wegas	GR km1+km 2 (cum. freq./jaar/2 kilometer)		
		N = 11	N = 107	N = 1028
variant 1 categorie 0	0 - 340	8.86E-07	3.40E-07	1.87E-08
variant 1 categorie I	0 - 320	8.03E-07	2.62E-07	1.78E-08
variant 2 categorie 0	260 - 340	8.23E-07	4.49E-07	1.87E-08
variant 2 categorie I	240 - 320	7.78E-07	4.05E-07	1.78E-08
variant 3 categorie 0	0 - 330	1.07E-06	2.01E-07	1.28E-08
variant 3 categorie I	0 - 320	8.03E-07	2.62E-07	1.78E-08
variant * categorie 0	0-175	4.37E-07	1.28E-07	1.00E-20
variant * categorie I	0-175	4.37E-07	1.00E-20	1.00E-20

Tabel 1 Resultaten risicoanalyse externe veiligheid hele studiegebied.

(N = het aantal doden; waarde X-as van de groepsrisicocurve. In de tabel is de cumulatieve frequentie van het groepsrisico van de variant behorende bij het aantal slachtoffers N opgenomen).

Voor de risicoanalyse van de interne veiligheid is voor de overkapte delen gebruik gemaakt van het in Excel ontwikkelde tunnelmodel TunPrim.xls; de "open" weggedelen zijn met het computerprogramma SAVE II doorerekend.



Figuur 2 Interne groepsrisico toetswaarden: Normlijn externe veiligheid en hulplijn Westerschelde.

Resultaten

De resultaten van de interne veiligheid risicoanalyse zijn samengevat in Tabel 2. De verwachtingswaarde van de gewone ongevallen is circa 0.44 per jaar, hetgeen circa een

factor 3 hoger is dan de verwachtingswaarde van de varianten 1 en 3 en een factor 780 hoger dan variant 2. De relatief hoge verwachtingswaarden voor de varianten 1 en 3 worden veroorzaakt door het ontbreken van een ventilatiesysteem op de geheel gesloten wegdelen A en E. De groepsrisico's liggen voor alle varianten op alle kilometervakken onder zowel de normlijn van de externe veiligheid als de Westerschelde hulplijn.

interne veiligheid	Expected Value per jaar	GR km1+km 2 (cum. freq./jaar/2 kilometer)		
		N = 10	N = 100	N = 280
variant 1 categorie 0	0.16225	3.18E-06	3.25E-07	4.24E-09
variant 1 categorie I	0.16226	3.22E-06	3.81E-07	5.92E-09
variant 2 categorie 0	0.00056	2.35E-06	7.64E-08	2.12E-09
variant 2 categorie I	0.00057	2.32E-06	1.02E-07	2.96E-09
variant 3 categorie 0	0.12840	3.14E-06	4.33E-07	6.25E-09
variant 3 categorie I	0.12842	3.39E-06	4.66E-07	7.40E-09
variant * categorie 0	0.00021	2.98E-06	6.59E-07	1.08E-07
variant * categorie I	0.00022	2.98E-06	6.88E-07	1.47E-07

Tabel 2 Resultaten risicoanalyse interne veiligheid hele studiegebied.

(N = het aantal doden; waarde X-as van de groepsrisicocurve. In de tabel is de cumulatieve frequentie van het groepsrisico van de variant behorende bij het aantal slachtoffers N opgenomen).

Conclusies

1. De belangrijkste conclusie van de risicoanalyse is dat geen van de 3 varianten op kilometervak 1 aan de groepsrisiconorm externe veiligheid voldoet (hetgeen met name veroorzaakt wordt door het atriumgebouw dat rondom wegdeel B gepland is). Deze overschrijding van de norm zou opgelost kunnen worden door het atriumgebouw verder van de weg te lokaliseren en/of de bevolkingsdichtheid in het gebouw te verlagen.
2. De variant die bij de externe veiligheid het hoogste risico oplevert (variant 2), levert de laagste interne veiligheidsrisico's op.
3. De externe risico's van de varianten 1 en 3 verschillen onderling niet veel (variant 1 categorie 0 levert het hoogste en variant 3 categorie 0 het laagste externe risico, terwijl de externe risico's van beide categorie I varianten gelijk zijn).
4. De verwachtingswaarden (interne veiligheid) zijn per variant vrijwel gelijk, waarbij de verwachtingswaarde van variant 2 duidelijk lager ligt dan de verwachtingswaarde van de varianten 1 en 3 is. De relatief hoge verwachtingswaarden (van de varianten 1 en 3) wordt veroorzaakt door het ontbreken van een ventilatiesysteem onder de overkappingen van de wegdelen A en E.
5. Het interne groepsrisico is het laagst voor variant 2. Onderling vergelijken van de varianten 1 en 3 laat zien dat variant 3 categorie I het hoogste en variant 1 categorie 0 het laagste interne groepsrisico oplevert.
6. Bij zowel de interne als de externe veiligheid wordt het risico bepaald door de stofklasse van de brandbare gassen (GF), waarbij de stofcategorie GF3 (LPG-achtige stoffen) het grootste aandeel levert aan de risico's.

Aanvulling

Verder kunnen op basis van de aanvullende berekeningen en vragen op verzoek van de directie Utrecht de volgende conclusies getrokken worden:

1. Ontluchttings/explosiesleuven hebben voor de overkappingen in deze studie slechts een zeer beperkt effect op de interne veiligheid en een negatief effect op de externe veiligheid.
2. De kans op een LPG explosie is vrijwel onafhankelijk van de lengte van de overkapping, de effecten van de explosie wel.

3. Indien een variant * aan de studie wordt toegevoegd met een 2 km overkapping op zowel de hoofdrij- als parallelbaan, zal deze variant (zowel voor de categorie 0 als categorie I) aan de normen van de externe veiligheid en voor de interne veiligheid ook aan de hulplijn Westerschelde/normlijn externe veiligheid voldoen.
4. Qua verwachtingswaarde van de interne veiligheid zullen de varianten 1 en 3 veel veiliger worden indien een ventilatiesysteem in de korte overkappingen (wegdelen A en E) wordt geïnstalleerd. De aanwezigheid van het ventilatiesysteem zal echter geen gevolgen hebben op de externe veiligheid (zodat de overschrijding van de norm van het externe groepsrisico op kilometervak 1 zal blijven bestaan).
5. Het ontstaan van een file op de A2 ten gevolge van een hogere verkeersintensiteit en/of een ongeval buiten het huidige studiegebied zal geen gevolgen hebben voor de hoogte van de externe veiligheid. De interne veiligheid zal hierdoor echter in meer of mindere mate verslechteren, maar blijft wel onder de normlijn van de externe veiligheid en de Westerschelde hulplijn.
6. Door de bebouwing langs wegdeel B verder van de wegas af te bouwen kunnen de overschrijdingen van de norm van het externe groepsrisico op kilometervak 1 voor de varianten 1 en 3 worden opgelost (25 m verschuiving voor variant 3 categorie 0 en 50 m verschuiving voor de overige varianten 1 en 3). Deze normoverschrijding blijft bij variant 2 zelfs na een verschuiving van de bebouwing over 75 m uit de wegas nog bestaan (alhoewel de mate van overschrijding wel is afgenomen), zodat voor deze variant aanvullende maatregelen (verlagen bevolkingsconcentratie en/of verschuiven andere bebouwing) nodig zijn om de normoverschrijding op te lossen.
7. Indien de uitstromingen > 100 kg, die kleiner zijn dan de continue uitstromingen en in de externe veiligheid risicoanalyse als "niet-relevant" buiten beschouwing worden gelaten, in de risicoanalyse van de interne veiligheid als scenario meegenomen zouden worden zal dit hooguit een kleine verhoging van het interne groepsrisico (voor slachtofferaantallen tussen de 1 en 10) en de verwachtingswaarde kunnen opleveren.
8. Indien onder de overkappingen de scheidingswand tussen de hoofdrij- en parallelbaan wordt weggelaten zal (bij ongewijzigde ongevalsrisico's, verkeersintensiteiten, en dergelijke) het interne risico zowel qua kans als qua slachtofferaantallen toenemen.
9. Ten gevolge van een verhoging van de verkeersintensiteit op de A2 zal:
 - het in- en externe veiligheidsrisico stijgen indien de verkeersintensiteit voor alle voertuigen in gelijke mate stijgt (inclusief het transport van gevaarlijke stoffen), waarbij mogelijk ook het totaal aantal slachtoffers toeneemt.
 - de gemiddelde kans per voertuigkilometer op een (letsel)ongeval zowel hoger als lager kunnen worden.
 - de in- en externe veiligheid nauwelijks wijzigen indien er alleen een stijging van het aantal transporten van brandbare en toxische vloeistoffen optreedt.
 - het in- en externe veiligheidsrisico hoger worden bij een stijging van alleen de aantallen transporten van brandbare gassen.
10. In opdracht van het projectbureau Leidsche Rijn is door TNO een contra expertise uitgevoerd (zie bijlage 15).

Naar aanleiding hiervan zijn voor de externe veiligheid aangepaste berekeningen uitgevoerd (zie bijlage 16). De resultaten van deze berekeningen geven aan dat de invloed van de aanpassingen op het externe risico minimaal zijn.

Met betrekking tot de interne veiligheid is een tekstuele reactie gegeven (zie bijlage 17.1) en zijn aanvullende, conservatievere berekeningen uitgevoerd (zie bijlage 17.2). Bij deze aanvullende berekeningen wijzigt de verwachtingswaarde van de varianten 1 en 3 nauwelijks, terwijl er wel een stijging van de verwachtingswaarde optreedt voor de geheel overkapte variant (variant *). De groepsrisico's nemen ook toe, waarbij ook hier de grootste toename bij variant * optreedt. De hoogte van het groepsrisico wordt hierbij echter niet zodanig dat op voorhand gesteld kan worden dat het groepsrisico onaanvaardbaar is, zeker gezien de conservatieve aannamen.

Inhoudsopgave

pag.

1. INLEIDING	11
1.1 ALGEMEEN	11
1.2 LEESWIJZER	11
2. PROBLEEMSTELLING EN AANPAK STUDIE.....	14
2.1 PROBLEEMSTELLING.....	14
2.2 AANPAK STUDIE	14
3. OVERHEIDSBELEID	16
3.1 BELEID	16
3.2 TOETSINGSKADER	16
3.2.1 Externe Veiligheid [2]	16
3.2.2 Interne Veiligheid	18
4. UITGANGSPUNTEN EN AANNAMEN	20
4.1 UITGANGSPUNTEN	20
4.2 AANNAMEN	22
5. AANPAK RISICOANALYSE.....	24
5.1 BASISGEGEVENS	24
5.2 UITVOEREN VAN DE RISICOANALYSES	26
5.2.1 Interne Veiligheid	26
5.2.2 Externe Veiligheid	26
5.3 TOETSEN VAN DE RESULTATEN AAN DE NORMEN.....	26
6. RESULTATEN RISICOANALYSES.....	28
6.1 INTERNE VEILIGHEID	28
6.1.1 Verwachtingswaarden	28
6.1.2 Groepsrisico	29
6.2 EXTERNE VEILIGHEID	32
6.2.1 Individueel Risico	32
6.2.2 Groepsrisico	34
7. BESPREKING RESULTATEN EN CONCLUSIE.....	36
7.1 INTERNE VEILIGHEID	36
7.2 EXTERNE VEILIGHEID	36
7.3 AANVULLENDE VRAGEN	37
7.4 EXTRA AANVULLENDE VRAGEN.....	38
8. REFERENTIES.....	41

BIJLAGEN:

1. BEGRIPPENLIJST	45
2. HET STUDIEGEBIED	51
3. RDM-COÖRDINATEN VAN DE WEGDELEN	53
4. DE METEOROLOGISCHE GEGEVENS VAN SOESTERBERG	55
5. DE TRANSPORTAANTALLEN VAN DE GEVAARLIJKE STOFFEN	57
6. DE BEVOLKING VOOR DE EXTERNE VEILIGHEID IN SAVE II.....	59
7. DE MODELLERING VAN DE WEGGEBRUIKERS ALS "BEVOLKING"	63
8. DE STOFFEIGENSCHAPPEN VAN DE VOORBEELDSTOFFEN	67
9. DE MODELLERING VAN DE UITSTROOMSCENARIO'S	69
9.1 EXTERNE VEILIGHEID	71
9.2 INTERNE VEILIGHEID	78
9.2.1 Open wegdelen	81
9.2.2 Overkapte wegdelen.....	85
9.3 INTERNE RISICO TEN GEVOLGE VAN DE GEWONE ONGEVALLEN	87
10. BESCHRIJVING VAN HET TUNNELMODEL (SPREADSHEET TUNPRIM.XLS)	89
10.1 GEBEURTENISSENBOOM	89
10.1.1 Invoer/te berekenen algemene parameters/kansen.....	93
10.1.2 Tak 01 : Tijdstip incident.....	95
10.1.3 Tak 02 : Tegenverkeer.....	95
10.1.4 Tak 03 : File	97
10.1.5 Tak 04 : Primair incident	97
10.1.6 Tak 05 : Betrokken voertuig	99
10.1.7 Tak 06 : Transport gevaarlijke stoffen	99
10.1.8 Tak 07 : Soort stof.....	100
10.1.9 Tak 08 : Uitstroming.....	100
10.1.10 Tak 09 : Grootte uitstroming.....	101
10.1.11 Tak 10 : Brand (niet geblust).....	101
10.1.12 Tak 11 : Ontstaan file achter incident	103
10.1.13 Tak 12 : Detectie incident door SOS (SnelheidsOnderschrijdingsSysteem) / gebruik intercom / gebruik hulppost / enz.....	104
10.1.14 Tak 13 : Actie operator na detectie	105
10.1.15 Tak 14 : Succesvol gebruik van de calamiteitenknop: indien nodig starten ventilatie, afsluiten beide tunnelbuizen en/of omroepen tot vluchten	105
10.1.16 Tak 15 : Ventilatie start automatisch door CO concentratie.....	106
10.1.17 Tak 16 : Geblokkeerde vluchtdeur.....	106
10.2 BEPALEN GEVOLGEN	106
10.2.1 Lengte file voor en achter ongeval	106
10.2.2 Gevolgen voor vluchtenden van branden bij pech en personenauto-letselongeval.....	108
10.2.3 Gevolgen voor vluchtenden ten gevolge van branden in zwaar verkeer en/of uitstromingen van transport van gevaarlijke stoffen.....	109
10.2.3.1 Kans op overlijden aanwezig	110
10.2.3.2 Effecten van de kleine kans, grote gevolgen scenario's	111
10.2.3.3 Brand in een bus ten gevolge van letselongeval	112

10.2.3.4	Brand in een vrachtwagen zonder of met niet brandbare lading ten gevolge van letselongeval (ook tankwagens geladen met toxische stoffen in bulk).....	114
10.2.3.5	Brand in een vrachtwagen met brandbare lading ten gevolge van letselongeval (niet vrachtwagens geladen met explosieven)	114
10.2.3.6	Brand in een vrachtwagen geladen met explosieven ten gevolge van letselongeval	115
10.2.3.7	0.5 m ³ uitstroming van een toxische vloeistof ten gevolge van letselongeval	115
10.2.3.8	5 m ³ uitstroming van een toxische vloeistof ten gevolge van letselongeval	115
10.2.3.9	Instantane uitstroming van een toxische vloeistof ten gevolge van letselongeval.....	116
10.2.3.10	Continue uitstroming van een toxisch gas ten gevolge van letselongeval.....	117
10.2.3.11	Instantane uitstroming van een toxisch gas ten gevolge van letselongeval	118
10.2.3.12	0.5 m ³ uitstroming van een brandbare vloeistof ten gevolge van letselongeval	119
10.2.3.13	Plasbrand van een 5 m ³ uitstroming van een brandbare vloeistof ten gevolge van letselongeval.....	119
10.2.3.14	5 m ³ uitstroming van een brandbare vloeistof ten gevolge van letselongeval	120
10.2.3.15	Plasbrand van een instantane uitstroming van een brandbare vloeistof ten gevolge van letselongeval.....	120
10.2.3.16	Instantane uitstroming van een brandbare vloeistof ten gevolge van letselongeval	121
10.2.3.17	BLEVE van een instantane uitstroming van een brandbaar gas ten gevolge van letselongeval	121
10.2.3.18	Instantane uitstroming van een brandbaar gas ten gevolge van letselongeval.....	122
10.2.3.19	Fakkelfbrand van een continue uitstroming van brandbaar gas ten gevolge van letselongeval	123
10.2.3.20	Continue uitstroming van een brandbaar gas ten gevolge van letselongeval.....	125
10.3	INVOER TUNNELMODEL VOOR DE LEIDSCHER RIJN OVERKAPPINGEN	125
10.4	AANPASSING PARAMETERS TUNNELMODEL VOOR DE WEGDELEN MET LANGSSLEUVEN.....	127
10.4.1	Lengte file voor en achter ongeval	127
10.4.2	Gevolgen voor vluchtenden van branden bij pech en personenauto-letselongeval.....	127
10.4.3	Brand in een bus ten gevolge van letselongeval.....	127
10.4.4	Brand in een vrachtwagen zonder of met niet brandbare lading ten gevolge van letselongeval (ook tankwagens geladen met toxische stoffen in bulk).....	127
10.4.5	Brand in een vrachtwagen met brandbare lading ten gevolge van letselongeval (niet vrachtwagens geladen met explosieven).....	128
10.4.6	Brand in een vrachtwagen geladen met explosieven ten gevolge van letselongeval	128
10.4.7	0.5 m ³ uitstroming van een toxische vloeistof ten gevolge van letselongeval	128
10.4.8	5 m ³ uitstroming van een toxische vloeistof ten gevolge van letselongeval	128
10.4.9	Instantane uitstroming van een toxische vloeistof ten gevolge van letselongeval	129
10.4.10	Continue uitstroming van een toxisch gas ten gevolge van letselongeval	130
10.4.11	Instantane uitstroming van een toxisch gas ten gevolge van letselongeval.....	130
10.4.12	0.5 m ³ uitstroming van een brandbare vloeistof ten gevolge van letselongeval	131
10.4.13	Plasbrand van een 5 m ³ uitstroming van een brandbare vloeistof ten gevolge van letselongeval.....	132
10.4.14	5 m ³ uitstroming van een brandbare vloeistof ten gevolge van letselongeval	132
10.4.15	Plasbrand van een instantane uitstroming van een brandbare vloeistof ten gevolge van letselongeval.....	132
10.4.16	Instantane uitstroming van een brandbare vloeistof ten gevolge van letselongeval	133
10.4.17	BLEVE van een instantane uitstroming van een brandbaar gas ten gevolge van letselongeval	133
10.4.18	Instantane uitstroming van een brandbaar gas ten gevolge van letselongeval.....	133
10.4.19	Fakkelfbrand van een continue uitstroming van brandbaar gas ten gevolge van letselongeval	134
10.4.20	Continue uitstroming van een brandbaar gas ten gevolge van letselongeval	134
10.5	INVOER TUNNELMODEL VOOR DE LEIDSCHER RIJN OVERKAPPINGEN MET LANGSSLEUVEN	134
11.	VARIANT *: GEHEEL GESLOTEN HOOFD- EN PARALLELBAAN	135
11.1	INTERNE VEILIGHEID VARIANT *	135
11.2	EXTERNE VEILIGHEID VARIANT *	138

12.	INVLOED VAN DE KANS OP FILE EN WEL/NIET AANWEZIG ZIJN VENTILATIE	141
13.	INVLOED VAN HET VERPLAATSEN VAN HET ATRIUMGEBOUW	145
13.1	INTERNE VEILIGHEID	145
13.2	EXTERNE VEILIGHEID	145
14.	AANVULLENDE VRAGEN DIRECTIE UTRECHT.....	147
15.	CONTRA EXPERTISE TNO.....	149
16.	REACTIE OP CONTRA EXPERTISE TNO EXTERNE VEILIGHEID	175
16.1	AANGEPASTE BEREKENING VAN DE EXTERNE VEILIGHEID	175
16.2	AANVULLENDE BEREKENING VOOR DE EXTERNE VEILIGHEID (GEHEEL OPEN WEG)	185
17.	REACTIE OP CONTRA EXPERTISE TNO INTERNE VEILIGHEID	189
17.1	REACTIE BOUWDIENST OP CONTRA EXPERTISE INTERNE VEILIGHEID TNO.....	189
17.2	AANVULLENDE BEREKENINGEN NAAR AANLEIDING VAN DE CONTRA EXPERTISE INTERNE VEILIGHEID	191
17.2.1	<i>Aangepaste modellering warme BLEVE.....</i>	<i>191</i>
17.2.2	<i>Aangepaste modellering plasbranden en fakkels (en warme BLEVE)</i>	<i>193</i>
17.2.3	<i>Aangepaste berekening rekening houdend met niet relevante gasuitstromingen (en aangepaste modellering plasbranden, fakkels en warme BLEVE).....</i>	<i>196</i>
18.	VERWERKING COMMENTAAR	201

1. Inleiding

1.1 Algemeen

In het kader van de integratie van de te verbreden en deels te verleggen A2 met de Vinex-bouwlocatie Leidsche Rijn is in opdracht van de Directie Utrecht door de Bouwdienst Rijkswaterstaat een risicoanalyse uitgevoerd. In deze rapportage wordt ingegaan op de interne en externe veiligheid voor de toekomstige oplossingsrichtingen.

Onder interne veiligheid wordt hier verstaan het risico voor de weggebruikers ten gevolge van branden in voertuigen onder overkappingen en het transport van gevaarlijke stoffen waarbij brandbare en/of toxische stoffen kunnen vrijkomen. Het risico van de weggebruikers ten gevolge van gewone ongevallen wordt hierbij apart beschouwd.

Onder externe veiligheid wordt verstaan het risico voor de aanwezigen naast de weg ten gevolge van het transport van gevaarlijke stoffen op de weg.

Beide aspecten, dus zowel de interne als de externe veiligheid, zijn voor de toekomstige situatie (2015) onderzocht. Hierbij is steeds hetzelfde deel van de weg beschouwd (zie bijlage 10 voor een overzicht van het studiegebied en de oplossingsrichtingen).

Tevens is getracht antwoord te geven op additionele vragen (zie paragraaf 7.3), op basis waarvan de plaats en uitvoering van de overkappingen en de invulling van het bouwprogramma Leidsche Rijn nader zijn aan te geven.

De interne en externe veiligheid vormen slechts een onderdeel van het totale veiligheidsvraagstuk. Het doel van het beschouwen van de interne en externe veiligheid is vooral het verkrijgen van inzicht in de kans op en grootte van mogelijke grote ongevallen (rampen), waarbij in één keer bij één ongeval een groot aantal slachtoffers optreden. Daarnaast dient in het kader van het veiligheidsvraagstuk ook aandacht besteed te worden aan onder meer de hulpverlening door onder andere de brandweer en GGD en de zelfredzaamheid van de weggebruikers; deze onderwerpen worden echter niet nader onderzocht in de huidige studie.

Opmerking: In dit rapport is ten aanzien van het beleid (Hoofdstuk 3) en de definities uitgegaan van de stand van zaken in maart 2000. In plaats van het begrip individueel risico wordt thans het begrip plaatsgebonden risico gehanteerd. In het Nationaal Milieubeleidsplan 4 wordt een overzicht gegeven van het vigerende beleid voor de externe veiligheid en de beleidsvoornemens tot 2010.

1.2 Leeswijzer

De indeling van dit rapport is als volgt:

- Hoofdstuk 2 bevat de probleemstelling en de globale aanpak van deze studie.
- Hoofdstuk 3 bevat een beschrijving van het overheidsbeleid ten aanzien van de interne en externe veiligheid.
- Hoofdstuk 4 bevat de uitgangspunten en aannamen die in deze studie zijn gehanteerd.
- Hoofdstuk 5 bevat een meer gedetailleerde beschrijving van de aanpak van de studie.
- Hoofdstuk 6 bevat de resultaten van de risicoanalyses.
- In hoofdstuk 7 worden de conclusies uit deze studie gegeven.
- De bijlagen bevatten, naast de begrippenlijst in bijlage 1 en een beschrijving van de geanalyseerde varianten in bijlage 2, onder andere de nadere uitwerking van de in de risico analyses gehanteerde rekenmethodieken, stoffeigenschappen, de antwoorden op

de aanvullende vragen van de directie Utrecht en de wijze van verwerking van het
commentaar op de eindconcepten.

2. Probleemstelling en aanpak studie

2.1 Probleemstelling

In samenhang met de ontwikkeling van de nieuwbouwwijk Leidsche Rijn zal de A2 deels worden verlegd en aangepast. De toekomstige A2 zal bestaan uit een opdeling in hoofdrijbanen (met doorgaand verkeer) en parallelbanen (afslaand verkeer) en een drietal overkappingen.

De plaats van deze overkappingen en de samenhang met het bouwprogramma van Leidsche Rijn (soort en plaats bebouwing) is onderwerp van onderzoek. Daarbij is onder andere de interne en externe veiligheid richtinggevend en wellicht zelfs maatgevend. De vormgeving van de overkappingen, bijvoorbeeld met of zonder sleuven, is hierbij een uitermate belangrijke aspect. Op basis van de resultaten van deze studie zal een integrale afweging kunnen plaatsvinden, waarbij ook aspecten als geluid en lucht in beeld komen, om zo tot een optimale invulling van rijksweg en bebouwing te komen.

2.2 Aanpak studie

Dit rapport heeft tot doel om inzicht te geven in de interne en externe veiligheid van de voorgenomen aanpassing van de A2 in relatie tot de ontwikkeling van de wijk Leidsche Rijn. Hiertoe zijn 3 varianten voor de toekomstige situatie (2015) middels risicoanalyses onderzocht. Voor elke variant zijn 2 risicoanalyses uitgevoerd: eenmaal met de hoofdrij- en parallelbaan beschikbaar voor al het transport van gevaarlijke stoffen en eenmaal met de hoofdrijbaan beschikbaar voor al het transport van gevaarlijke stoffen en een verbod voor het transport van tot vloeistof verdichte/gekoelde gassen op de parallelbaan. Een nadere beschrijving van de varianten is opgenomen in bijlage 10.

De analyse van de interne en externe veiligheid van de open wegdelen zijn hierbij conform de door de overheid ontwikkelde rekenmethodieken voor risicoanalyses [9] van de interne en externe veiligheid met het computerprogramma SAVE II uitgevoerd. Voor de wegdelen met kunstwerken is tot op heden nog geen standaard rekenmethodiek ontwikkeld, maar zijn wel enkele "verkennende" studies uitgevoerd ([10], [21] en [26]). Op basis van de resultaten van deze studies en de voor de open weg gebruikte scenario's zijn in deze studies scenario's voor de wegdelen met kunstwerken afgeleid (dit is beschreven in bijlage 9.1). De berekeningen voor deze wegdelen zijn deels met het computerprogramma SAVE II en deels met het in Excel ontwikkelde tunnelmodel TunPrim.xls (conform de methodiek uit [26]) uitgevoerd.

In hoofdstuk 4 is aangegeven welke uitgangspunten en aannamen zijn gehanteerd in deze studie. In hoofdstuk 5 is de aanpak van de risicoanalyses voor de toekomstige situatie gedetailleerd beschreven.

3. Overheidsbeleid

3.1 Beleid

In 1989 is in de nota "Omgaan met Risico's" [1] door het ministerie van VROM middels een risicobenadering een aanzet gegeven tot het formuleren van een veiligheidsbeleid. Daarbij werd al aangegeven dat de ontwikkelde risicobenadering mogelijk ook toe te passen zou zijn op (delen van) andere beleidsterreinen, zoals bijvoorbeeld het vervoer van gevaarlijke stoffen.

Mede hierdoor is in 1996 de nota "Risico-Normering Vervoer Gevaarlijke Stoffen" [2] verschenen, waarin een uitwerking van de risicobenadering en de te hanteren normen voor het vervoer van gevaarlijke stoffen is opgenomen. Deze uitwerking en normering is echter alleen van toepassing op aanwezigen naast de transportroute, hetgeen wordt aangeduid met het begrip externe veiligheid. Deze veiligheid wordt uitgedrukt met de begrippen individueel risico en groepsrisico.

De rijksoverheid heeft in het Tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer [3] en de Nationale Milieubeleidsplannen [4], [5] en [6] als beleidsdoelstelling voor de veiligheid opgenomen dat de risico's voor de weggebruiker in 2010 qua grootte gelijk moeten zijn aan die in het referentiejaar 1986.

Daarnaast is er de laatste jaren een tendens ontstaan om steeds meer voor een overkapping of ondertunneling als mogelijke oplossing voor het multifunctioneel gebruik van de ruimte en de vermindering van de milieuhinder en/of de barrière-werking van weginfrastructuur te kiezen. Hierdoor vindt een verschuiving plaats van de risico's voor omwonenden (externe veiligheid) naar de weggebruikers (interne veiligheid). Het ministerie van Verkeer en Waterstaat is dan ook begonnen met het ontwikkelen van overheidsbeleid voor de interne veiligheid en heeft, in verband met de urgentie van de problematiek, vooruitlopend op de te verschijnen nota hiervoor een beleidslijn vastgelegd [7] en [8].

Deze beleidslijn houdt in dat het doorgaande bestaande hoofdwegennet geschikt is en moet blijven voor het transport van gevaarlijke stoffen, ook daar waar gekozen wordt voor overkappingen of ondertunnelingen (anders dan voor oeververbindingen) van rijkswegen, tenzij er sprake is van een volwaardige alternatieve route waar dat vervoer kan plaatsvinden.

Onder een volwaardig alternatieve route wordt hier verstaan een in de zin van veiligheid en af te leggen afstand volwaardige (parallele) alternatieve route. Vooruitlopend op dit nog te ontwikkelen overheidsbeleid is in het deelproject Risicobepalingsmethodiek Interne Veiligheid van het project VeVoWeg een aanzet tot een rekenmethodiek voor de interne veiligheid ontwikkeld [9]. Het risico wordt hierbij uitgedrukt met de begrippen verwachtingswaarde en groepsrisico.

3.2 Toetsingskader

3.2.1 Externe Veiligheid [2]

Bij de externe veiligheid is een tweetal risico's te beschouwen, het individueel risico en het groepsrisico.

Definitie Individueel risico

De frequentie per jaar dat een persoon, die zich continu en onbeschermd op een bepaalde plaats naast een transportroute bevindt, overlijdt ten gevolge van een ongeval met het transport van gevaarlijke stoffen op die route.

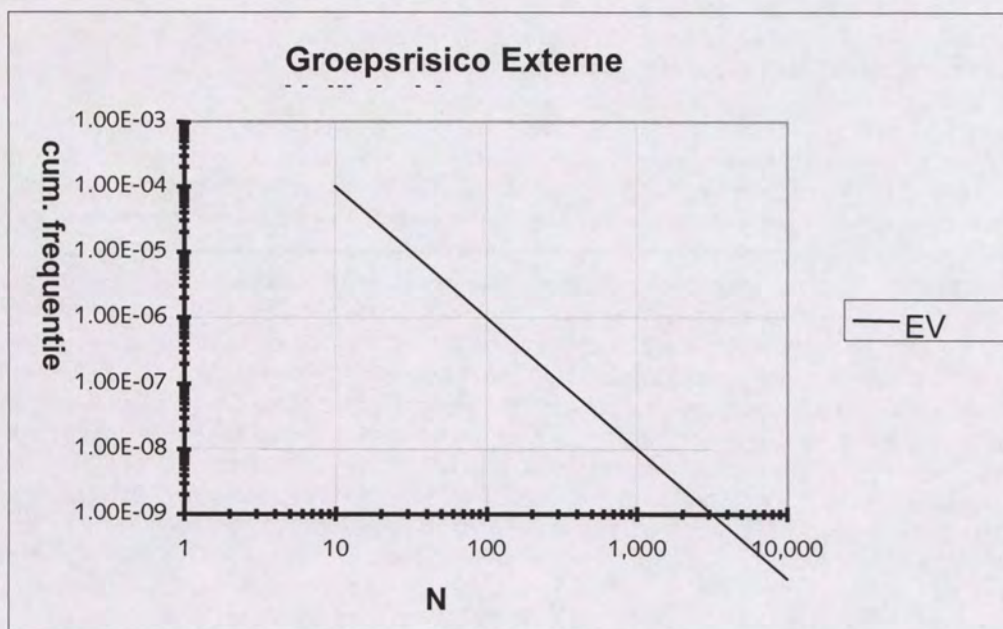
Door punten met eenzelfde risico met een lijn te verbinden verkrijgt men de risicocontouren, waarmee het individueel risico als een soort "hoogtelijnen" op een topografische kaart weergegeven kan worden (zie bijvoorbeeld Figuur 13 voor een voorbeeld van een presentatie van het individueel risico). Het individueel risico leent zich daarmee goed voor het vaststellen van een veiligheidszone tussen een transportroute en kwetsbare bestemmingen, zoals woonwijken. De 10^{-6} -risicocontour (10^{-6} is eens per 1.000.000 -miljoen- jaar) vormt hierbij de grenswaarde; deze risicocontour mag niet over woonwijken en andere kwetsbare bestemming liggen. Indien deze norm wordt overschreden dient voor nieuwe situaties het risico met maatregelen (maximaal binnen 5 jaar) tot of onder deze norm gereduceerd te worden; alleen in zeer bijzondere situaties kan op basis van een integrale belangenafweging na goedkeuring van de betrokken ministeries een hoger individueel risico geaccepteerd worden. Voor bestaande situaties geldt bij overschrijding van de norm het stand-still beginsel: er mogen geen nieuwe ontwikkelingen plaatsvinden totdat aan de norm voldaan wordt. Overschrijdingen van het individueel risico in bestaande situaties met een factor 10 of meer (dus overschrijding van de 10^{-5} -risicocontour) mogen echter nooit geaccepteerd worden; in dergelijke gevallen is sprake van dringende sanering en moet het risico gereduceerd worden.

Definitie Groepsrisico

De frequentie per jaar per kilometer transportroute dat een groep van 10 of meer personen naast de transportroute in één keer het (dodelijk) slachtoffer wordt van een ongeval op die transportroute.

Het groepsrisico geeft daarom de aandachtspunten op transportroutes aan waar zich mogelijk een ramp (veel slachtoffers naast de weg ten gevolge van een ongeval op de weg) kan voordoen. Het groepsrisico wordt in een dubbellogaritmische grafiek weergegeven, waarbij het aantal doden op de horizontale en de frequentie per jaar per kilometer op de verticale as wordt uitgezet. Voor het groepsrisico geldt een oriënterende waarde die gevormd wordt door de lijn vanaf het punt: 10 doden en een frequentie van 10^{-4} per kilometer per jaar door het punt: 100 doden en een frequentie van 10^{-6} per kilometer per jaar (zie Figuur 3). Indien deze waarde overschreden wordt, dient nagegaan te worden welke maatregelen een voldoende reductie in het groepsrisico bewerkstelligen. Hierbij is echter wel bepaald dat beperkingen met betrekking tot de mogelijke bebouwingsdichtheid tot maximaal 200 meter vanaf de transportroute mogen worden opgelegd. Aangezien de norm een oriënterende waarde is kan het bevoegd gezag, op basis van een openbare en goed inzichtelijke belangenafweging, gemotiveerd van de norm afwijken; deze beslissing is wel vatbaar voor beroep. Daarnaast is het groepsrisico ook bruikbaar voor het vergelijken van route-alternatieven, door het berekenen van het totale groepsrisico van een route-alternatief (dit wordt het gesommeerde groepsrisico genoemd) en de resultaten van de alternatieven onderling te vergelijken [2].

Met het risicobeleid uit [2] wordt het risico per locatie beoordeeld en worden ook eventueel locatiespecifieke maatregelen in overweging genomen. De mogelijkheden bestaan voor elke situatie afzonderlijk uit bronmaatregelen en, waar nodig, effectgerichte maatregelen (zonering). Bij bronmaatregelen moet gedacht worden aan het vermijden van kwetsbare bestemmingen (routeren), maatregelen op het gebied van de verkeersveiligheid (bijvoorbeeld snelheidsbeperkingen en het scheiden van verkeersstromen) en het afschermen van transportroutes ten opzichte van woongebieden.



Figuur 3 Oriënterende norm van het externe groepsrisico.

3.2.2 Interne Veiligheid

Bij de interne veiligheid is een tweetal risico's te beschouwen, de verwachtingswaarde en het groepsrisico.

Definitie Verwachtingswaarde

Het gemiddeld aantal **extra** doden per jaar voor een locatie (bijvoorbeeld een kilometervak, wegvak, route of gemeente) ten gevolge van branden in voertuigen onder overkappingen en het transport van gevaarlijke stoffen.

Extra slaat hierbij op de extra bijdrage van de branden en gevaarlijke stoffen ten opzichte van de doden die bij de gewone ongevallen vallen (deze worden bepaald bij de verkeersveiligheid). De verwachtingswaarde is een maat voor de veiligheid van de beschouwde locatie.

Definitie Groepsrisico

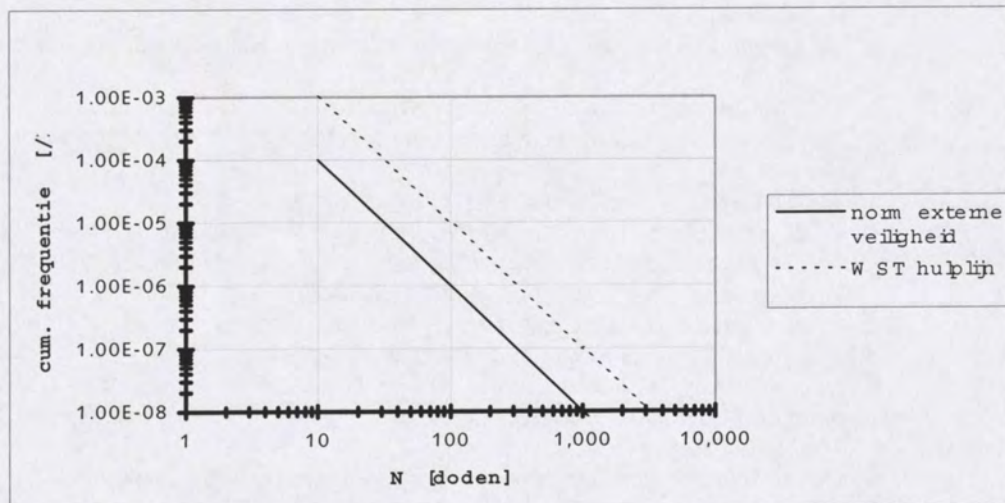
De frequentie per jaar per kilometer transportroute dat een groep van één of meer personen op die transportroute in één keer het dodelijk slachtoffer wordt van een ongeval op die transportroute.

Ook hier geeft het groepsrisico dus de aandachtspunten op transportroutes aan waar zich mogelijk een ramp kan voordoen. De presentatie van het groepsrisico geschiedt op dezelfde wijze als het groepsrisico van de externe veiligheid (dus zowel het groepsrisico per kilometervak als het, over het hele studiegebied, *gesommeerde groepsrisico*).

Op dit moment is de ontwikkeling van het overheidsbeleid voor de interne veiligheid door het ministerie van Verkeer en Waterstaat nog in volle gang, zodat er tot op heden nog geen normen zijn vastgesteld.

In deze studie zijn de verwachtingswaarde en het groepsrisico per kilometervak berekend. Voor de verwachtingswaarde bestaat geen toetsingsnorm, echter ter vergelijking wordt

hierover opgemerkt dat de verwachtingswaarde ten gevolge van branden in voertuigen onder overkappingen en het transport van gevaarlijke stoffen in het algemeen vele malen lager ligt dan de verwachtingswaarde die bij de verkeersveiligheid wordt berekend. Het groepsrisico per kilometervak wordt in deze studie getoetst aan de hoogte van de normlijn van de externe veiligheid en de Westerschelde hulplijn die vanaf het punt: 1 dode en een frequentie van 10^{-1} per kilometer per jaar door het punt: 100 doden en een frequentie van 10^{-5} per kilometer per jaar loopt (zie Figuur 4). Deze hulplijn is qua vorm identiek aan de hulplijn die in [10] is gebruikt, vertegenwoordigt de minimale keuze van de nog te bepalen normlijn interne veiligheid en ligt een factor 10 hoger dan de norm voor de externe veiligheid van het transport (die de maximale keuze van de nog te kiezen normlijn vertegenwoordigt).



Figuur 4 Hulplijn Westerschelde en normlijn externe veiligheid voor toetsing van de ligging van het interne groepsrisico.

4. Uitgangspunten en aannamen

Voor het uitvoeren van een risicoanalyse is het noodzakelijk uitgangspunten en aannamen te stellen. In deze risicoanalyses betreft dit de volgende uitgangspunten en aannamen:

4.1 Uitgangspunten

1. Het studiegebied betreft het wegdeel van de A2, dat van 300 meter ten noorden van de kruising A2 met de spoorlijn Utrecht - Woerden tot 300 meter ten zuiden van aansluiting "Hooggelegen" loopt (hierbij worden de op- en afritten van de aansluiting buiten beschouwing gelaten).
2. De kenmerken van de door te rekenen varianten zijn opgenomen in de tekeningen [18], [19] en [20].
3. De hoofdrijbanen zijn en blijven beschikbaar voor vrachtwagens én al het transport van gevaarlijke stoffen; een zogenaamde categorie 0 overkapping in de toekomstige situatie.
4. Voor de parallelbanen worden twee opties doorgerekend:
 - de parallelbanen zijn en blijven beschikbaar voor vrachtwagens én al het transport van gevaarlijke stoffen; dus categorie 0 overkapping in de toekomstige situatie.
 - de parallelbanen zijn en blijven beschikbaar voor vrachtwagens én het transport van gevaarlijke stoffen, met uitzondering van explosieve stoffen als LPG; dus categorie I overkapping in de toekomstige situatie.
5. De risicoanalyses worden uitgevoerd met het computerprogramma SAVE II en het door de Bouwdienst ontwikkelde Excel spreadsheet TunPrim.xls (versie 30 november 1999) voor tunnels/overkappingen.
6. De resultaten van de risicoanalyse van de externe veiligheid (individueel en groepsrisico) worden getoetst aan de normen van [2] (zie ook paragraaf 3.2.1).
7. Het risico wordt zowel per kilometer weg (ten behoeve van de vergelijking van het groepsrisico met de normen) als gesommeerd over het hele studiegebied (ten behoeve van de onderlinge vergelijking van de varianten) bepaald.
8. Voor de interne veiligheid (verwachtingswaarde en intern groepsrisico) zijn nog geen landelijke normen vastgesteld. Vooruitlopend hierop zal voor het intern groepsrisico worden getoetst aan de in [10] gehanteerde indicatieve toetsingswaarde (zie ook paragraaf 3.2.2) en de normlijn van het externe groepsrisico. Naar verwachting zal de waarde van de toekomstige norm tussen de oriënterende waarde van de externe veiligheid en deze indicatieve toetsingswaarde liggen.
9. De interne veiligheid op de open wegdelen en de externe veiligheid worden bepaald op basis van de transportaantallen van gevaarlijke stoffen. Voor de interne veiligheid onder de overkapte delen zal daarnaast ook het effect van voertuig- en ladingbranden in de risicoanalyse worden meegenomen.
10. Zowel voor de hoofdrijbanen als de parallelbanen wordt uitgegaan van de ongevals-respectievelijk letselongevalsfrequentie van de Schipholtunnel, zijnde $7.73 \cdot 10^{-7}$ /vtg/km respectievelijk $5.2 \cdot 10^{-8}$ /vtg/km [17].
11. Voor de transportaantallen van gevaarlijke stoffen wordt uitgegaan van de in 1999 door AVIV uitgevoerde tellingen op de A2 [11]. Voor de aantallen van het totale zwaar verkeer wordt uitgegaan van de cijfers van de permanente tellingen uit [15].
12. Voor de verkeersintensiteiten van het gemotoriseerd verkeer per rijbaan worden de cijfers van de permanente tellingen [15] gebruikt.
13. Voor de verdeling van het zwaar verkeer (inclusief het transport van gevaarlijke stoffen) over de hoofdrij- en parallelbanen wordt uitgegaan van de in [15] opgenomen verdeling voor het overige verkeer.

14. Voor de risicoanalyse worden de gevaarlijke stoffen ingedeeld in stofcategorieën [12]; per stofcategorie worden stoffen met een vergelijkbare brandbaarheid / toxiciteit, vluchtigheid, kookpunt, enzovoort samen genomen. Elke stofcategorie wordt vertegenwoordigd door de voor die categorie geldende voorbeeldstof. De stoffeigenschappen van de voorbeeldstoffen uit het computerprogramma SAVE II worden aangehouden.
15. Voor de interne veiligheid worden alleen de slachtoffers onder de weggebruikers beschouwd die ten gevolge van branden van voertuigen onder de overkappingen en/of aan gevolgen van uitgestroomde gevaarlijke stoffen overlijden. De dodelijke slachtoffers ten gevolge van de gewone verkeersongevallen worden bij de verkeersveiligheid beschouwd. Dit conform de uitsplitsing van de veiligheid voor weggebruikers in [9].
16. Bij de berekeningen van de interne veiligheid worden alleen de dodelijke slachtoffers beschouwd. Voor de zelfredzaamheid en hulpverlening is het gewenst ook naar de gewonden en vluchtenden te kijken. Bij de eerste oriënterende risicoanalyse-berekening, zoals uitgevoerd in deze studie, wordt dit achterwege gelaten.
17. Op alle wegen in het studiegebied, zowel op de open als onder de overkapte delen, wordt ZOAB toegepast.
18. Voor het normale onderhoud (onder andere van de verlichting, veegwerk, ZOAB reinigen, kolkreiniging) worden geen bijzondere situaties op de weg voorzien. Het verkeer zal ten gevolge van dit onderhoud niet worden omgeleid naar een andere rijbaan, noch zal er filevorming optreden. Voor het groot onderhoud wordt uitgegaan van 1 maal per 10 jaar ZOAB vervangen. Dit werk wordt 's nachts uitgevoerd en zal per hoofdrijbaan circa 10 weken en per parallelbaan circa 7 weken duren. De rijbanen worden na elkaar aangepakt en het verkeer per baan wordt gehandhaafd middels rijstrookvermindering (dus bij werkzaamheden aan de hoofdrijbaan wordt er geen verkeer naar de parallelbaan geleid en andersom).
19. Onder de overkappingen is op alle rijbanen een filedetectie ("SOS") systeem aanwezig. Het SOS-systeem (snelheidsonderschrijdingssysteem) signaleert vertraging op een rijstrook, bij een vertraging wordt automatisch de betreffende camera ingeschakeld, waarna direct de signalering volgt. Er is dus een zeer snelle reactie mogelijk. In de praktijk is bij de spitsstroken al bewezen dat dit systeem werkt. Ook het afkruisen van alle rij- en vluchtstroken geeft direct resultaat. Het verkeer blijkt snel tot stilstand gebracht te kunnen worden. Vervolgens kan met luidsprekers (of informatiepanelen) de weggebruikers worden geïnformeerd de auto te verlaten. Als basis voor de mogelijkheid tot vluchten gelden de volgende uitgangspunten/eisen:
 - vluchtdeuren tussen hoofdrij- en parallelbanen elke 50 meter.
 - vluchtdeuren altijd onvergrendeld.
 - kans op menselijk falen 1%.
 - tijdsduur tussen vertraging melding en stopzetten verkeer 5 minuten.
20. Onder overkapte delen langer dan 300 m wordt uitgegaan van de aanwezigheid van een langsventilatiesysteem (ventilerend in de richting van de uitgang van de overkapping). Onder overkapte delen van 300 m en korter is er geen ventilatie aanwezig.
21. Voor de meteorologische gegevens worden die van station Soesterberg uit [9] gebruikt.
22. De bebouwingsgegevens (vakindeling, type, dichtheden en dergelijke) van Leidsche Rijn worden uitgewerkt conform [16]. Algemene aannamen hierbij zijn:
 - bezetting kantoorruimte 200 personen per hectare.
 - bezetting detailhandel 200 personen per hectare.
 - bezetting voorzieningsruimten 150 personen per hectare.
 - de bezetting van woningen gedurende de dag (8.00-18.30) conform [9] aanhouden op 70% van de maximale bezetting (uitgegaan wordt van 100% voor de nacht).

- voor kantoren en dergelijke een bezetting van nul aanhouden voor de nacht.
- voor een (gepland) ziekenhuis geldt: 2500 aanwezigen overdag en 500 aanwezigen 's nachts.

4.2 Aannamen

1. De kans op een ongeval is onafhankelijk van de periode van het etmaal en het al dan niet optreden van een file.
2. Van de niet met gevaarlijke stoffen geladen vrachtwagens heeft 50% een brandbare lading. De overige 50% bestaat uit ongeladen vrachtwagens dan wel vrachtwagens met een niet-brandbare lading, conform [10].
3. Voor het aantal inzittenden wordt in personenwagens tijdens de spits gemiddeld 1.28 en gedurende andere perioden gemiddeld 1.37 persoon aangehouden. Voor vrachtwagens wordt altijd van gemiddeld 1 persoon uitgegaan. Voor bussen (1% van al het verkeer; landelijk cijfer) wordt uitgegaan van een gemiddelde bezetting van 22 personen [15].
4. De kans op brand in een voertuig is onafhankelijk van het type voertuig (vrachtwagen of personenauto).
5. Conform [10] wordt uitgegaan van de conservatieve aanname dat branden bij letselongevallen niet door weggebruikers kunnen worden geblust, en dat branden, indien het gemotoriseerd verkeer betreft, bij pechgevallen en UMS in 25% van de gevallen door weggebruikers kunnen worden geblust en in 10% van de gevallen wanneer het bussen en/of vrachtwagens betreft.
6. De verkeersintensiteiten op de A2 zijn lager dan de ontwerpcapaciteit van de A2, zodat er geen file (c.q. stilstaand verkeer) is ten gevolge van capaciteitsproblemen. Wel geldt er een congestiekans (= kans op vertraging ten gevolge van een hoge verkeersintensiteit) op de rijbanen; 2% congestiekans op de hoofdrijbaan en 5% op de parallelbaan.
7. Onder een overkapping ontstaat achter een brand, uitstroming van gevaarlijke stoffen en/of een letselongeval altijd een file. Achter een pechgeval ontstaat nooit een file en achter een UMS in 50% van de gevallen. Genoemde waarden zijn conform [10].
8. Wanneer een voertuig met pech onder de overkapping stopt zal dit voertuig het overkapte deel niet meer op eigen kracht kunnen verlaten.
9. Het transport van gevaarlijke stoffen vindt voor 80% gedurende de dag plaats (géén onderscheid naar dag/spits). De verdeling van het aanbod van vrachtwagens, niet geladen met gevaarlijke stoffen, is hieraan gelijk; dus 80% van de vrachtwagens gedurende de dag en 20% gedurende de nacht, conform [11].
10. Voor de bepaling van de interne veiligheid wordt een onderverdeling van het etmaal in spits, dag en nacht gemaakt. Voor de externe veiligheid wordt gebruik gemaakt van een onderverdeling in dag en nacht.
11. Voor het transport van gevaarlijke stoffen wordt een gemiddelde groei van 2% per jaar aangehouden, waarbij deze groei voor het transport van motorbrandstoffen genuanceerd wordt. Voor het transport van motorbrandstoffen wordt in de periode 1999-2015 voor de categorie LF1 (heptaan), LF2 (pentaan), GF2 (butaan) en GF3 (propan) een groei van respectievelijk 60%, 10%, 10% en 10% verondersteld. Voor de overige categorieën wordt uitgegaan van 35%. Een en ander conform (periode 1995 - 2010) [13] en [14].
12. Bij ongevallen met explosies onder de overkapping zal het dak van de overkapping (in delen) op de onderliggende rijbaan terechtkomen. Bij de risicoanalyse van de externe veiligheid wordt derhalve geen rekening gehouden met het in de omgeving van de weg terechtkomen van brokstukken van het dak van de overkapping, noch met het falen van de tussenwand tussen de rijbanen (waardoor mogelijk slachtoffers op een naastgelegen rijbaan optreden) bij de interne veiligheid.

13. Bij de risicoberekening is nog geen rekening gehouden met een aantal uitgangspunten van de brandweer. Deze richten zich onder andere op de vluchtroutes voor weggebruikers (zelfredzaamheid) en veilig brandweeroptreden onder de overkappingen. Voor een adequate noodhulpverlening dienen preventieve en preparatieve voorzieningen getroffen te worden, onder andere op het gebied van ventilatie, bluswatervoorziening, communicatie en bereikbaarheid.

5. Aanpak risicoanalyse

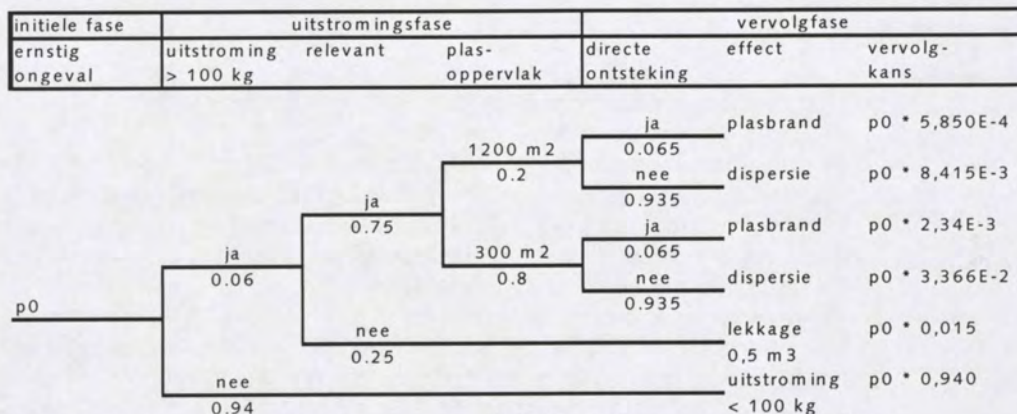
Als startpunt voor de risicoanalyse worden de basisgegevens voor de toekomstige situatie (2015) vastgelegd. Vervolgens worden de verschillende risicoanalyses uitgevoerd, waarna de resultaten daarvan aan de normen worden getoetst.

5.1 Basisgegevens

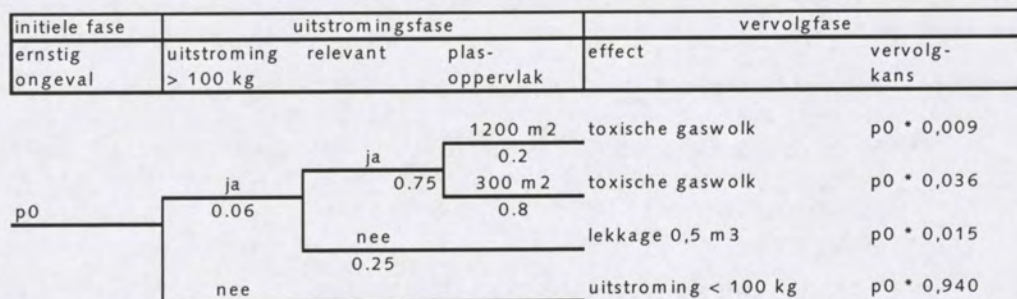
In bijlage 2 wordt een overzicht van het studiegebied en een schematisatie van de door te rekenen varianten gegeven.

1. *De RDM-coördinaten van de wegdelen en indeling in kilometervakken.*
In bijlage 3 is een overzicht gegeven van de RDM(RijksDriehoeksMeting)-coördinaten van de wegdelen bepaald met [20].
2. *Meteorologische gegevens.*
Er wordt gebruik gemaakt van de meteorologische gegevens van station Soesterberg, deze zijn opgenomen in bijlage 4.
3. *Aantallen transporten van gevaarlijke stoffen.*
In bijlage 5 is aangegeven hoe de aantallen transporten van gevaarlijke stoffen uit 1999 [11] zijn aangepast om te komen tot een prognose voor de transportaantallen van gevaarlijke stoffen in 2015.
4. *De naast de transportroutes aanwezige personen.*
In bijlage 6 is aangegeven hoe de bevolkingsgegevens naast de weg uit [16] zijn uitgewerkt.
5. *Initiële ongevalsfrequenties.*
Conform [17] wordt voor de situatie in 2015 voor zowel de hoofdrij- als parallelbanen gebruik gemaakt van de ongevals- en letselongevalsfrequentie van de Schiphol tunnel: $7.73 \cdot 10^{-7}$ /vtg/km en $5.2 \cdot 10^{-8}$ /vtg/km.
6. *Verkeersintensiteiten en bepaling van de aantallen weggebruikers.*
De verkeersintensiteiten op de A2 tussen Hooggelegen en de Spoorlaan zijn overgenomen uit [15]:
parallelbaan Amsterdam - Oudenrijn 20.000 vtg/etmaal
hoofdrijbaan Amsterdam - Oudenrijn 52.600 vtg/etmaal
hoofdrijbaan Oudenrijn - Amsterdam 50.500 vtg/etmaal
parallelbaan Oudenrijn - Amsterdam 20.900 vtg/etmaal
In bijlage 7 is aangegeven hoe op basis van deze verkeersintensiteiten de verkeersintensiteiten van personenauto's en vrachtverkeer per periode (dag, spits en nacht), de transportaantallen van gevaarlijke stoffen (dag en nacht) en de aantallen weggebruikers per periode (dag, nacht en spits) zijn bepaald.
7. *Kans op brand.*
Identiek aan [10] is gebruik gemaakt van de volgende gegevens:
 - de kans op een brand in een voertuig in een tunnel is $2 \cdot 10^{-8}$ /vtg/km.
 - de kans op blussen van een beginnende brand in een voertuig door de inzittenden van het voertuig of medeweggebruikers is 0 bij letselongevallen, 0.25 bij pech- en UMS ongevallen in personenauto's en 0.10 bij pech- en UMS ongevallen in vrachtauto's.
8. *Stofeigenschappen en uitstroombesonderheden.*
De stofeigenschappen van de voorbeeldstoffen per stofcategorie uit SAVE II zijn opgenomen in bijlage 8. In Figuur 5 tot en met Figuur 7 zijn de gebeurtenissenbomen voor de tankwagens geladen met de op de A2 getransporteerde stofcategorieën opgenomen (waarbij wordt opgemerkt dat in Figuur 5 de directe ontstekingskans, die in [9] ten onrechte op 0.13 is gesteld -dit mag alleen wanneer wordt aangenomen dat het scenario met vertraagde ontsteking geen effecten zal opleveren-, is verbeterd);

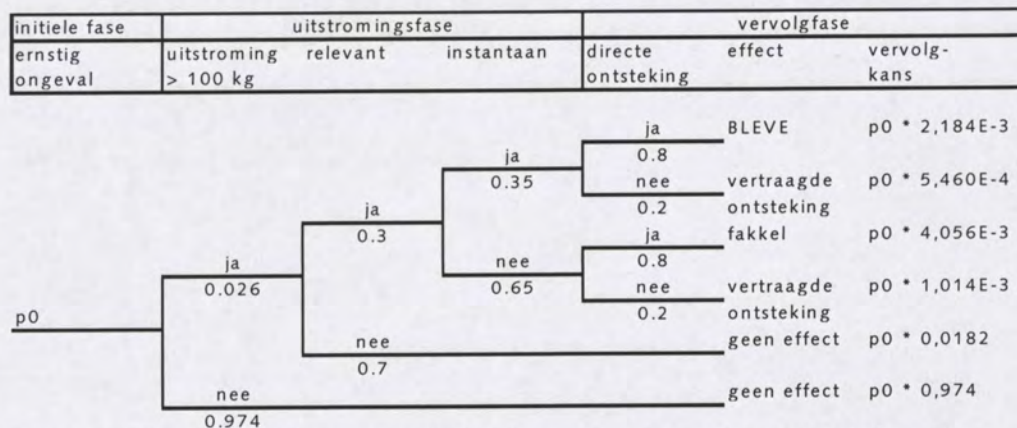
de verdere uitwerking van de hieruit volgende scenario's als invoer voor SAVE II is opgenomen in bijlage 9.



Figuur 5 Gebeurtenissenboom voor atmosferische tankwagens met brandbare vloeistoffen van stofcategorie LF2.
Gebeurtenissenboom voor de stofcategorie LF1 is identiek hieraan, alleen is de kans op directe ontsteking dan 0.05.



Figuur 6 Gebeurtenissenboom voor atmosferische tankwagens met toxische vloeistoffen (stofcategorie LT).



Figuur 7 Gebeurtenissenboom voor druktankwagen met brandbaar gas (stofcategorie GF).

5.2 Uitvoeren van de risicoanalyses

5.2.1 Interne Veiligheid

De risicoanalyse van de interne veiligheid valt uiteen in twee delen:

1. *Risicoanalyse van de "open" wegdelen.*

Bij de risicoanalyse van de "open" wegdelen (dit zijn alle open wegdelen, wegdelen met een geluidsscherm en gedeeltelijk overkapte wegdelen) zijn de risico's ten gevolge van het transport van gevaarlijke stoffen bepaald met het computerprogramma SAVE II. De wijze waarop deze berekeningen zijn uitgevoerd is beschreven in bijlage 9.2.1. De resultaten zijn beschreven in hoofdstuk 6.1.

2. *Risicoanalyse van de overkapte delen.*

Bij de risicoanalyse van de overkapte wegdelen (dit zijn de wegdelen met langssleuven en de geheel overkapte wegen) zijn de risico's ten gevolge van het transport met gevaarlijke stoffen en voertuigbranden bepaald met het tunnelmodel TunPrim.xls (versie 30 november 1999); dit model is recentelijk ontwikkeld bij de Bouwdienst en wordt op dit moment intern gecontroleerd, daarna zal een project opgestart worden om consensus over dit model in Nederland te verkrijgen zodat het model als standaard voor tunnelberekeningen gebruikt kan worden. De wijze waarop deze berekeningen zijn uitgevoerd is beschreven in bijlage 9.2.2. De resultaten zijn beschreven in hoofdstuk 6.1.

5.2.2 Externe Veiligheid

Bij de risicoanalyse van de externe veiligheid zijn alleen de risico's ten gevolge van het transport van gevaarlijke stoffen bepaald. De wijze waarop deze berekening met het computerprogramma SAVE II is uitgevoerd is beschreven in bijlage 9.1. De resultaten zijn beschreven in hoofdstuk 6.2.

5.3 Toetsen van de resultaten aan de normen

De berekende risico's worden getoetst aan de normen (externe veiligheid) en normlijn externe veiligheid en Westerschelde hulplijn (interne groepsrisico). Daarnaast wordt onderzocht welke stofcategorieën het meest aan het risico bijdragen. Dit is beschreven in hoofdstuk 6.

6. Resultaten risicoanalyses

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de risicoanalyses van de toekomstige situatie (2015) gepresenteerd. (In hoofdstuk 7 wordt ook ingegaan op extra vragen en berekeningen die in de bijlagen zijn opgenomen, deze resultaten zijn in dit hoofdstuk niet beschouwd).

6.1 Interne veiligheid

6.1.1 Verwachtingswaarden

De verwachtingswaarden voor het aantal doden ten gevolge van het transport van gevaarlijke stoffen en branden onder de overkappingen zijn opgenomen in Tabel 3.

De verwachtingswaarde van de gewone ongevallen (voor alle varianten en kilometervakken gelijk, zie ook bijlage 9.3) is gelijk aan 0.157 per kilometer hoofdrijbaan per jaar en 0.062 per kilometer parallelbaan per jaar (dus 0.219 per kilometer hoofdrij- én parallelbaan per jaar).

De verwachtingswaarde per kilometer per jaar ten gevolge van de extra slachtoffers (ten gevolge van voertuigbranden en uitstroming van gevaarlijke stoffen) is dus in alle gevallen lager dan de verwachtingswaarde ten gevolge van de gewone ongevallen. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat de verwachtingswaarden van de varianten 1 en 3 relatief hoog zijn (voor variant 1: 0.30 maal de gewone verwachtingswaarde op kilometervak 1 en 0.44 maal op kilometervak 2 en voor variant 3: 0.23 maal de gewone verwachtingswaarde op kilometervak 1 en 0.35 maal op kilometervak 2), hetgeen veroorzaakt wordt door het ontbreken van ventilatie onder de overkappingen van de wegdelen A en E. De -in vergelijking- lage verwachtingswaarde voor extra slachtoffers op de kilometervakken van variant 2 wordt veroorzaakt door het ontbreken van geheel gesloten overkappingen.

Verw.waarde	var1 cat.0	var.1 cat.I	var2 cat.0	var.2 cat.I	var3 cat.0	var.3 cat.I
hoofdrijb. km 1	5.13E-02	5.13E-02	1.77E-04	1.88E-04	5.13E-02	5.13E-02
parallelb. km 1	1.36E-02	1.35E-02	2.62E-05	2.02E-05	1.98E-05	1.32E-05
alle rijb. km 1	6.49E-02	6.49E-02	2.03E-04	2.08E-04	5.14E-02	5.14E-02
hoofdrijb. km 2	7.70E-02	7.71E-02	3.12E-04	3.26E-04	7.70E-02	7.71E-02
parallelb. km 2	2.03E-02	2.03E-02	4.10E-05	3.25E-05	1.98E-05	1.32E-05
alle rijb. km 2	9.74E-02	9.74E-02	3.53E-04	3.58E-04	7.71E-02	7.71E-02
hoofdrijb. km1+2	1.28E-01	1.28E-01	4.89E-04	5.13E-04	1.28E-01	1.28E-01
parallelb. km1+2	3.39E-02	3.39E-02	6.73E-05	5.26E-05	3.96E-05	2.64E-05
alle rijb. km1+2	1.62E-01	1.62E-01	5.56E-04	5.66E-04	1.28E-01	1.28E-01

Tabel 3 Verwachtingswaarden per jaar voor de extra doden ten gevolge van branden onder de overkapping en het transport van gevaarlijke stoffen in de toekomstige situatie (2015).

Op basis van deze resultaten is te zien dat qua verwachtingswaarde variant 2 het veiligst is, hetgeen ook in de lijn der verwachting ligt daar bij deze variant geen geheel gesloten overkappingen zijn opgenomen. Dat variant 1 en 3 vanwege de geheel gesloten overkappingen onveiliger zijn dan variant 2 werd verwacht, maar in eerste instantie werd verwacht dat variant 3 onveiliger zou zijn dan variant 1 vanwege de lange overkapping van de parallelbaan in variant 3. Dat variant 3 iets veiliger is dan variant 1 is echter eenvoudig te verklaren: de hoogste verwachtingswaarden treden op de gesloten wegdelen zonder ventilatie op (ter vergelijking wegdeel E -de 300 m overkapping zonder

ventilatiesysteem heeft een verwachtingswaarde van $2.03 \cdot 10^{-2}$ per jaar, terwijl de gesloten parallelbaan van variant 3 -2000 m met ventilatiesysteem- een verwachtingswaarde heeft van $1.98 \cdot 10^{-5}$ per jaar). Indien op basis van de hoogte van de verwachtingswaarden aanvullende maatregelen overwogen worden zal het aanbrengen van een ventilatiesysteem op de wegdelen A en E dus een zeer goede verbetering opleveren.

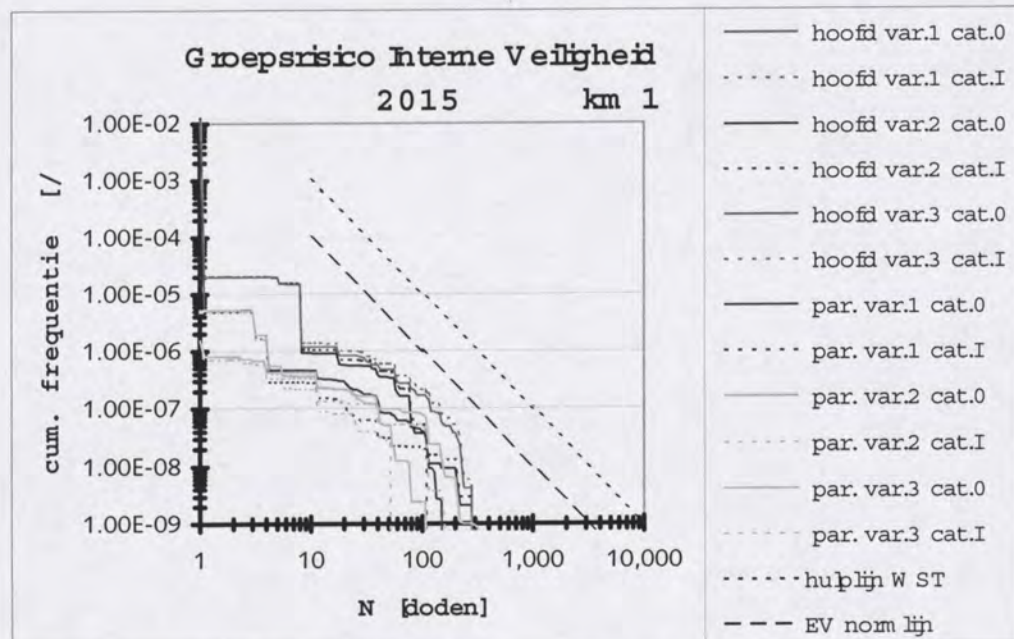
De verwachtingswaarden voor het aantal doden ten gevolge van het transport van gevaarlijke stoffen (en voertuigbranden onder de geheel gesloten overkappingen) worden met name veroorzaakt door de stofklasse GF, waarbij de grootste bijdrage binnen deze stofklasse geleverd wordt door de stofcategorie GF3.

6.1.2 Groepsrisico

In Figuur 8 tot en met Figuur 12 en zijn de interne groepsrisico's per kilometervak en de gesommeerde groepsrisico's van het aantal doden ten gevolge van branden onder de overkappingen en het transport van gevaarlijke stoffen opgenomen.

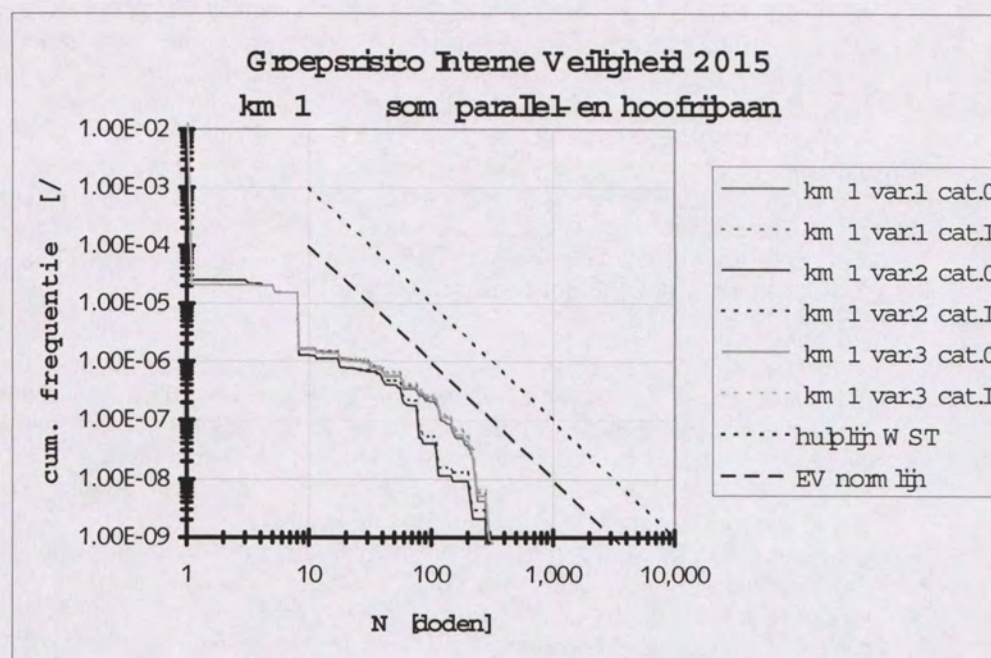
Op geen der kilometervakken van de varianten treedt een overschrijding van de normlijn van de externe veiligheid of de Westerschelde hulplijn op.

Ook hier zijn, zoals werd verwacht, de risico's van variant 2 het laagst. De curven van beide rijbanen samen van de varianten 1 en 3 verschillen onderling niet veel, al ligt het groepsrisico voor grote aantallen slachtoffers ($N > 50$) in het algemeen iets hoger bij variant 3 (hetgeen veroorzaakt wordt door de lange overkapping op de parallelbaan, waar bij één ongeval in een keer veel slachtoffers kunnen vallen. Dit is goed te zien is aan het verschil van de groepsrisico's op de parallelbaan van de varianten 1 en 3 in Figuur 8 en Figuur 10; voor de lage slachtofferaantallen ligt de curve van variant 1 hoger, terwijl het maximaal mogelijk aantal slachtoffers -bij een lage frequentie- van variant 3 hoger is. De groepsrisico's van de hoofdrijbanen bij deze varianten zijn gelijk).

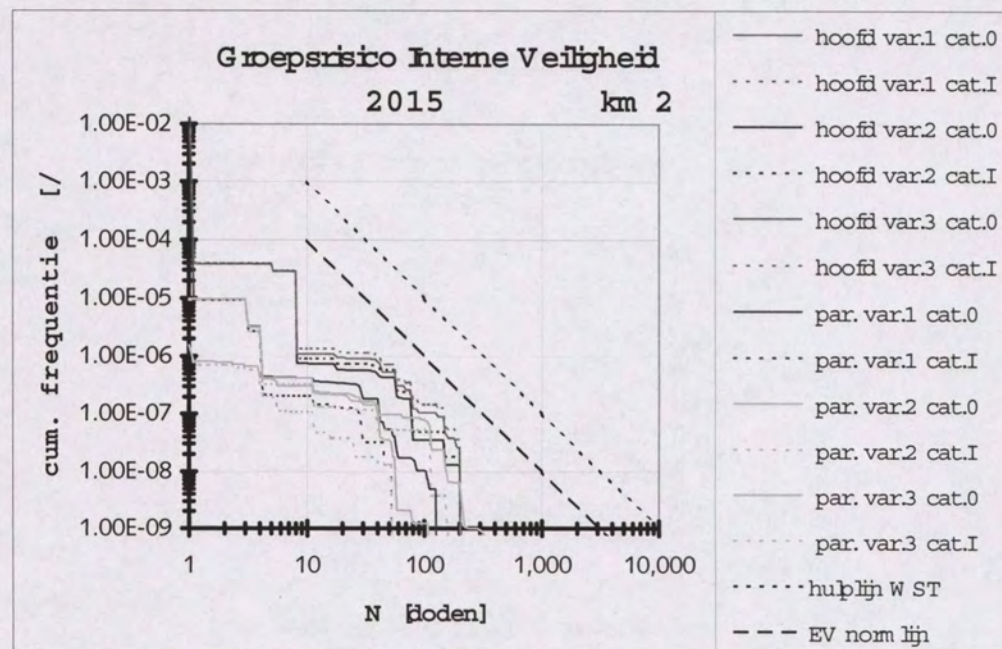


Figuur 8 Interne groepsrisico in 2015 op kilometer 1 per rijbaan.

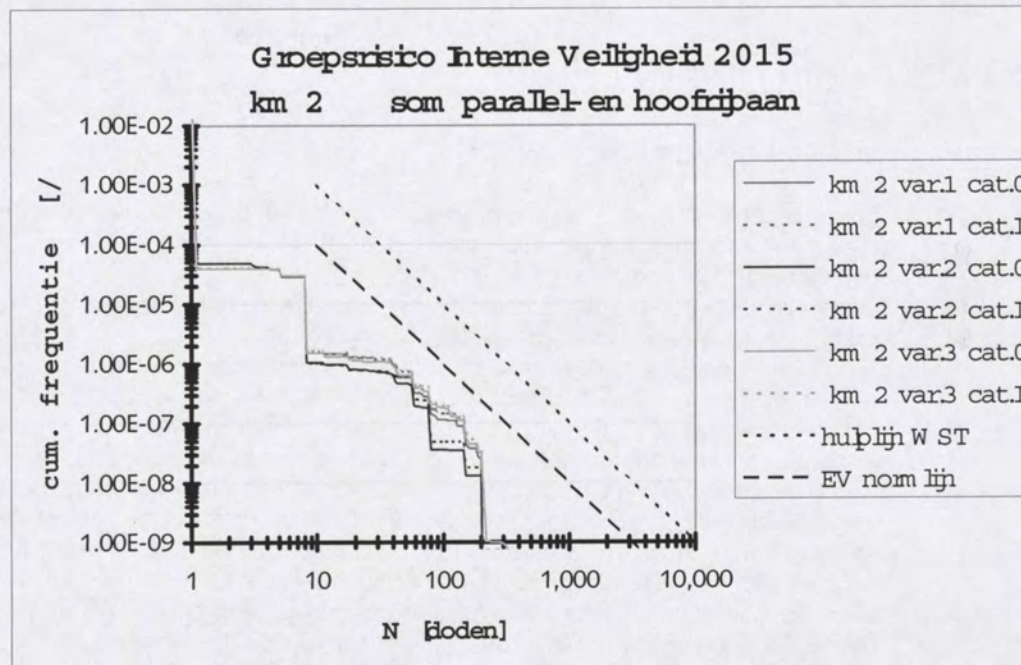
De interne groepsrisico's worden op alle wegdelen (ook de geheel overkapte wegdelen) met name veroorzaakt door de stofklasse GF, waarbij de grootste bijdrage binnen deze stofklasse geleverd wordt door stofcategorie GF3.



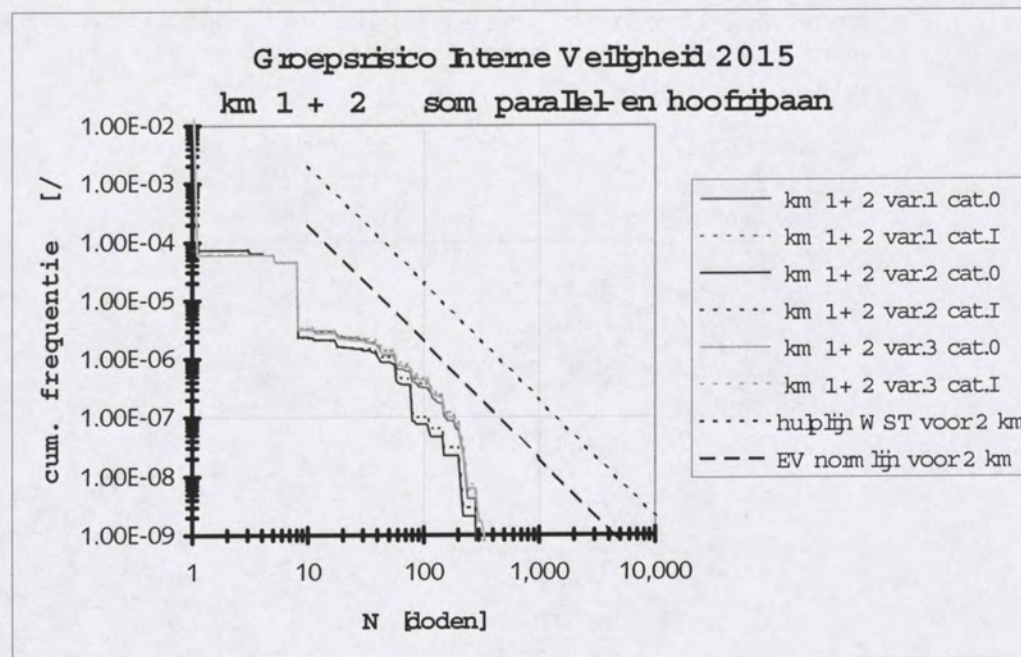
Figuur 9 Interne groepsrisico in 2015 op kilometer 1 (hoofdrij- én parallelbaan).



Figuur 10 Interne groepsrisico in 2015 op kilometer 2.



Figuur 11 Interne groepsrisico in 2015 op kilometer 2 (hoofdrif- én parallelbaan).



Figuur 12 Interne groepsrisico in 2015 op kilometer 1 + 2 (hoofdrif- én parallelbaan).

6.2 Externe veiligheid

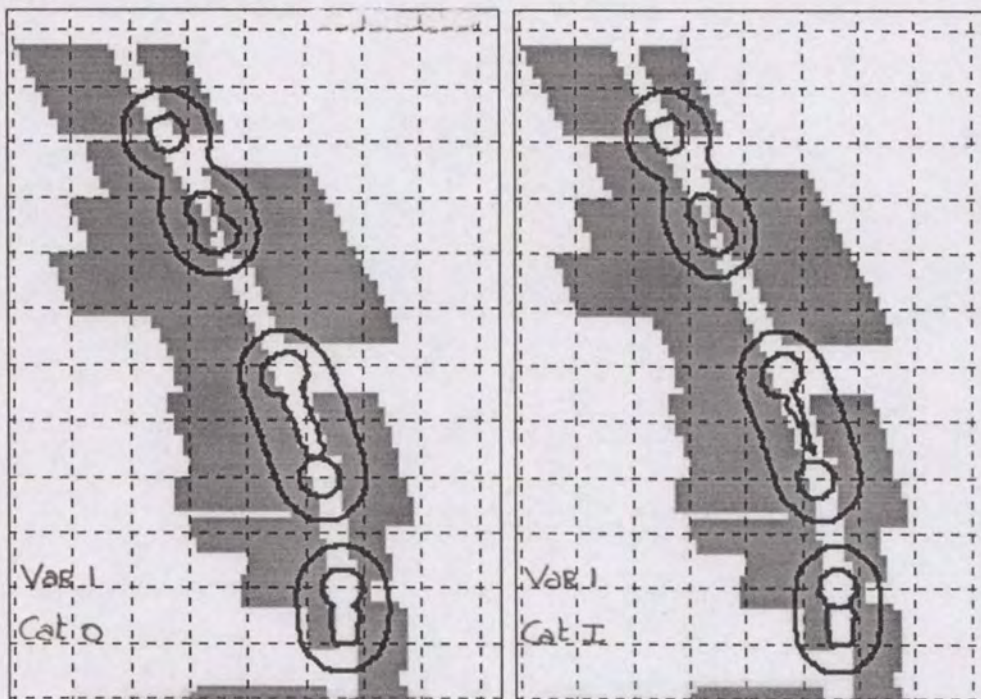
6.2.1 Individueel Risico

De risicocontouren van de toekomstige situatie (2015) zijn opgenomen in Figuur 13, Figuur 14 en Figuur 15 (bij alle figuren is de buitenste contour de 10^{-8} contour en de binnenste de 10^{-7} contour).

Geen van de varianten heeft een 10^{-6} risicocontour, zodat de norm van het individueel risico bij geen van de varianten wordt overschreden.

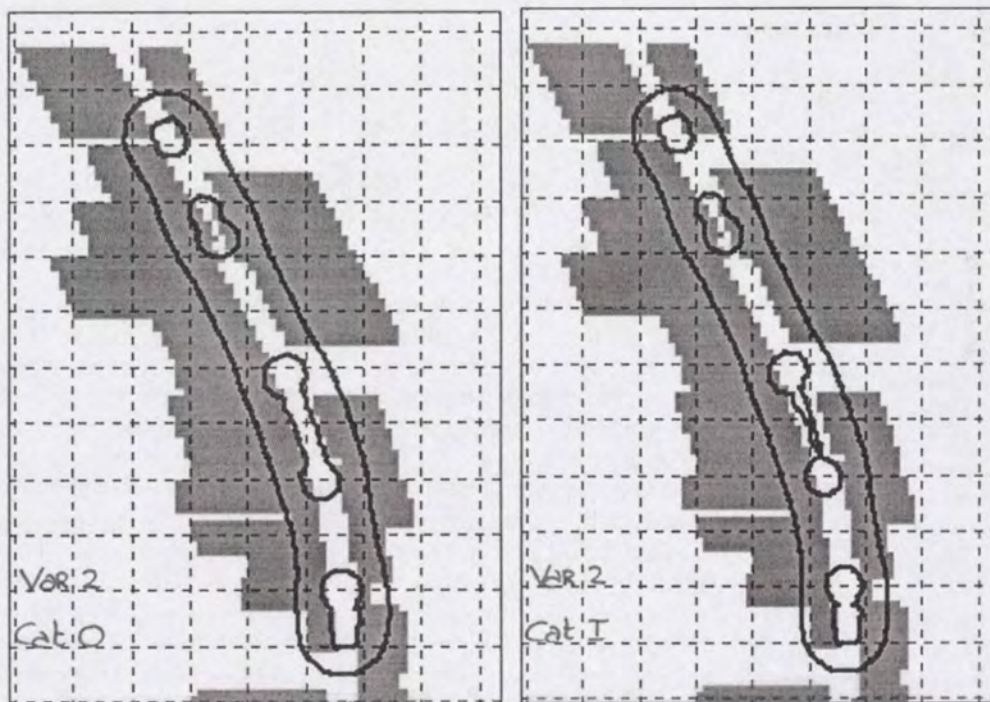
Het individueel risico van variant 2 is, zoals ook op basis van de sleuven in de overkappingen te verwachten viel, het hoogst. Het risico van variant 2 met de categorie I parallelbanen ligt iets lager dan dat van variant 2 met alleen categorie 0 rijbanen, hetgeen in de lijn der verwachting ligt omdat de afstand tussen de woonbebouwing en de weg waarover de stofklasse GF wordt vervoerd iets groter is. Het individueel risico van variant 1 met alleen categorie 0 wegen is lager dan de risico's van variant 2. Het individueel risico van variant 1 met de categorie I parallelbanen en variant 3 met de categorie I parallelbanen is gelijk, aangezien bij de risicoanalyse is aangenomen dat de overkapping over de hoofdrijbaan (die alleen de vluchtstrook overkapt) geen extra bescherming oplevert ten gevolge van uitstromingen van stofklasse GF. Variant 3 met alleen categorie 0 rijbanen heeft, zoals op grond van de hoge mate van overkappen en het feit dat het transport van de stofklasse GF deels op de parallelbanen plaatsvindt, te verwachten viel, het laagste individuele risico.

Het individueel risico wordt voor het grootste deel veroorzaakt door de stofklasse GF, waarbij de grootste bijdrage binnen deze stofklasse geleverd wordt door de stofcategorie GF3.

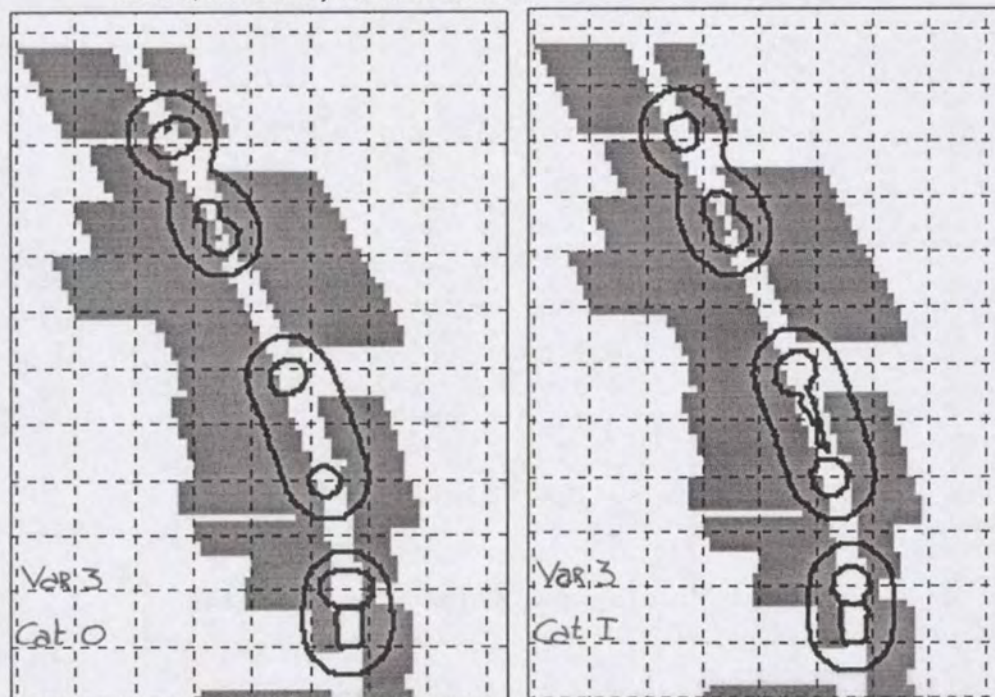


Figuur 13 Individueel risico variant 1 in 2015 (links: beide rijbanen categorie 0; rechts: hoofdrijbaan categorie 0 en parallelbaan categorie I).

(Grijs: de gemodelleerde bebouwing, witte deel ertussen is de A2, buitenste lijnen 10^{-8} contour, binnenste lijnen 10^{-7} contour).



Figuur 14 Individueel risico variant 2 in 2015 (links: beide rijbanen categorie 0; rechts: hoofdrijbaan categorie 0 en parallelbaan categorie I).
(Grijs: de gemodelleerde bebouwing, witte deel ertussen is de A2, buitenste lijnen 10^{-8} contour, binnenste lijnen 10^{-7} contour).



Figuur 15 Individueel risico variant 3 in 2015 (links: beide rijbanen categorie 0; rechts: hoofdrijbaan categorie 0 en parallelbaan categorie I).
(Grijs: de gemodelleerde bebouwing, witte deel ertussen is de A2, buitenste lijnen 10^{-8} contour, binnenste lijnen 10^{-7} contour).

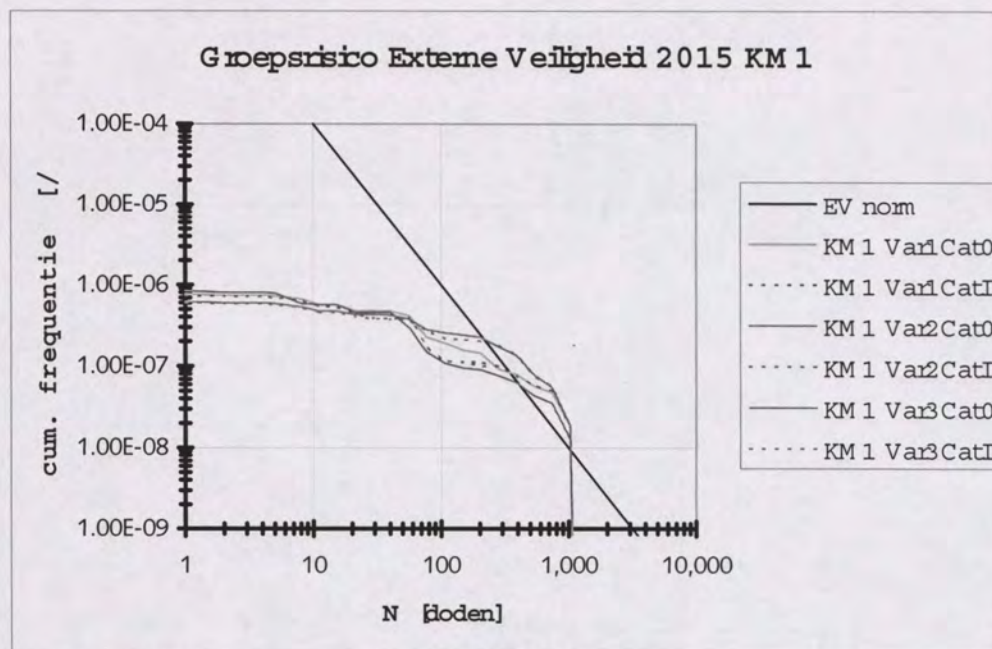
6.2.2 Groepsrisico

In Figuur 16 en Figuur 17 zijn de externe groepsrisico's per kilometervak en in Figuur 18 de gesommeerde groepsrisico's ten gevolge van het transport van gevaarlijke stoffen opgenomen.

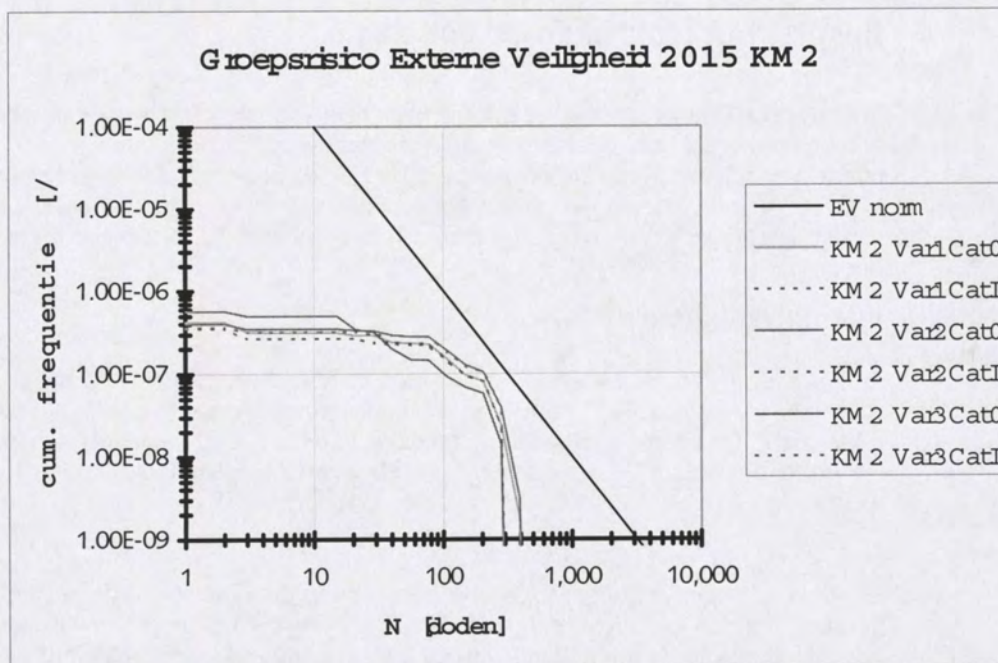
Op het eerste kilometervak wordt bij alle varianten de norm van het groepsrisico overschreden, doordat voor dit deel van Leidsche Rijn hoge concentraties bewoners en werknemers op korte afstand van de weg zijn gepland (met name rondom wegdeel B). Een dergelijke overschrijding treedt op het tweede kilometervak niet op.

De groepsrisico's van variant 2 zijn (vanaf circa 50 doden), zoals ook op basis van de sleuven in de overkappingen te verwachten viel, het hoogst. Het externe groepsrisico van variant 2 met de categorie I parallelbanen is vrijwel gelijk aan het externe groepsrisico van variant 2 met alleen categorie 0 rijbanen, maar ligt voor enkele slachtofferaantallen (N) wel iets lager. Het groepsrisico van variant 1 ligt (vanaf circa 50 doden) tussen de andere varianten in. Het groepsrisico van variant 1 met alleen categorie 0 rijbanen ligt hierbij hoger dan het groepsrisico van variant 1 met de categorie I parallelbanen. Het laagste groepsrisico (vanaf circa 50 doden) treedt op bij variant 3. Hierbij ligt het groepsrisico van variant 3 met de categorie I parallelbanen hoger dan de variant met alleen categorie 0 rijbanen, aangezien bij deze variant alle transporten van de stofklasse GF over de hoofdrijbaan plaatsvinden en er dus geen "afscherming" voor de omgeving optreedt ten gevolge van de overkapping op de parallelbaan. Aangezien bij de risicoanalyse is aangenomen dat de overkapping over de hoofdrijbaan (die alleen de vluchtstrook overkapt) geen extra bescherming oplevert ten gevolge van uitstromingen van stofklasse GF, is het groepsrisico van variant 3 met de categorie I parallelbanen identiek aan het groepsrisico van variant 1 met de categorie I parallelbaan.

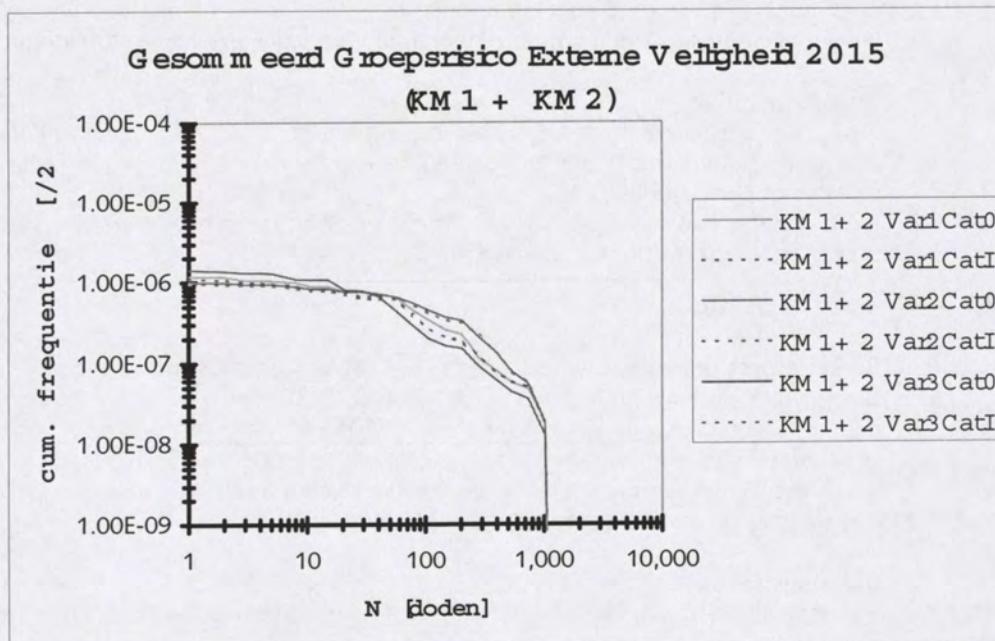
Het externe groepsrisico wordt voor het grootste deel veroorzaakt door de stofklasse GF, waarbij de grootste bijdrage binnen deze stofklasse geleverd wordt door de stofcategorie GF3.



Figuur 16 Externe groepsrisico in 2015 op kilometer 1.



Figuur 17 Externe groepsrisico in 2015 op kilometer 2.



Figuur 18 Gesommeerde externe groepsrisico in 2015 (kilometer 1 en 2).

7. Bespreking resultaten en conclusie

In dit rapport zijn de interne en externe veiligheid voor de toekomstige situatie (2015) van het integratiedeel van de A2 met de Vinex-bouwlocatie Leidsche Rijn onderzocht door middel van risicoanalyses. De overall conclusie van de analyse is dat de groepsrisiconorm per kilometer van de externe veiligheid op kilometervak 1 bij alle varianten wordt overschreden en dat de overige risico's (zowel interne als externe veiligheid) niet overschreden worden/te hoog zijn.

7.1 Interne veiligheid

Bij het aspect interne veiligheid is het risico voor de weggebruikers ten gevolge van het transport van gevaarlijke stoffen en branden van voertuigen onder de overkappingen onderzocht. De interne veiligheid is uitgedrukt in twee risicomaten: verwachtingswaarde en (intern) groepsrisico. De verwachtingswaarde geeft het gemiddeld aantal doden per jaar weer en het groepsrisico geeft inzicht in mogelijke rampsituaties.

Verwachtingswaarde

De verwachtingswaarde per kilometer per jaar van de extra slachtoffers (ten gevolge van voertuigbranden en uitstroming van gevaarlijke stoffen) is in alle gevallen lager dan de verwachtingswaarde ten gevolge van de gewone ongevallen. Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat de verwachtingswaarden van de varianten 1 en 3 relatief hoog zijn, hetgeen veroorzaakt wordt door het ontbreken van een ventilatiesysteem onder de overkappingen van de wegdelen A en E.

De verwachtingswaarden worden met name veroorzaakt door de stofcategorie GF3.

Intern groepsrisico

Op geen der kilometervakken van de varianten (zelfs niet bij sommatie van beide kilometervakken) treedt een overschrijding van de normlijn van de externe veiligheid of de Westerschelde hulplijn op.

Deze groepsrisico's worden op alle wegdelen (ook de geheel overkapte wegdelen) met name veroorzaakt door de stofcategorie GF3.

7.2 Externe veiligheid

Bij het aspect externe veiligheid is de veiligheid van de naast de weg aanwezige personen ten gevolge van het transport van de gevaarlijke stoffen over de wegen onderzocht. Dit risico is uitgedrukt in de risicomaten individueel risico en (extern) groepsrisico. Het individueel risico geeft de kans per jaar weer om naast de weg te overlijden ten gevolge van een ongeval met het transport van gevaarlijke stoffen op de weg, het groepsrisico geeft ook hier de kans op een ramp weer.

Individueel risico

Het individueel risico overschrijdt voor de toekomstige situatie bij geen enkele variant de norm.

Het individueel risico wordt met name veroorzaakt door de stofcategorie GF3.

Extern groepsrisico

De norm voor het groepsrisico wordt, voor de toekomstige situatie, bij kilometervak 1 bij alle varianten overschreden. De oorzaak is een erg dichte bebouwing vlak langs (en over) het beschouwde wegdeel (met name het atriumgebouw rond wegdeel B). De grootste bijdrage aan de overschrijding wordt geleverd door het transport van brandbare gassen; met name de stofcategorie GF3. De externe veiligheid, voor de toekomstige situatie, voldoet bij kilometervak 2 voor alle varianten aan de norm voor het groepsrisico.

7.3 Aanvullende vragen

Tevens is getracht antwoord te geven op additionele vragen, op basis waarvan de plaats en uitvoering van de overkappingen en de invulling van het bouwprogramma Leidsche Rijn nader zijn aan te geven.

1. welk (positief) effect hebben de ontluichtings-/explosiesleuven op de interne veiligheid.
2. welk (negatief) effect hebben de ontluichtings-/explosiesleuven op de externe veiligheid.
3. wat is de meest gunstige positie van de ontluichtings-/explosiesleuven in het dwarsprofiel.
4. wat is de minimaal benodigde "sleufbreedte" van het dwarsprofiel.
5. wat is voor de dichte delen zonder sleuven de maximaal toelaatbare lengte waarbij de kans op een LPG gaswolk explosie te verwaarlozen is.
6. wat is de minimaal vereiste lengte van een open deel tussen twee dichte delen (zonder sleuven) met maximaal toelaatbare lengte.

Hierover kan het volgende worden opgemerkt:

1. De ontluichtings-/explosiesleuven hebben in deze risicoanalyse slechts een zeer beperkt effect op de interne veiligheid (omdat de hart-op-hart afstand van de vluchtdeuren 50 m is, zodat de voertuigbranden nauwelijks tot een verhoging van het interne risico van de geheel gesloten wegdelen leiden). De verwachtingswaarde voor geheel gesloten overkappingen met een ventilatiesysteem ligt in dezelfde orde van grootte als de verwachtingswaarde van de overkappingen met de ontluichtings-/explosiesleuven. (Het verschil in de interne veiligheid van de varianten 1 en 3 met variant 2 wordt in zijn geheel veroorzaakt door het ontbreken van een ventilatiesysteem onder de geheel gesloten overkappingen op de wegdelen A en E).
2. De ontluichtings-/explosiesleuven hebben een negatief effect op de externe veiligheid; zowel het individuele als groepsrisico voor variant 2 ligt hoger dan bij de overige varianten. Dit wordt met name veroorzaakt doordat bij deze variant de bevolking langs de gehele route mogelijk slachtoffer van een ongeval met gevaarlijke stoffen op de weg kan worden, terwijl de bevolking in de buurt van de geheel gesloten overkappingen door deze overkappingen "beschermd" wordt.
3. In deze studie is geen aandacht besteed aan andere posities van de ontluichtings-/explosiesleuven, zodat op basis van de huidige studie geen antwoord op deze vraag gegeven kan worden.
4. In deze studie is geen aandacht besteed aan de minimaal benodigde "sleufbreedte" van het dwarsprofiel. Wel kan worden opgemerkt dat de afdeling Tunnelbouw van de Bouwdienst als vuistregel een minimum van 30-40% "open" hanteert in het dak van een overkapping om te voorkomen dat deflagraties overgaan in detonaties.
5. De kans op een explosie van een LPG gaswolk is vrijwel onafhankelijk van de lengte van de overkapping. Gegeven een ongeval met een LPG druktankwagen, waarbij uitstroming van LPG optreedt zal in 80% van de gevallen directe ontsteking van de vrijkomende gaswolk optreden (dus ontsteking direct na de uitstroming) en in 20% van de gevallen zal een vertraagde ontsteking optreden (dus enige tijd na de uitstroming). Het effect van de explosie is wel afhankelijk van de lengte van de

overkapping, omdat door de opsluiting van de gaswolk een deflagratie kan overgaan in een detonatie. Informatie hierover is te vinden in [22].

6. In [22] is ook informatie opgenomen over de mogelijke lengte van de effecten van (LPG) gaswolken in en buiten de tunnel die bij een ongeval met uitstroming van LPG in een tunnel kunnen ontstaan.

7.4 Extra aanvullende vragen

Op verzoek van de directie Utrecht RWS zijn in de eindfase van dit project nog enkele aanvullende berekeningen uitgevoerd en aanvullende vragen beantwoord, zie bijlage 11 tot en met bijlage 14. Op basis van deze berekeningen en vragen kan het volgende geconcludeerd worden:

1. Indien de hoofdrij- en parallelbaan beiden als een 2 kilometer overkapping worden uitgevoerd (variant *) is het risico acceptabel en lager dan de risico's van de varianten 1 tot en met 3 (behalve voor het interne groepsrisico voor 100 of meer slachtoffers). De verwachtingswaarde van de interne veiligheid is gelijk aan $2.05 \cdot 10^{-4}$ (categorie 0) en $2.23 \cdot 10^{-4}$ (categorie I) en dus lager dan de verwachtingswaarden van de varianten 1 tot en met 3. Het interne groepsrisico ligt voor zowel de categorie 0 als categorie I uitvoering op beide kilometervakken (en de sommatie) voor 1 tot 10 slachtoffers ruim onder de groepsrisico's van de varianten 1 tot en met 3, voor 10-100 slachtoffers is het groepsrisico vergelijkbaar met deze varianten en voor 100-1000 slachtoffers is het groepsrisico hoger. Bij deze variant neemt, zoals te verwachten was op basis van de lengte van de overkapping, ook het maximaal aantal slachtoffers toe tot circa 500-600 bij een cumulatieve frequentie van $10^{-9}/\text{km/jr}$ (maximaal 200-300 slachtoffers bij de overige varianten).

Ten gevolge van de lange overkapping is het individuele risico van deze variant beperkt tot een kleine risicocontour aan het begin- en eind van de overkapping. De hierbij berekende 10^{-6} contour ligt geheel op de weg, zodat de norm van het individueel risico niet overschreden wordt. Het externe groepsrisico voldoet nu voor beide kilometervakken aan de norm voor het groepsrisico en is veel lager dan het groepsrisico van variant 1 tot en met 3.

2. Op basis van punt 1 zou men tot de conclusie kunnen komen dat variant * de meest veilige variant is. Op basis van de in deze rapportage doorgerekende varianten is deze conclusie correct, maar er dient wel de volgende kanttekening bij gemaakt te worden: Indien onder de korte overkappingen van 200 en 300 m (wegdelen A en E) van de varianten 1 en 3 wel een ventilatiesysteem wordt geïnstalleerd zal het interne risico dalen en lager liggen dan het interne risico van variant *. Het interne groepsrisico van de varianten 1 en 3 zal beperkt dalen, maar de verwachtingswaarde zal circa een factor 1000 dalen. Het aanbrengen van het ventilatiesysteem heeft echter geen invloed op de externe veiligheid, zodat de normoverschrijding van het externe groepsrisico op kilometervak 1 hiermee niet kan worden opgelost.
3. Indien het uitgangspunt van het niet optreden van een file op de A2 (ten gevolge van een hoge verkeersintensiteit en/of het optreden van een ongeval buiten het hier beschouwde studiegebied) niet correct is zal het interne risico voor alle varianten toenemen, omdat het aantal aanwezigen op de weg dan hoger is. Voor het externe risico heeft het al dan niet optreden van een file geen gevolgen voor de hoogte van het risico. Op basis van extra berekeningen die zijn uitgevoerd in bijlage 12, waarbij werd aangenomen dat er 0.5 of 1 maal per spitsperiode (per etmaal) een file ontstaat, is gebleken dat de invloed van een dergelijke file beperkt is. Voor de korte overkappingen zonder ventilatie (wegdelen A en E) bleek de invloed voor zowel het interne groepsrisico als de verwachtingswaarde gering te zijn. Indien deze overkappingen met een ventilatiesysteem worden uitgevoerd zal de verwachtingswaarde circa 2 maal zo groot worden. Voor variant * is de invloed van het optreden van een dergelijke file groter; de verwachtingswaarde neemt met een

factor 5-20 toe en bij de interne groepsrisico's neemt de kans op grotere aantallen slachtoffers toe.

4. Het verschuiven van het atriumgebouw (bebouwing langs wegdeel B) tot op grotere afstand van de wegas heeft geen gevolgen voor de interne veiligheid. De gevolgen voor de externe veiligheid zijn vooral merkbaar op kilometervak 1. Verschuiving van het atriumgebouw (en de daarachter gelegen bebouwing) 25 m verder vanaf de wegas zal naar verwachting de overschrijding van de groepsrisico normlijn van variant 3 categorie 0 te niet doen. Verschuiving over 50 m zal naar verwachting ook de overschrijdingen van de normlijn van de varianten 3 categorie I en beide categorieën van variant 1 te niet doen, terwijl zelfs een verschuiving van 75 m de groepsrisico overschrijding van de variant 2 niet kan oplossen. Voor variant 2 zullen derhalve ook maatregelen in de trant van verlaging van de geplande bevolkingsconcentraties en/of een verschuiving van de bebouwing naast de wegdelen O, A en C nodig zijn om op kilometervak 1 te kunnen voldoen aan de norm van het groepsrisico.
5. Het effect van het niet beschouwen van de niet-relevante uitstromingen > 100 kg (dit zijn de uitstromingen die kleiner zijn dan de wel beschouwde continue uitstroming en bij de externe veiligheid volgens consensus niet beschouwd worden vanwege de verwaarloosbare bijdrage aan het risico) in de risicoanalyse zal geen gevolgen hebben voor de externe veiligheid en hooguit een kleine verhoging van het interne groepsrisico (voor slachtofferaantallen tussen de 1 en 10) en de verwachtingswaarde kunnen opleveren.
6. Indien onder de overkappingen de scheidingswand tussen de hoofdrij- en parallelbaan wordt weggelaten is het (bij ongewijzigde ongevalskansen, verkeersintensiteiten, en dergelijke) de verwachting dat het interne risico zowel qua kans als qua slachtofferaantallen zal toenemen (vanwege de grotere kans om - indirect- betrokken te raken bij de gevolgen van een ongeval of brand, de toename van het aantal aanwezigen onder de overkapping en de afname in vluchtmogelijkheden, die samen meer effect zullen hebben dan de verlaging van de concentraties van vrijgekomen stoffen ten gevolge van de toename in doorsnede van de overkapping).
7. Ten gevolge van een verhoging van de verkeersintensiteit op de A2 zal:
 - het in- en externe veiligheidsrisico stijgen indien de verkeersintensiteit voor alle voertuigen in gelijke mate stijgt (inclusief het transport van gevaarlijke stoffen), waarbij mogelijk ook het totaal aantal slachtoffers toeneemt.
 - de gemiddelde kans op een (letsel)ongeval mogelijk hoger (ten gevolge van afname in overzichtelijkheid van de weg) of lager (ten gevolge van congestie - en bijbehorende lagere snelheden en grotere oplettendheid van bestuurders-) worden.
 - de in- en externe veiligheid nauwelijks wijzigen indien er alleen een stijging van het aantal transporten van brandbare en toxische vloeistoffen optreedt.
 - het in- en externe veiligheidsrisico hoger worden bij een stijging van alleen de aantallen transporten van brandbare gassen.
8. In opdracht van het projectbureau Leidsche Rijn is door TNO een contra expertise uitgevoerd (zie bijlage 15).

Naar aanleiding hiervan zijn voor de externe veiligheid aangepaste berekeningen uitgevoerd (zie bijlage 16). De resultaten van deze berekeningen geven aan dat de invloed van de aanpassingen op het externe risico minimaal zijn.

Met betrekking tot de interne veiligheid is een tekstuele reactie gegeven (zie bijlage 17.1) en zijn aanvullende, conservatievere berekeningen uitgevoerd (zie bijlage 17.2). Bij deze aanvullende berekeningen wijzigt de verwachtingswaarde van de varianten 1 en 3 nauwelijks, terwijl er wel een stijging van de verwachtingswaarde optreedt voor de geheel overkapte variant (variant *). De groepsrisico's nemen ook toe, waarbij ook hier de grootste toename bij variant * optreedt. De hoogte van het groepsrisico wordt hierbij

echter niet zodanig dat op voorhand gesteld kan worden dat het groepsrisico onaanvaardbaar is, zeker gezien de conservatieve aannamen.

8. Referenties

- [1] Ministerie VROM
Nota: Omgaan met Risico's (de risicobenadering in het milieubeleid)
Den Haag, 18 april 1989
- [2] Tweede Kamer
Brief van de ministers van VROM en V&W en de nota "Risico-Normering Vervoer Gevaarlijke Stoffen"
vergaderjaar 1995-1996, 24 611, nr. 1 en 2, 15 februari 1996
- [3] Ministerie van Verkeer en Waterstaat
Tweede Structuurschema Verkeer en Vervoer
SDU uitgeverij, Den Haag, 1990.
- [4] Ministeries VROM, LNV en EZ
Nationaal Milieubeleidsplan (NMP): kiezen of verliezen,
SDU, Den Haag, 1989 (Tweede Kamer, vergaderjaar 1988-1989, 21 137, nr. 1-2) [ISBN 90-12-06076-1]
- [5] Ministeries VROM, EZ, LNV en V&W
Nationaal Milieubeleidsplan - plus (NMP+)
SDU, Den Haag, 1990 (Tweede Kamer, vergaderjaar 1989-1990, 21 137 nr. 20-21) [ISBN 90-12-06928-9]
- [6] Ministerie VROM
Nationaal Milieubeleidsplan 2 (NMP2): milieu als maatstaf
Den Haag, 1993 (geïllustreerde versie van Kamerstuk II, vergaderjaar 1993/94, 23 560, nr. 1-2)
- [7] Directoraat-generaal Vervoer, Directie Goederenvervoer
Brief aan de minister betreffende overkappingen en ondertunneling van rijkswegen in relatie tot het transport van gevaarlijke stoffen
Den Haag, conceptversie 10 september 1996
- [8] Directeur-generaal van de Rijkswaterstaat
Brief aan de HID's met de interne richtlijn voor tunnels, overkappingen en gevaarlijke stoffen
Den Haag, kenmerk IO 97/1503, conceptversie 20 januari 1997
- [9] Ministerie van Verkeer & Waterstaat, VROM en Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties
Veiligheid Vervoer over de Weg Handreikingen (voor de bepaling van interne- en externe veiligheidsrisico's bij zwaar verkeer, inclusief het transport van gevaarlijke stoffen)
Bouwdienst, projectnummer VVWA-R-99.004, 4 januari 1999.
- [10] *Eindrapportage Veiligheid Westerscheldetunnel*
Ministerie van Verkeer en Waterstaat, ministerie van Binnenlandse Zaken en KMW, rapportnummer WSTBD-970568, Utrecht, 18 april 1997
- [11] G.A.M. Golbach
Tellingen transport gevaarlijke stoffen en zwaar verkeer A2
Adviesgroep AVIV BV, project 99203, 13 april 1999, Enschede

- [12] *Systematiek voor indeling van stoffen ten behoeve van risicoberekeningen bij het vervoer van gevaarlijke stoffen; 2^e editie*
Adviesgroep AVIV BV, Enschede, 1999
- [13] M.M. Kruiskamp
Tracé/Mer-studie RW2 Passage Maastricht: Probleemanalyse interne- en externe veiligheid,
Bouwdienst RWS, rapport PASSAGE-WL-R-98.5625, 7 december 1998, Utrecht
- [14] G. Tiemessen, A. Schulenberg
VeVoWeg Pilot 4: N-weg Halfweg
Adviesgroep AVIV BV, projectnummer. 98143, Enschede, 20 maart 1998 (concept)
- [15] C. Leutscher en J. Bergmans
Carmen2: Verkeersintensiteiten hoofd-/parallelbanen en aansluitingen (prognose 2015)
Gemeente Utrecht en RWS directie Utrecht, datum 13 juli 1998, Utrecht
- [16] P. van den Breemer
Interne mededeling Bebouwing A2
Gemeente Utrecht, 30 juni 1999, Utrecht
- [17] J. Knulst
Email aan S.W.M. Coopmann betreffende ongevalsfrequenties
10 juni 1999, Utrecht
- [18] *Tekening UTPO-1998-11-493: Voorkeursdwarsprofielen integratiegedeelte*
RWS, directie Utrecht, 10 november 1998, Utrecht
- [19] *Tekening 101-A2L-61-003A: Situaties, overzicht plangebied Leidsche Rijn, km 52.6-63.4*
RWS, directie Utrecht, 18 mei 1999, Utrecht
- [20] *Tekening 3303A1_BK_TEC_BWD_02.LEID02: Lengteprofiel 'droge ligging'*
RWS, Bouwdienst, 20 april 1999, Utrecht
- [21] *Aanzet tot een berekeningsmethodiek voor in- en extern risico bij overkappingen (ABIETO)*
Ingenieurs/adviesbureau SAVE, rapport 982223-C54, november 1998, Apeldoorn
- [22] A.C. van den Berg, B. Nelemans
Advies inzake de lengte van een open deel in een tunnel met betrekking tot beperking van explosieschade
TNO Prins Maurits Laboratorium, rapport PML 1999 C90, Rijswijk, juni 1999

- [23] Werkgroep Ventilatie Autotunnels
 Ventilatie van autotunnels: aanbevelingen 1991
 KIVI Afdeling Tunneltechniek en Ondergrondse Werken, Bouwdienst RWS,
 Utrecht, juli 1991

- [24] InterProvinciaal Overleg
 Handleiding voor het opstellen en beoordelen van een extern
 veiligheidsrapport (EVR)
 Project A73, Den Haag, april 1994

- [25] *Gebruikershandleiding SAVE II Windows versie 2.25*
 Ingenieurs/adviesbureau SAVE, rapport 971849-911, Apeldoorn, november
 1997

- [26] M. Molag, A. Ragetlie, L.P.Sluijs, T. Wiersma
 Conceptueel risicoanalyse model voor transport door wegtunnels
 (CUR/COB onderzoeksrapport N110-03)
 TNO-MEP, rapport TNO-MEP-R97/228, Apeldoorn, april 1998

- [27] T. Wiersma, M. Molag, A.C. van den Berg
 Contra expertise Interne en Externe Veiligheid A2 Leidsche Rijn
 TNO-MEP, rapport TNO-MEP-R2002/020, Apeldoorn, januari 2002

Bijlage

1. Begrippenlijst

Bestaande situatie

De bestaande situatie is de situatie van de transportroute, met de stroom gevaarlijke stoffen die vervoerd wordt, en haar omgeving.

Blast effect

Overdruk effect ten gevolge van een explosie.

BLEVE

Boiling liquid expanding vapour explosion. Een BLEVE is de fysische explosie van een onder druk aanwezige vloeistof of tot vloeistof verdicht gas ten gevolge van het bezwijken van een omhulling, waardoor (een gedeelte van) de expanderende vloeistof vrijwel instantaan overgaat in dampvorm. Bij brandbare stoffen gaat dit meestal gepaard met de vorming van een vuurbal. Het bezwijken van de omhulling kan veroorzaakt zijn door een mechanische beschadiging of door verhitting van het vat, waarbij in het laatste geval een stijging van de dampdruk en vaak een verzwakking van het materiaal van de omhulling optreedt.

Bovenexplosiegrens

De hoogste concentratie van een brandbaar gas in lucht waarbij na ontsteking nog een explosieve verbranding kan optreden.

Bronsterkte

Hoeveelheid vrijgekomen stof per tijdseenheid.

Categorie 0 tunnel/overkapping

Tunnel/overkapping waardoor alle gevaarlijke stoffen vervoerd mogen worden, die ook op de open weg zijn toegestaan.

Categorie I tunnel/overkapping

Tunnel/overkapping waardoor het transport van gevaarlijke stoffen die in bulk getransporteerd worden en mogelijk tot een explosie kunnen leiden (tot vloeistof verdichte en gekoelde gassen en explosieven) verboden is.

Conditionele vervolgsans

Kans op een bepaalde gebeurtenis gegeven een initiële gebeurtenis.

Continue uitstroming

Uitstroming waarbij de inhoud van een tank door een gat in een wand uitstroomt, in tegenstelling tot instantaan vrijkomen.

Deflagratie

In een brandbaar gas/lucht mengsel met een samenstelling tussen de explosiegrenzen (het zogenaamde explosiegebied) begint bij de toevoer van een geringe hoeveelheid energie (bijvoorbeeld een vonk) een reactieproces. De temperatuurverhoging van de reagerende gassen resulteert in een overdruk, die schade kan veroorzaken buiten de gaswolk. De snelheid waarmee het vlamfront zich verplaatst is in het algemeen enkele tientallen tot enkele honderden meters per seconde.

Detonatie

Een vorm van explosie waarbij de reactie in het gas/lucht mengsel wordt gegenereerd door een schokgolf. Het reactiefront plant zich hierbij met supersone snelheid (enige kilometers per seconde) voort.

Directe ontsteking

Het bij het begin van de uitstroming van een brandbare gevaarlijke stof ontsteken (in brand raken) van de uitstromende stof.

Dispersie

De verspreiding in en de opmenging met het medium waarin een stof is vrijgekomen.

Effect

De chemische of fysische uitwerking van een ongewenste gebeurtenis, waarbij de omgeving nog niet in rekening wordt gebracht. Het effect wordt daarom gegeven in termen als warmtebelasting (bij brand), verloop van de druk in de tijd (bij explosie), verloop van de concentratie in de omgeving en in de tijd (bij toxische stoffen), enz.

Etmaalintensiteit

Aantal (motor-)voertuigen dat per etmaal (een bepaald (tel)punt op) een wegverbinding passeert.

Explosie

Het plotseling, heftig vrijkomen van energie bij de snelle verbranding van een brandbaar gas/lucht mengsel, waarbij een drukdiscontinuïteit of een drukgolf vrijkomt die schade buiten de gaswolk kan veroorzaken. Onderscheiden worden een deflagratie en een detonatie. Bij een deflagratie verplaatst het vlamfront van de verbranding zich in het algemeen met enkele tientallen tot honderden meters per seconden. Bij een detonatie wordt een schokgolf gegenereerd; dit reactiefront plant zich met supersone snelheid (enige kilometers per seconde) voort.

Explosiedruk

Maximale overdruk die tijdens een explosieproces wordt bereikt.

Explosiegebied

Het concentratiedomein tussen de onderste (LEL) en bovenste (UEL) explosiegrens. (Bij koolwaterstoffen veelal 1-8 volumepercenten).

Externe veiligheid

Veiligheid van de naast een transportroute of stationaire installatie (waar gevaarlijke stoffen vervoerd, geproduceerd, enz. worden) aanwezige personen in woonbebouwing, openbare gebouwen, industrieterreinen, enz.

Fakkel

Ook toortsbrand. Brand die optreedt bij directe ontsteking van continu uitstromend (tot vloeistof verdicht) gas of verdichte gassen.

Flashfire

Ook wolkbrand genoemd. De langzame verbranding van een brandbaar damp/lucht mengsel zonder dat daarbij een significante drukgolf wordt gegenereerd.

fN curve

Dubbellogaritmische grafiek van het groepsrisico, waarbij het aantal slachtoffers op de X-as en de cumulatieve frequentie op de Y-as wordt uitgezet.

Frequentie

Het aantal malen dat een bepaalde gebeurtenis per tijdseenheid, afgelegde afstand, handeling, enz. voorkomt.

Gebeurtenissenboom

Schematische weergave van combinaties van gebeurtenissen, waarin alle mogelijke gevolgen van een gegeven gebeurtenis worden gepresenteerd.

Gesommeerd groepsrisico

Het gesommeerde groepsrisico is de sommatie van het groepsrisico over alle kilometervakken van een onderzochte route binnen een studiegebied. Door een begin- en eindpunt voor de bepaling van het gesommeerde groepsrisico op de transportroute vast te stellen, kan dit risico als maat voor de vergelijking van het groepsrisico van routevarianten gebruikt worden.

Gevaarlijke stof

Stoffen die op grond van hun brandbaarheid en/of toxiciteit slachtoffers kunnen opleveren, wanneer de gevaarlijke stof na een ongeval uitstroomt en zich in de omgeving verspreidt.

GF (Gas Flammable)

Stofklasse van de brandbare gassen. In het studiegebied wordt binnen deze stofklasse de stofcategorieën GF2 en GF3 getransporteerd. De stofcategorie GF2 wordt gevormd door brandbare gassen met een kookpunt tussen de 253 en 273 K en een kritische temperatuur bij atmosferische druk tussen de 400 en 440 K; de voorbeeldstof van deze stofcategorie is butaan. De stofcategorie GF3 wordt gevormd door brandbare gassen met een kookpunt tussen de 182 en 253 K en een kritische temperatuur bij atmosferische druk tussen de 293 en 400 K; de voorbeeldstof van deze stofcategorie is propaan.

Grenswaarde

Wettelijk vastgestelde norm die niet mag worden overschreden.

Groepsrisico externe veiligheid

De frequentie per jaar per kilometer transportroute dat een groep van 10 of meer personen naast de transportroute in één keer het (dodelijk) slachtoffer wordt van een ongeval op die transportroute. Het groepsrisico geeft daarom de aandachtspunten op transportroutes aan waar zich mogelijk een ramp (veel slachtoffers naast de weg ten gevolge van een ongeval op de weg) kunnen voordoen.

Groepsrisico interne veiligheid

De frequentie per jaar per kilometer transportroute dat een groep personen van één of meer personen op die transportroute in één keer het slachtoffer wordt van een ongeval op die transportroute. Het groepsrisico geeft de aandachtspunten op transportroutes waar zich mogelijk een ramp kan voordoen.

Hoofdtransportas

De hoofdtransportassen verbinden de in de Vierde Nota over Ruimtelijke Ordening genoemde stedelijke knooppunten en de mainports Rotterdam en Schiphol met elkaar en met het achterland

Individueel risico

Het individueel risico is de frequentie per jaar dat een persoon, die zich continu en onbeschermd op een bepaalde plaats naast een transportroute bevindt, overlijdt ten gevolge van een ongeval met het transport van gevaarlijke stoffen op die route. Door punten met eenzelfde risico met een lijn te verbinden verkrijgt men de iso-risicocontouren, waarmee het individueel risico op een topografische kaart kan worden weergegeven. Het individueel risico leent zich daarmee goed voor het vaststellen van een veiligheidszone tussen een transportroute en kwetsbare bestemmingen, zoals woonwijken.

Initiële ongevalsfrequentie wegtransport

De frequentie van verkeersongevallen, uitgedrukt per voertuigkilometer per jaar.

Interne veiligheid

De interne veiligheid betreft de veiligheid op een weg als gevolg van het zwaar verkeer (vrachtverkeer) en het vervoer van gevaarlijke stoffen op die weg. De veiligheid is gerelateerd aan mogelijke slachtoffers onder weggebruikers en aan mogelijke directe materiële schade en wordt weergegeven met een verwachtingswaarde en het groepsrisico.

Instantaan uitstroming

Het in één keer vrijkomen van de inhoud.

Kilometervak

Deel van een weg (of wegen) met een lengte van één kilometer.

Kwetsbare bestemming

Een kwetsbare bestemming is een object waarvoor op grond van externe risico's gezondeerd moet worden. Afhankelijk van de aard van het object moet in meer of mindere mate afstand worden aangehouden tot de risico opleverende activiteit.

Letaal

Dodelijk.

Letselongeval

Ongeval waarbij letsel is opgetreden, hierbij worden zowel de ongevallen gerekend waarbij gewonden als doden zijn gevallen.

LF (Liquid Flammable)

Stofklasse van de brandbare vloeistoffen. In het studiegebied wordt binnen deze stofklasse de stofcategorieën LF1 en LF2 getransporteerd. De stofcategorie LF1 wordt gevormd door brandbare vloeistoffen met een vlampunt boven de 296 K; de voorbeeldstof van deze stofcategorie is heptaan. De stofcategorie LF2 wordt gevormd door brandbare vloeistoffen met een vlampunt onder de 296 K; de voorbeeldstof van deze stofcategorie is pentaan.

LT (Liquid Toxic)

Stofklasse van de toxische vloeistoffen. In het studiegebied wordt binnen deze stofklasse de stofcategorieën LT1 en LT2 getransporteerd. De stofcategorie LT1 wordt gevormd door toxische vloeistoffen met:

- een LC_{50} tussen de 10 en 100 ppm én een kooktemperatuur boven de 373 K én een dampspanning bij 20°C onder de 10 mbar óf
- een LC_{50} tussen de 100 en 1000 ppm én een kooktemperatuur tussen de 353 en 373 K én een dampspanning bij 20°C tussen de 10 en 50 mbar óf
- een LC_{50} tussen de 1000 en 5000 ppm én een kooktemperatuur tussen de 323 en 353 K én een dampspanning bij 20°C tussen de 50 en 200 mbar;

de voorbeeldstof van deze stofcategorie is acrylnitril. De stofcategorie LT2 wordt gevormd door toxische vloeistoffen met:

- een LC_{50} onder de 10 ppm én een kooktemperatuur boven de 373 K én een dampspanning bij 20°C onder de 10 mbar óf
- een LC_{50} tussen de 10 en 100 ppm én een kooktemperatuur tussen de 353 en 373 K én een dampspanning bij 20°C tussen de 10 en 50 mbar óf
- een LC_{50} tussen de 100 en 1000 ppm én een kooktemperatuur tussen de 323 en 353 K én een dampspanning bij 20°C tussen de 50 en 200 mbar óf
- een LC_{50} tussen de 1000 en 5000 ppm én een kooktemperatuur tussen de 303 en 323 K én een dampspanning bij 20°C tussen de 200 en 700 mbar;

de voorbeeldstof van deze stofcategorie is propylamine. (De LC_{50} is de ihl, rat, 1 uur).

Nieuwe situatie

Transportroute waarbij een nieuwe route of nieuwe kwetsbare bestemmingen worden aangelegd of waarbij een significante verandering in de transportstroom is opgetreden.

Onderexplosiegrens

De laagste concentratie van een brandbaar gas in lucht waarbij na ontsteking nog een explosieve verbranding kan optreden.

Ongevalsequentie

(=initiële frequentie) Kans van optreden van een eerste gebeurtenis welke uiteindelijk mogelijk tot falen van apparatuur of verpakking leidt. Kans op het betrokken raken van een voertuig bij een ongeval per gereden kilometer of de kans op het optreden van een ongeval per kilometer (eerste gebaseerd op het aantal bij ongevallen betrokken voertuigen en verkeersprestatie, tweede op aantal opgetreden ongevallen en verkeersprestatie).

Oppervlakteruwheidslengte

Deze is bepaald als 1/30ste van de gemiddelde hoogte van de obstakels in een gebied van ongeveer 2 km wind opwaarts van de bron en is van invloed op de verspreiding van gassen in de atmosfeer.

Oriënterende waarde

Vastgestelde norm waarvan overschrijding zoveel mogelijk moet worden vermeden.

Pasquill klasse

De onderverdeling van de stabiliteit van de atmosfeer gebaseerd op de windsnelheid (op 10 m hoogte), bewolkingsgraad, seizoen, tijdstip van de dag en stabiliteit in een zestal klasse A tot en met F. Bij klasse A is de verdunning bij dispersie het grootst, bij klasse F het kleinst. Klasse A wordt wel aangeduid met "zeer onstabiel", D met "neutraal" en F met "zeer stabiel".

Plasbrand

De verbranding van een stof die uit een vloeistoflaag onder de vuurhaard verdampt.

Probit

Grootheid verkregen via de statistische transformatie van een percentage; heeft een grote gevoeligheid in het gebied rond 50% en een kleinere gevoeligheid in de buurt van 0 en 100%.

Ramp

Gebeurtenis waardoor ernstige verstoring van de algemene veiligheid ontstaat, waarbij het leven en de gezondheid van vele personen dan wel grote materiële belangen in ernstige mate worden bedreigd en waarbij een gecoördineerde inzet van diensten en organisaties van verschillende disciplines is vereist.

RDM-coördinaten

De coördinaten van de rijksdriehoeksmeting; deze coördinaten worden gebruikt op topografische kaarten (en in GIS bestanden).

Risico

Begrip dat de mate van onveiligheid aangeeft; opgebouwd uit de frequentie op en de gevolgen van een (of meer) ongewenste gebeurtenis(sen).

Risicoanalyse

Berekeningsmethodiek waarmee de (in- en/of externe) veiligheid kan worden bepaald.

Risicocontour

Lijn op een topografische kaart die punten met een gelijk individueel risico met elkaar verbindt

Routeren

Het omleiden van het transport van (bepaalde categorieën) gevaarlijke stoffen via een in de zin van veiligheid en af te leggen afstand volwaardige (parallelle) alternatieve route.

SAVE II

Computerprogramma waarmee de verspreiding van gevaarlijke stoffen berekend en risicoanalyses kunnen worden uitgevoerd.

Scenario

Veronderstelde loop van gebeurtenissen.

Slachtoffer

Een persoon welke ten gevolge van een beschouwd effect gewond raakt of dodelijk wordt getroffen.

Stabiliteitsklasse

De onderverdeling van de stabiliteit van de atmosfeer gebaseerd op de windsnelheid (op 10 m hoogte), bewolkingsgraad, seizoen, tijdstip van de dag en stabiliteit in een zestal klasse A tot en met F. Bij klasse A is de verdunning bij dispersie het grootst, bij klasse F het kleinst. Klasse A wordt wel aangeduid met "zeer onstabiel", D met "neutraal" en F met "zeer stabiel".

Stofcategorie(-indeling)

Indeling van gevaarlijke stoffen op basis van voor de externe veiligheid relevante stoffeigenschappen (o.a. vluchtigheid, brandbaarheid, toxiciteit) ten behoeve van de risicoberekening. Bij de indeling worden de volgende hoofdgroepen (stofklassen) onderscheiden: brandbare en toxische gassen (respectievelijk GF en GT), brandbare en toxische vloeistoffen (respectievelijk LF en LT) en explosieven (E). Deze lettercode wordt gevolgd door een nummer dat de mate van gevaarlijkheid binnen de stofcategorie aangeeft: hoe hoger het nummer, des te gevaarlijker de stof. Per stofcategorie kunnen de risico's van het vervoer met de voor die stofcategorie geldende voorbeeldstof worden doorgerekend.

Stofklasse

Zie stofcategorie, GF, LF en LT.

Stratificatie

Bij een brand in een tunnel/overkapping zullen de rookgassen opstijgen tot aan het tunneldak en zich dan langzaam in één (bij werkende ventilatie) of twee (bij niet-werkende of geen ventilatie) richting(en) langs het tunneldak verspreiden. Dit verschijnsel, waarbij de rook(gassen) in een laag onder het tunneldak hangen, wordt stratificatie genoemd. De stratificatie eindigt wanneer de rook(gassen) zover zijn afgekoeld dat deze naar de bodem van de tunnel zakken (en vervolgens meestal door de brand zullen worden aangezogen).

TunPrim.xls

Excel programma ontwikkeld door de Bouwdienst waarmee het interne risico in tunnels/overkappingen berekend kan worden. Op dit moment wordt dit model intern gecontroleerd, daarna zal een project opgestart worden om consensus over dit model in Nederland te verkrijgen zodat het als standaard voor tunnelberekeningen gebruikt kan worden

Verkeersintensiteit

Aantal passerende motorvoertuigen per etmaal.

Vertraagde ontsteking

Ontsteking van een gaswolk tijdens de dispersie, dus enige tijd na het vrijkomen van de gevaarlijke stof.

Verwachtingswaarde

Het gemiddeld aantal doden, het gemiddeld aantal gewonden of de gemiddelde materiële schade in guldens (voertuigen inclusief lading, infrastructuur) per jaar voor een locatie (bijvoorbeeld een kilometervak, wegvak, route, gemeente, etc.). De verwachtingswaarde is een maat voor de veiligheid van de beschouwde locatie.

Vuurbal

Het atmosferische verbranden van een brandstof/lucht wolk waarbij de energie voornamelijk wordt geëmitteerd door stralingswarmte. De kern van de wolk bestaat voornamelijk uit brandstof; de buitenste laag uit een brandbaar brandstof/lucht mengsel. Wanneer de turbulentie krachten van de warme gassen gaan overheersen stijgt de brandende wolk op en wordt bolvormig.

Weertype

Representatieve combinatie van stabiliteitsklasse en windsnelheid.

Weggebruiker

Alle verkeersdeelnemers op de weg en op de aan de weg gekoppelde verblijfplaatsen zoals parkeerplaatsen.

Wolkbrand

Ook flashfire genoemd. De snelle verbranding van een brandbaar damp/lucht mengsel na vertraagde ontsteking, zonder dat daarbij een significante drukgolf wordt gegenereerd

Zwaar gas

Een gas met een dichtheid hoger dan die van de omgevingslucht.

Bijlage

2. Het studiegebied

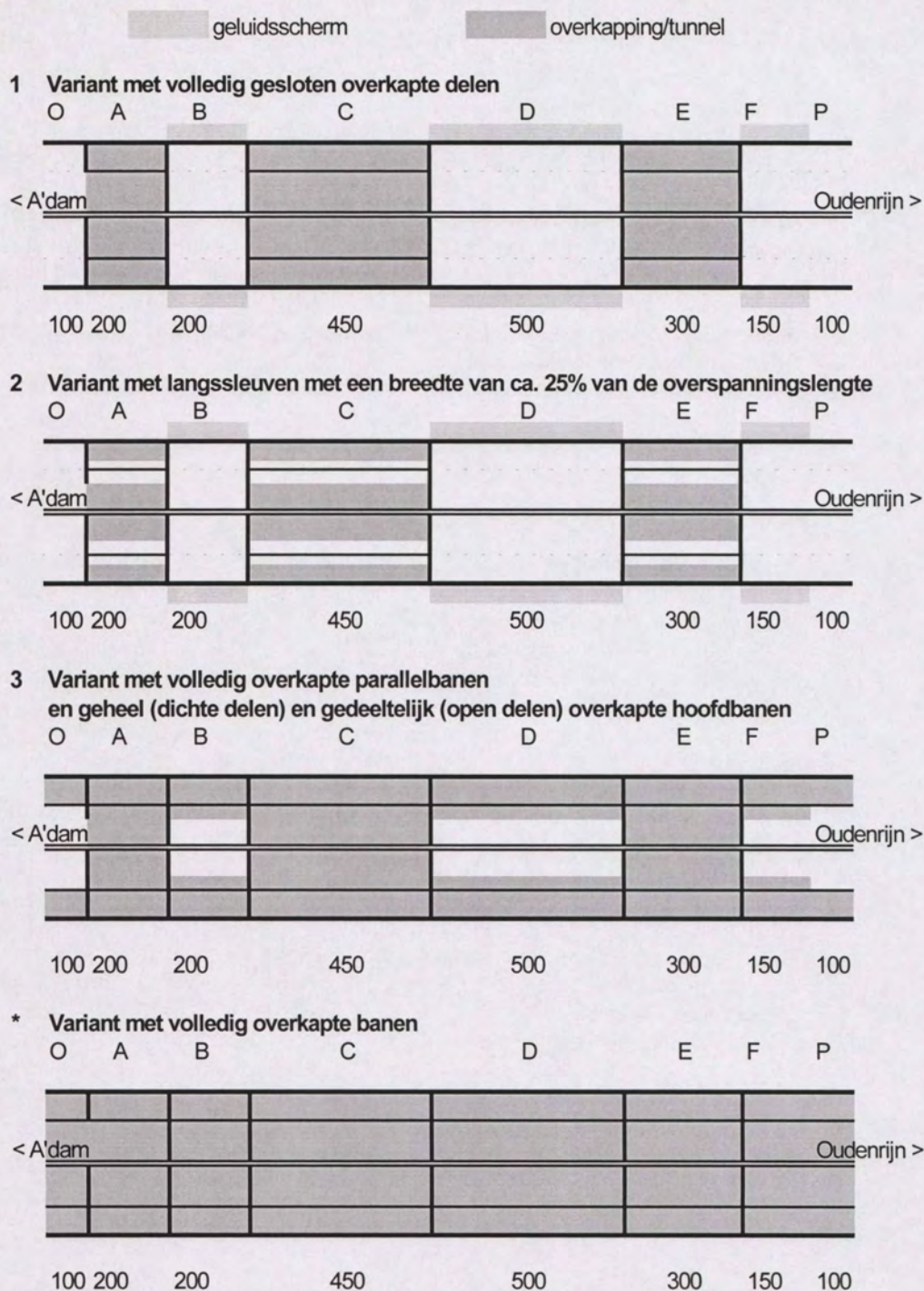
In het kader van de integratie van de A2 met de Vinex-bouwlocatie Leidsche Rijn dient de huidige configuratie van de A2 te worden gewijzigd. Hierbij wordt de configuratie van de A2 tussen de NRU (Noordelijke Randweg Utrecht) en verkeersplein Oudenrijn gewijzigd in een systeem met hoofdrij- en parallelbanen met een dimensionering van 2-3-3-2-stroken met vluchtstroken, langsriolering en een middelstijve geleiderail (conform D. voorkeursdwarsprofiel van [18]). Voor de aspecten interne en externe veiligheid wordt het deel van de A2 tussen Hooggelegen en de Spoorlaan als studiegebied genomen. Hierbij wordt de volgende indeling van de A2 aangehouden [15]:

- wegdeel O: open toerit ten noorden van het spoor Utrecht - Woerden van ca. 100 m lengte bij de maaiveldvariant.
- wegdeel A: dicht deel van 200 m lengte, eventueel met ontluchttings-/explosiesleuven in langsrichting.
- wegdeel B: open deel van 200 m lengte, met rondom hoge bebouwing.
- wegdeel C: dicht deel van 450 m lengte, eventueel met ontluchttings-/explosiesleuven in langsrichting.
- wegdeel D: open deel van 500 m lengte, met geluidsschermen.
- wegdeel E: dicht deel van 300 m lengte, eventueel met ontluchttings-/explosiesleuven in langsrichting.
- wegdeel F: open toerit ten noorden van de watergang Leidsche Rijn van ca. 150 m lengte, met geluidsschermen.
- wegdeel P: open toerit ten noorden van de watergang Leidsche Rijn van ca. 100 m lengte, met geluidsschermen.

Hierbij zal alleen in de dichte delen langer dan 300 m een ventilatiesysteem worden aangebracht.

De door te rekenen varianten van de hierboven vermelde indeling van de A2 in deze studie worden gevormd door [15] en Figuur 19:

1. variant met volledig gesloten overkapte (dichte) delen.
 2. variant met langssleuven (lamellenroosters) met een breedte van ca. 25% van de overspanningslengte van de dichte delen.
 3. variant met volledig overkapte (dichte) delen én een volledig gesloten overkapping van de parallelbaan en een gedeeltelijke overkapping van de hoofdrijbaan ter hoogte van de "open" delen.
- *. Extra variant met geheel overkapte hoofdrij- en parallelbanen.



Figuur 19 De in deze studie beschouwde oplossingsrichtingen.

Bijlage

3. RDM-coördinaten van de wegdelen

Op basis van [20] zijn de RDM-coördinaten van de wegdelen en de 2 kilometervakken binnen het studiegebied bepaald. Deze coördinaten zijn opgenomen in Tabel 4; waarbij west de rand van de weg in de richting Amsterdam - Oudenrijn is en oost de rand van de weg in de tegenovergestelde richting is.

RDM coördinaten	WEST		MIDDEN		OOST	
	X	Y	X	Y	X	Y
begin km 1	132997	456887	133031	456902	133065	456918
begin tunnel 1	133039	456796	133073	456811	133107	456827
eind tunnel 1	133124	456614	133158	456630	133192	456646
begin tunnel 2	133208	456433	133242	456449	133277	456466
eind tunnel 2	133398	456025	133433	456041	133468	456058
grens km 1 en km 2	133417	455979	133452	455994	133487	456010
midden tunnel 2 en 3	133489	455809	133523	455820	133557	455832
begin tunnel 3	133559	455565	133597	455574	133635	455583
eind tunnel 3	133605	455278	133647	455282	133689	455287
midden tun3 en Hoogg.	133614	455145	133655	455145	133696	455146
einde km 2	133620	455022	133660	455023	133701	455025
begin Hooggelegen	133623	454960	133663	454962	133704	454964
ziekenhuis	133517	454444	133557	454444	133597	454444
ziekenhuis	133493	454358	133533	454358	133573	454358

Tabel 4 RDM-coördinaten van de wegdelen en kilometervakken in het studiegebied.

Bijlage

4. De meteorologische gegevens van Soesterberg

De onderverdeling van de meteorologische data van Soesterberg over de windrichtingen en stabiliteitsklassen uit [9] wordt in onderstaande tabellen weergegeven. Bij de stabiliteitsklassen worden 3 verschillende Pasquill klassen (B, D en F) onderscheiden, die een maat voor de stabiliteit van de atmosfeer zijn (B - onstabiel, D- neutraal en F - stabiel). Per Pasquill klasse worden 3 windsnelheden onderscheiden (1.5, 4 en 8 m/s).

Stab.kl.	N-NO	NO-O	O-ZO	ZO-Z	Z-ZW	ZW-W	W-NW	NW-N	totaal
B - 1.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B - 4.0	0.047	0.033	0.028	0.021	0.024	0.021	0.024	0.020	0.219
B - 8.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D - 1.5	0.025	0.017	0.015	0.024	0.035	0.024	0.020	0.019	0.179
D - 4.0	0.042	0.025	0.022	0.033	0.069	0.066	0.059	0.035	0.349
D - 8.0	0.022	0.016	0.011	0.012	0.041	0.076	0.052	0.024	0.253
F - 1.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
F - 4.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
F - 8.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
totaal	0.136	0.091	0.076	0.089	0.169	0.187	0.155	0.098	1.000

Tabel 5 De meteorologische data van Soesterberg overdag.

Stab.kl.	N-NO	NO-O	O-ZO	ZO-Z	Z-ZW	ZW-W	W-NW	NW-N	totaal
B - 1.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B - 4.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B - 8.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D - 1.5	0.030	0.022	0.021	0.036	0.046	0.030	0.022	0.019	0.225
D - 4.0	0.025	0.025	0.018	0.031	0.056	0.046	0.023	0.016	0.241
D - 8.0	0.006	0.010	0.005	0.011	0.032	0.042	0.016	0.005	0.129
F - 1.5	0.052	0.046	0.042	0.049	0.048	0.028	0.026	0.027	0.317
F - 4.0	0.014	0.018	0.012	0.009	0.013	0.010	0.007	0.004	0.089
F - 8.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
totaal	0.127	0.121	0.099	0.136	0.195	0.156	0.094	0.071	1.000

Tabel 6 De meteorologische data van Soesterberg 's nachts.

Bijlage

5. De transportaantallen van de gevaarlijke stoffen

In [11] en Tabel 7 zijn de resultaten van de tellingen van de aantallen transporten van gevaarlijke stoffen op het wegvak Maarssen-Breukelen van de A2 opgenomen.

Stofcategorie	tellocatie [vtg/jaar]		totaal 1999 [vtg/jaar]
	naar Utrecht	naar A'dam	
GF2	81	0	81
GF3	1219	975	2194
LF1	2558	2291	4849
LF2	3150	2340	5490
LT1	426	202	628
LT2	233	0	233
bulk geen oranje bord	0	650	650
VN nummer niet waargenomen	799	410	1209
niet relevant	3710	3896	7606
stukgoed	8288	5850	14138
totaal	20464	16614	37078

Tabel 7 Aantallen transport van gevaarlijke stoffen uit [11].

De bulktransporten zonder oranje bord en de bulktransporten waarvan het VN nummer niet is waargenomen, worden op basis van de getelde aantallen transporten, over de geregistreerde stofcategorieën verdeeld. Daarnaast wordt aangenomen dat de in [13] en [14] gehanteerde voorspelling voor de groei van het transport van gevaarlijke stoffen in de periode 1995-2010 ook voor de periode 1999-2015 kan worden gebruikt. (Deze voorspelling houdt het volgende in: Voor het transport van gevaarlijke stoffen wordt een gemiddelde groei van 2% per jaar aangehouden, waarbij deze groei voor het transport van motorbrandstoffen genuanceerd wordt. Voor het transport van motorbrandstoffen wordt voor de categorie LF1 (heptaan), LF2 (pentaan), GF2 (butaan) en GF3 (propan) een groei van respectievelijk 60%, 10%, 10% en 10% verondersteld. Voor de overige categorieën wordt uitgegaan van 35%). Dit levert de aantallen transporten van gevaarlijke stoffen in 2015, zie Tabel 8.

stofcategorie	geteld in 1999 [vtg/jaar]	bijdrage niet geregistreerd in 1999 [vtg/jaar]	groei 1999- 2015 [%]	totaal 2015 [vtg/jaar]
GF2	81	11	10	101
GF3	2194	303	10	2747
LF1	4849	669	60	8829
LF2	5490	757	10	6872
LT1	628	87	35	965
LT2	233	32	35	358

Tabel 8 Aantallen transporten van gevaarlijke stoffen in 2015.

Bijlage

6. De bevolking voor de externe veiligheid in SAVE II

In [16] zijn bevolkingsdichtheden van de bevolkingsblokken per hectare opgenomen. Daar het wegprofiel 10 meter breder wordt ten opzichte van [16] is de afstand van de bebouwing tot de middenas van de weg met 10 meter vergroot. Daarnaast is aangenomen dat in de dagsituatie 70% van de bewoners en 100% van de werknemers (in de kantoren, voorzieningen en detailhandel) aanwezig zijn. 's Nachts is 100% van de bewoners en 0% van de werknemers aanwezig. Dit levert de in Tabel 9 opgenomen bevolkingsdichtheden voor de dag en nacht, wanneer aangenomen wordt dat de A2 een rechte weg (oriëntatie noord-zuid) is.

	E3 west	E3 oost	G1	G2	G4	G5 noor d	G5 zuid dicht	G6	G7	G8	G11 a
lengte	300	300	200	200	200	200	200	200	400	400	200
afstand	55	55	155	55	220	70	145	40	70	250	215
diepte rechts		140						40	180	180	
diepte links	300		140	100	230	150	70	40			400
bewoners/ha			89	116	34	159	159		145	76	83
kantoor pers/ha	300	300	200	56	18			200			23
detailh pers/ha				144		293		200			59
voorz pers/ha					87						21
pers/ha totaal	300	300	289	316	138	452	159	400	145	76	186
pers/ha dag	300	300	263	281	128	404	112	400	102	53	161
pers/ha nacht	0	0	89	116	34	159	159	0	145	76	83

	G12a	G12b	G13 noord dicht	G13 zuid	G14	G15	G17a	G17b dicht	G18	G19a	G19b/ c
lengte	300	300	450	50	200	200	450	100	450	100	100
afstand	145	125	55	55	55	235	55	55	55	125	55
diepte rechts					180	220			210		100
diepte links	220	320	90	90			70	100		400	100
bewoners/ha	119	89	79	81	126	68	48	63	91	71	136
kantoor pers/ha			200	200				275			
detailh pers/ha											
voorz pers/ha											
pers/ha totaal	119	89	279	281	126	68	48	338	91	71	136
pers/ha dag	83	62	255	256	88	48	34	319	64	50	95
pers/ha nacht	119	89	79	81	126	68	48	63	91	71	136

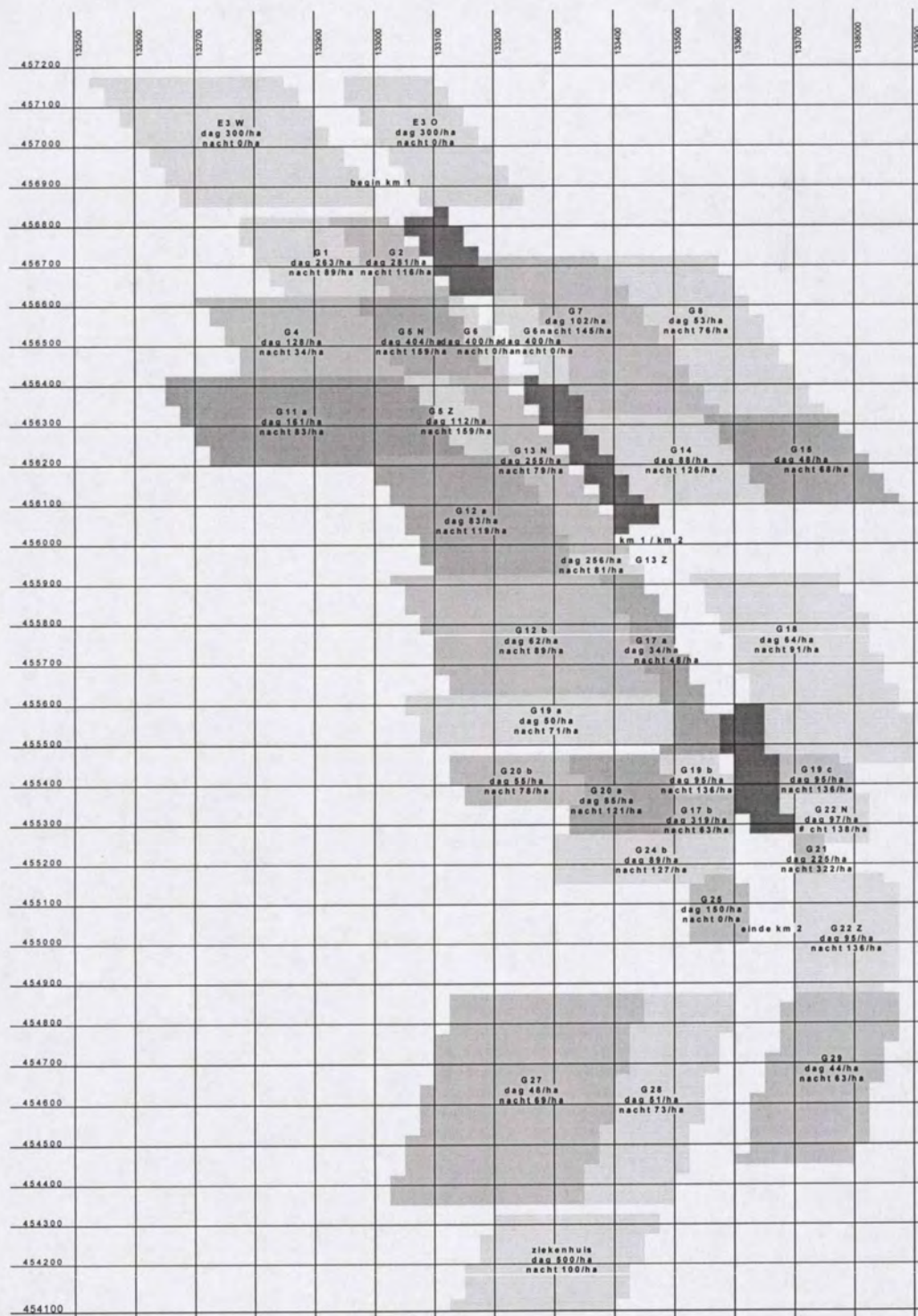
	G20a	G20b	G21	G22 noord dicht	G22 zuid	G24b	G25	G27	G28	G29	zie- ken- huis
lengte	200	100	100	100	300	100	150	500	500	400	200
afstand	155	305	55	55	55	55	55	205	55	55	55
diepte rechts			40	110	140					170	
diepte links	150	180				280	70	300	150		250
bewoners/ha	121	78	322	138	136	127		69	73	63	
kantoor pers/ha											
detailh pers/ha											
voorz pers/ha							150				500
pers/ha totaal	121	78	322	138	136	127	150	69	73	63	500
pers/ha dag	85	55	225	97	95	89	150	48	51	44	500
pers/ha nacht	121	78	322	138	136	127	0	69	73	63	100

Tabel 9 Bevolkingsdichtheden per hectare voor de geplande wijken langs de A2.

In werkelijkheid is de A2 echter niet recht. Hiervoor moet worden gecorrigeerd. Bij deze correctie is aangenomen dat de ligging van de bevolkingsgebieden in noord-zuid richting niet zal wijzigen; de bevolkingsgebieden zullen alleen ten gevolge van de ligging van de

weg in oost-west richting kunnen opschuiven. Doordat de A2 nu "schuin" ten opzichte van de bevolking komt te liggen, treedt ten gevolge van deze correctie een kleine verschuiving van de bevolkingsblokken ten opzichte van de ligging van de overkappingen op de A2 op. Aangezien op grond van de hoge bevolkingsdichtheid direct langs wegdeel B wordt verwacht dat eventuele groepsrisico overschrijdingen op kilometervak 1 zullen plaatsvinden, is de ligging van overkapping 1 (wegdeel A) en overkapping 2 (wegdeel C) ten opzichte van wegdeel B niet gewijzigd. Hierdoor schuift de ligging van kilometer 2 ten opzichte van de bevolking 50 (in het noorden) tot 100 (in het zuiden) m op ten opzichte van de bevolkingsblokken. Hierdoor komt bevolkingsblok G21, dat een relatief hoge bevolkingsdichtheid heeft, nu net aan het einde van overkapping 3 te liggen (ligt naast overkapping 3 in de uitwerking met de A2 als rechte weg), waardoor het in deze rapportage berekende groepsrisico van kilometer 2 enigszins conservatief (hoger) zal zijn. Bij deze uitwerking van de bevolkingsgegevens zijn ook de tot nu toe gebruikte coördinaten omgezet in de RDM-coördinaten. De RDM-coördinaten van de A2 zijn gegeven in Tabel 4. In Figuur 20 is de gehanteerde bevolkingsindeling weergegeven. Aangezien de bevolkingsfiles in SAVE II maximaal 100 grids lang en/of breed mogen zijn, wordt de bevolking in twee aparte files gemodelleerd:

- bevolking Noord (kilometer 1): ZW punt (132500, 454800) en NO punt (134200, 457300).
- bevolking Zuid (kilometer 2): ZW punt (132500, 454100) en NO punt (134200, 456600).



Figuur 20 Ligging van de bevolkingsblokken ten opzichte van de A2.
(zwarte delen zijn de geheel/gedeeltelijk overkapte wegdelen A, C en E).

Bijlage

7. De modellering van de weggebruikers als "bevolking"

De verkeersintensiteiten op de A2 tussen Hooggelegen en de Spoorlaan zijn overgenomen uit [15] en opgenomen in Tabel 10.

verkeers- intensiteit	parallelbaan A'dam-Oudenrijn	hoofrijbaan A'dam-Oudenrijn	hoofrijbaan Oudenrijn-A'dam	parallelbaan Oudenrijn-A'dam
vtg/etmaal	20000	52600	50500	20900

Tabel 10 Verkeersintensiteiten in 2015.

periode	duur [uren]	alle verkeer [% etmaalintensiteit]	vrachtverkeer [% van alle verkeer]
spits	4	29.65	8.7
dag	12	60.30	11.4
nacht	8	10.05	19.05
etmaal	24	100.00	11.4

Tabel 11 De duur en percentages van de etmaal-verkeersintensiteit van alle verkeer en het vrachtverkeer per periode.

In [15] en Tabel 11 zijn de duur en percentages van al het verkeer en het vrachtverkeer op basis van de etmaal intensiteit opgenomen voor de perioden dag, spits en nacht. Echter in [11] is opgenomen dat 20% van het vrachtverkeer (inclusief het transport van gevaarlijke stoffen) gedurende de nacht plaatsvindt, daarom wordt Tabel 11 enigszins aangepast. Dit levert de percentages in Tabel 12.

dagdeel intensiteit	duur [uren]	alle verkeer [% etmaalintensiteit]	vrachtverkeer [% van alle verkeer]
spits	4	29.65	8.55
dag	12	60.3	11.37
nacht	8	10.05	20
etmaal	24	100	11.4

Tabel 12 De duur en percentages van de etmaal-verkeersintensiteit van alle verkeer en (aangepast) het vrachtverkeer per periode.

Op basis van Tabel 10 en Tabel 12 kunnen dan de verkeersintensiteiten van het personen- en vrachtverkeer per periode per rijbaan bepaald worden. Dit is opgenomen in Tabel 13.

2015 [vtg/uur]	parallelbaan A'dam-Oudenrijn	hoofrijbaan A'dam-Oudenrijn	hoofrijbaan Oudenrijn-A'dam	parallelbaan Oudenrijn-A'dam
totaal spits	1483	3899	3743	1549
personenauto's	1356	3566	3423	1417
vrachtverkeer	127	333	320	132
totaal dag	1005	2643	2538	1050
personenauto's	891	2343	2249	931
vrachtverkeer	114	301	289	119
totaal nacht	251	661	634	263
personenauto's	201	529	508	210
vrachtverkeer	50	132	127	53

Tabel 13 Verkeersintensiteiten per uur van het personen- en vrachtverkeer per periode per rijbaan.

De verdeling van de aantallen transporten van gevaarlijke stoffen over de rijbanen wordt op dezelfde wijze uitgevoerd onder de aanname dat de verdeling van deze transporten over de rijbanen evenredig is aan de verdeling van het totale verkeer over de rijbanen (dus aantal transporten van een stofcategorie per rijbaan = totaal aantal transporten van de stofcategorie * verkeersintensiteit van de rijbaan / som van de verkeersintensiteiten van alle rijbanen). De verdeling van de transportaantallen van een stofcategorie over de perioden vindt plaats op basis van het percentage vrachtverkeer per periode uit Tabel 12. Het percentage vrachtverkeer is het product van het percentage van de verkeersintensiteit per etmaal van alle verkeer tijdens de periode en het percentage vrachtverkeer op basis van alle verkeer. Dit levert voor de periode spits, dag en nacht respectievelijk 2.5%, 6.9% en 2.0%, omdat het totaal van het vrachtverkeer 11.4% van alle verkeer bedraagt. Omwerken van deze percentages naar een totaal van 100% vrachtverkeer levert de te gebruiken percentages per periode (voor spits, dag en nacht respectievelijk 22.2%, 60.1% en 17.6%). Dit is opgenomen in Tabel 14; onderaan in de tabel is voor de transporten van gevaarlijke stoffen in de categorieën GF2 en GF3 het aantal transporten per jaar per rijbaan opgenomen in het geval de parallelbaan als een categorie I overkapping bestempeld wordt.

2015 [vtg/jaar]	parallelbaan A'dam-Oudenrijn	hoofrijbaan A'dam-Oudenrijn	hoofrijbaan Oudenrijn-A'dam	parallelbaan Oudenrijn-A'dam
GF2 totaal	14	37	35	15
GF2 spits	3	8	8	3
GF2 dag	8	22	21	9
GF2 nacht	2	7	6	3
GF3 totaal	382	1003	963	399
GF3 spits	85	223	214	89
GF3 dag	229	603	579	240
GF3 nacht	67	177	170	70
LF1 totaal	1226	3225	3096	1281
LF1 spits	273	717	688	285
LF1 dag	737	1939	1862	771
LF1 nacht	216	569	546	226
LF2 totaal	954	2510	2410	997
LF2 spits	212	558	536	222
LF2 dag	574	1510	1449	600
LF2 nacht	168	443	425	176
LT1 totaal	134	352	338	140
LT1 spits	30	78	75	31
LT1 dag	81	212	204	84
LT1 nacht	24	62	60	25
LT2 totaal	50	131	126	52
LT2 spits	11	29	28	12
LT2 dag	30	79	75	31
LT2 nacht	9	23	22	9
GF2 totaal (cat. I)	0	51	50	0
GF2 spits	0	11	11	0
GF2 dag	0	31	30	0
GF2 nacht	0	9	9	0
GF3 totaal (cat. I)	0	1385	1362	0
GF3 spits	0	308	303	0
GF3 dag	0	833	819	0
GF3 nacht	0	244	240	0

Tabel 14 De aantallen transporten van gevaarlijke stoffen per periode per jaar per rijbaan.

In [15] is opgenomen dat tijdens de spits gemiddeld 1.28 persoon/auto aanwezig is op de weg. De overige perioden is dit 1.37 persoon/auto. In een vrachtauto is tijdens alle

perioden gemiddeld 1 persoon/vrachtauto en in bussen (1% van al het verkeer) 22 personen/bus. Op basis van deze gegevens kan met behulp van Tabel 13 en de gemiddelde snelheid op de wegen (110 km/uur op de hoofdrijbaan en 90 km/uur op de parallelbaan) het gemiddeld aantal weggebruikers per kilometer per periode worden berekend in het geval er geen file op de weg staat. Daarnaast kan met behulp van de dichtheid van voertuigen in een file (berekend met behulp van [23] en de over het etmaal gemiddelde samenstelling van de voertuigen op de A2: 119.8 voertuigen per kilometer per rijstrook) ook het gemiddeld aantal aanwezige weggebruikers in een file worden bepaald. Dit is uitgewerkt in Tabel 15.

2015 [personen/ km rijbaan]	parallelbaan A'dam-Oudenrijn	hoofrijbaan A'dam-Oudenrijn	hoofrijbaan Oudenrijn-A'dam	parallelbaan Oudenrijn-A'dam
spits	24.1	51.9	49.8	25.2
dag	17.1	36.9	35.4	17.9
nacht	4.2	9.0	8.7	4.4
file	359.5	539.2	539.2	359.5

Tabel 15 Gemiddeld aantal aanwezige weggebruikers per periode met en zonder file.

Daarnaast dient ook de gemiddelde lengte van een file die achter een ongeval ontstaat te worden bepaald. Deze lengte hangt af van de tijd die nodig is om het verkeer achter een ongeval tot stoppen te dwingen (met behulp van het SOS-systeem en de matrixborden). Echter uit de praktijk is gebleken dat het stopzetten van het verkeer op enige afstand van het ongeval moeizaam is. De achteropkomende voertuigen worden door de matrixborden wel tijdig gewaarschuwd dat er iets aan de hand is, waardoor de kans op een secundair ongeval afneemt. Maar de voertuigen zullen toch direct achter het ongeval tot stilstand komen. Om die reden wordt de lengte van de file gebaseerd op een gemiddelde tijdsduur tot het optreden van een scenario van 5 minuten. Dit levert de in Tabel 16 opgenomen filelengtes.

2015 [km file/ rijbaan]	parallelbaan A'dam-Oudenrijn	hoofrijbaan A'dam-Oudenrijn	hoofrijbaan Oudenrijn-A'dam	parallelbaan Oudenrijn-A'dam
spits	0.52	0.90	0.87	0.54
dag	0.35	0.61	0.59	0.37
nacht	0.09	0.15	0.15	0.09

Tabel 16 Gemiddelde lengte van een file achter een ongeval.

Bijlage

8. De stoffeigenschappen van de voorbeeldstoffen

In het computerprogramma SAVE II zijn de volgende stoffeigenschappen van de voorbeeldstoffen per stofcategorie opgenomen (de dampspanningen -onderste rij- zijn aan de tabel toegevoegd).

voorbeeldstof		heptaan	pentaan	acryl- nitril	propyl- amine	butaan	propan
stofeigenschap	dim.	LF1	LF2	LT1	LT2	GF2	GF3
mol. massa	kg/kmol	100	72.2	53	59.1	58	44
kooktemp.	K	372	309	350	321	273	231
verd.warmte	MJ/kg	0.38	0.36	0.73	0.55	0.363	0.445
dichth. vloeistof	kg/m ³	680	632	783	723	601	585
soort. warmte	J/kgK	2200	2240	2260	2760	2300	2600
isent. exp. coëf.	-	1.1	1.1	1.15	1.1	1.11	1.13
dyn. viscositeit	μPa.s	0	0	0	0	0.71	7.95
verbr.warmte	MJ/kg	45	45	23	37	46	46.5
onderste expl.gr.	vol%	1.1	1.4	3	2	1.5	2.1
bovenste expl.gr.	vol%	7	8	17	10.4	8.5	9.5
MAC waarde	mg/m ³	0	0	9	5	1400	0
probit a	kg/m ³ , s	0	0	5.25	8.5	0	0
b		0	0	1	1	0	0
n		0	0	1.3	2	0	0
dampsp. (293 K)	bar	0.048	0.573	0.124	0.329	2.1	9

Tabel 17 De stoffeigenschappen van de voorbeeldstoffen.

Bijlage

9.

De modellering van de uitstroombenarario's

De benarario's van de op de A2 getransporteerde stofcategorien op de open wegdelen zijn hieronder in Tabel 18 tot en met Tabel 23 opgenomen. Bij de invoer in het SAVE II computerprogramma worden deze benarario's voorafgegaan door de locatie van de bron (de X en Y waarden van het begin- en eindpunt van de wegdelen; zie hiervoor Tabel 25). Bij deze benarario's is als "frequentie" p_0 * de vervolbkans op het benarario opgenomen. Hierin is p_0 gelijk aan de initiële letselongevalsfrequentie * het aantal transporten van de betreffende stofcategorie (zie Tabel 14).

Aangezien in SAVE II de verdamping van niet-kokende vloeistoffen met een negatieve straal wordt gemodelleerd, hebben de plasstralen van de niet direct ontstoken benarario's in Tabel 18 tot en met Tabel 21 een negatieve waarde.

benarario-modellering	dimensie	instantaan dir. ontst.	instantaan dispersie	continuu dir. ontst.	continuu dispersie
bronsterkte	kg, kg/s	0	1.3	0	0.35
dichtheid	kg/m ³	0	1.2	0	1.2
bronhoogte	m	0	0	0	0
straal plas	m	20	-20	10	-10
entrainment	kg, kg/s	0	6.5	0	1.75
bronduur	s	0	1800	0	1800
"frequentie"	/km/jr	$p_0 * 4.5E-5$	$p_0 * 8.955E-3$	$p_0 * 1.8E-4$	$p_0 * 3.582E-2$
opp. ruwheid	m	0	3	0	3

Tabel 18 Modellering uitstroming stofcategorie LF1, voorbeeldstof heptaan.

benarario-modellering	dimensie	instantaan dir. ontst.	instantaan dispersie	continuu dir. ontst.	continuu dispersie
bronsterkte	kg, kg/s	0	16.3	0	4.39
dichtheid	kg/m ³	0	1.2	0	1.2
bronhoogte	m	0	0	0	0
straal plas	m	20	-20	10	-10
entrainment	kg, kg/s	0	81.5	0	26.45
bronduur	s	0	1800	0	1800
"frequentie"	/km/jr	$p_0 * 5.85E-4$	$p_0 * 8.415E-3$	$p_0 * 2.34E-3$	$p_0 * 3.366E-2$
opp. ruwheid	m	0	3	0	3

Tabel 19 Modellering uitstroming stofcategorie LF2, voorbeeldstof pentaan.

benarariomod.	dimensie	instantaan	continuu
bronsterkte	kg, kg/s	1.86	0.5
dichtheid	kg/m ³	1.2	1.2
bronhoogte	m	0	0
straal plas	m	-20	-10
entrainment	kg, kg/s	9.3	2.5
bronduur	s	1800	1800
"frequentie"	/km/jr	$p_0 * 0.009$	$p_0 * 0.036$
opp. ruwheid	m	3	3

Tabel 20 Modellering uitstroming stofcategorien LT1, voorbeeldstof acrylnitril.

scenariomod.	dimensie	instantaan	continu
bronsterkte	kg, kg/s	6.24	1.69
dichtheid	kg/m ³	1.2	1.2
bronhoogte	m	0	0
straal plas	m	-20	-10
entrainment	kg, kg/s	31.2	8.45
bronduur	s	1800	1800
"frequentie"	/km/jr	$p_0 \cdot 0.009$	$p_0 \cdot 0.036$
opp. ruwheid	m	3	3

Tabel 21 Modellering uitstroming stofcategorieën LT2, voorbeeldstof propylamine.

scenario-modellering	dimensie	instantaan dir. ontst.	instantaan dispersie	continu dir. ontst.	continu dispersie
bronsterkte	kg, kg/s	20000	4760	25.6	10.21
dichtheid	kg/m ³	0	1.295	0	1.295
bronhoogte	m	0	0	0	0
straal plas	m	0	0	0	0
entrainment	kg, kg/s	0	100600	0	215.6
bronduur	s	0	0	0	1800
"frequentie"	/km/jr	$p_0 \cdot 2.184E-3$	$p_0 \cdot 5.46E-4$	$p_0 \cdot 4.56E-3$	$p_0 \cdot 1.014E-3$
opp. ruwheid	m	0	3	0	3

Tabel 22 Modellering uitstroming stofcategorie GF2, voorbeeldstof butaan.

scenario-modellering	dimensie	instantaan dir. ontst.	instantaan dispersie	continu dir. ontst.	continu dispersie
bronsterkte	kg, kg/s	20000	12160	100.2	36.8
dichtheid	kg/m ³	0	1.59	0	1.59
bronhoogte	m	0	0	0	0
straal plas	m	0	0	0	0
entrainment	kg, kg/s	0	60540	0	184.2
bronduur	s	0	0	0	1800
"frequentie"	/km/jr	$p_0 \cdot 2.184E-3$	$p_0 \cdot 5.46E-4$	$p_0 \cdot 4.56E-3$	$p_0 \cdot 1.014E-3$
opp. ruwheid	m	0	3	0	3

Tabel 23 Modellering uitstroming stofcategorieën GF3, voorbeeldstof propaan.

RDM coördinaten	parallelbaan		hoofddrijsbaan		hoofddrijsbaan		parallelbaan	
	Amsterdam-Oudenriijn		Amsterdam-Oudenriijn		Oudenriijn-Amsterdam		Oudenriijn-Amsterdam	
bevolkingNoord	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
begin km 1	133004	456890	133021	456897	133041	456907	133058	456915
begin tunnel 1	133046	456799	133063	456806	133083	456816	133100	456824
eind tunnel 1	133131	456618	133148	456625	133168	456635	133184	456643
begin tunnel 2	133215	456437	133232	456444	133252	456454	133268	456462
eind tunnel 2	133406	456029	133423	456036	133443	456046	133459	456054
grens km 1 en km 2	133425	455983	133442	455989	133462	455999	133479	456006
bevolkingZuid	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
grens km 1 en km 2	133425	455983	133442	455989	133462	455999	133479	456006
midden tunnel 2 en 3	133495	455811	133512	455817	133534	455824	133551	455830
begin tunnel 3	133568	455567	133586	455572	133608	455577	133626	455581
eind tunnel 3	133618	455279	133636	455281	133658	455283	133676	455286
mid tun3 en Hooggelgen	133626	455145	133644	455145	133666	455145	133684	455146
eind km 2	133631	455022	133649	455023	133671	455024	133689	455024

Tabel 24 RDM-coördinaten van de begin- en eindpunten van de wegdelen ter hoogte van het midden van de rijbanen.

Op basis van de RDM-coördinaten uit Tabel 4 en de ligging van het midden van de rijbanen vanaf het midden op [18] (ca. 11.3 m voor de hoofddrijsbanen en 29 m voor de

parallelbanen) kunnen de RDM-coördinaten van de begin- en eindpunten van de wegdelen worden bepaald. Dit is opgenomen in Tabel 24.

Vervolgens worden deze coördinaten omgezet naar het coördinaatstelsel van SAVE II door voor de wegdelen van kilometer 1 de ZW coördinaten van het begin van het noordelijke bevolkingsgebied (132500, 454800) af te trekken en voor de wegdelen van kilometer 2 die van het zuidelijke bevolkingsgebied (132500, 454100). De resultaten hiervan zijn opgenomen in Tabel 25.

SAVE coördinaten	parallelbaan Amsterdam-Oudenrijn		hoofddrijbaan Amsterdam-Oudenrijn		hoofddrijbaan Oudenrijn-Amsterdam		parallelbaan Oudenrijn-Amsterdam	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
bevolkingNoord								
begin km 1	504	2090	521	2097	541	2107	558	2115
begin tunnel 1	546	1999	563	2006	583	2016	600	2024
eind tunnel 1	631	1818	648	1825	668	1835	684	1843
begin tunnel 2	715	1637	732	1644	752	1654	768	1662
eind tunnel 2	906	1229	923	1236	943	1246	959	1254
grens km 1 en km 2	925	1183	942	1189	962	1199	979	1206
bevolkingZuid	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
grens km 1 en km 2	925	1883	942	1889	962	1899	979	1906
midden tunnel 2 en 3	995	1711	1012	1717	1034	1724	1051	1730
begin tunnel 3	1068	1467	1086	1472	1108	1477	1126	1481
eind tunnel 3	1118	1179	1136	1181	1158	1183	1176	1186
mid tun3 en Hooggelgen	1126	1045	1144	1045	1166	1045	1184	1046
eind km 2	1131	922	1149	923	1171	924	1189	924

Tabel 25 SAVE II-coördinaten van de begin- en eindpunten van de wegdelen ter hoogte van het midden van de rijbanen.

9.1 Externe veiligheid

Voor de risicoanalyse van de externe veiligheid wordt gebruik gemaakt van de SAVE II-coördinaten uit Tabel 25 en de transportaantallen van gevaarlijke stoffen uit Tabel 14 van de perioden dag en spits, met de dag meteorologische data van Soesterberg uit Tabel 5, en voor de periode nacht op basis van de transportaantallen van de nacht, met de nacht meteorologische data van Soesterberg Tabel 6.

scenario [f/km/jaar]	instantaan dir. ontst.	instantaan dispersie	continu dir. ontst.	continu dispersie
parallel A O				
LF1 d+s	2.36 E-09	4.70 E-07	9.45 E-09	1.88 E-06
LF1 nacht	5.06 E-10	1.01 E-07	2.02 E-09	4.03 E-07
LF2 d+s	2.39 E-08	3.44 E-07	9.57 E-08	1.38 E-06
LF2 nacht	5.12 E-09	7.36 E-08	2.05 E-08	2.95 E-07
LT1 d+s	5.17 E-08		2.07 E-07	
LT1 nacht	1.11 E-08		4.42 E-08	
LT2 d+s	1.92 E-08		7.67 E-08	
LT2 nacht	4.10 E-09		1.64 E-08	
GF2 d+s	1.31 E-09	3.28 E-10	2.74 E-09	6.09 E-10
GF2 nacht	2.81 E-10	7.02 E-11	5.86 E-10	1.30 E-10
GF3 d+s	3.57 E-08	8.92 E-09	7.45 E-08	1.66 E-08
GF3 nacht	7.64 E-09	1.91 E-09	1.59 E-08	3.55 E-09
cat. I GF2 d+s	0	0	0	0
cat. I GF2 nacht	0	0	0	0
cat. I GF3 d+s	0	0	0	0
cat. I GF3 nacht	0	0	0	0

Tabel 26 Frequenties van de scenario's op de parallelbaan Amsterdam - Oudenrijn (per kilometer per jaar).

Voor de open wegdelen (de wegdelen O en P van alle varianten) wordt gebruik gemaakt van de scenario's uit Tabel 18 tot en met Tabel 23. Voor de "dag" wordt de frequentie van de scenario's bepaald op basis van de transportaantallen van de gevaarlijke stoffen van de perioden dag en spits (naast de weg is er immers geen verschil in het aantal aanwezigen tijdens deze perioden), voor de nacht op basis van de transportaantallen van de nacht; zie Tabel 26 tot en met Tabel 29.

scenario [/km /jaar] weg/stofcategorie	instantaan dir. ontst.	instantaan dispersie	continu dir. ontst.	continu dispersie
hoofdb AO				
LF1 d+s	6.22E-09	1.24E-06	2.49E-08	4.95E-06
LF1 nacht	1.33E-09	2.65E-07	5.32E-09	1.06E-06
LF2 d+s	6.29E-08	9.05E-07	2.52E-07	3.62E-06
LF2 nacht	1.35E-08	1.94E-07	5.38E-08	7.75E-07
LT1 d+s	1.36E-07		5.44E-07	
LT1 nacht	2.91E-08		1.16E-07	
LT2 d+s	5.04E-08		2.02E-07	
LT2 nacht	1.08E-08		4.32E-08	
GF2 d+s	3.45E-09	8.63E-10	7.21E-09	1.60E-09
GF2 nacht	7.39E-10	1.85E-10	1.54E-09	3.43E-10
GF3 d+s	9.39E-08	2.35E-08	1.96E-07	4.36E-08
GF3 nacht	2.01E-08	5.02E-09	4.19E-08	9.33E-09
cat. I GF2 d+s	4.76E-09	1.19E-09	9.95E-09	2.21E-09
cat. I GF2 nacht	1.02E-09	2.55E-10	2.13E-09	4.73E-10
cat. I GF3 d+s	1.30E-07	3.24E-08	2.71E-07	6.02E-08
cat. I GF3 nacht	2.77E-08	6.93E-09	5.79E-08	1.29E-08

Tabel 27 Frequenties van de scenario's op de hoofdrijbaan Amsterdam - Oudenrijn (per kilometer per jaar).

scenario [/km /jaar] weg/stofcategorie	instantaan dir. ontst.	instantaan dispersie	continu dir. ontst.	continu dispersie
hoofdb OA				
LF1 d+s	5.97E-09	1.19E-06	2.39E-08	4.75E-06
LF1 nacht	1.28E-09	2.54E-07	5.11E-09	1.02E-06
LF2 d+s	6.04E-08	8.69E-07	2.42E-07	3.47E-06
LF2 nacht	1.29E-08	1.86E-07	5.17E-08	7.44E-07
LT1 d+s	1.30E-07		5.22E-07	
LT1 nacht	2.79E-08		1.12E-07	
LT2 d+s	4.84E-08		1.94E-07	
LT2 nacht	1.04E-08		4.14E-08	
GF2 d+s	3.31E-09	8.28E-10	6.92E-09	1.54E-09
GF2 nacht	7.09E-10	1.77E-10	1.48E-09	3.29E-10
GF3 d+s	9.01E-08	2.25E-08	1.88E-07	4.18E-08
GF3 nacht	1.93E-08	4.82E-09	4.03E-08	8.96E-09
cat. I GF2 d+s	4.68E-09	1.17E-09	9.78E-09	2.18E-09
cat. I GF2 nacht	1.00E-09	2.51E-10	2.09E-09	4.66E-10
cat. I GF3 d+s	1.27E-07	3.19E-08	2.66E-07	5.92E-08
cat. I GF3 nacht	2.73E-08	6.82E-09	5.69E-08	1.27E-08

Tabel 28 Frequenties van de scenario's op de hoofdrijbaan Oudenrijn - Amsterdam (per kilometer per jaar).

scenario [/km /jaar] weg/stofcategorie	instantaan dir. ontst.	instantaan dispersie	continu dir. ontst.	continu dispersie
parallel OA				
LF1 d+s	2.47E-09	4.92E-07	9.88E-09	1.97E-06
LF1 nacht	5.29E-10	1.05E-07	2.11E-09	4.21E-07
LF2 d+s	2.50E-08	3.59E-07	1.00E-07	1.44E-06
LF2 nacht	5.35E-09	7.69E-08	2.14E-08	3.08E-07
LT1 d+s	5.40E-08		2.16E-07	
LT1 nacht	1.16E-08		4.62E-08	
LT2 d+s	2.00E-08		8.01E-08	
LT2 nacht	4.29E-09		1.71E-08	
GF2 d+s	1.37E-09	3.43E-10	2.86E-09	6.37E-10
GF2 nacht	2.93E-10	7.34E-11	6.13E-10	1.36E-10
GF3 d+s	3.73E-08	9.32E-09	7.79E-08	1.73E-08
GF3 nacht	7.98E-09	2.00E-09	1.67E-08	3.71E-09
cat. I GF2 d+s	0	0	0	0
cat. I GF2 nacht	0	0	0	0
cat. I GF3 d+s	0	0	0	0
cat. I GF3 nacht	0	0	0	0

Tabel 29 Frequenties van de scenario's op de parallelbaan Oudenrijn - Amsterdam (per kilometer per jaar).

- Brandbare vloeistoffen: beschouwd zijn de scenario's continue en instantane uitstroming met directe ontsteking en met dispersie (en kans op vertraagde ontsteking).
- Toxische vloeistoffen: beschouwd zijn de scenario's dispersie van continue en instantane uitstroming.
- Brandbare gassen: beschouwde scenario's zijn continue en instantane uitstroming met directe ontsteking en met dispersie (en kans op vertraagde ontsteking). Bij instantane uitstroming met directe ontsteking ontstaat een BLEVE, bij continue uitstroming ontstaat een fakkel.

Voor de wegdelen met kunstwerken worden aangepaste scenario's gebruikt:

1. de wegdelen met een geluidsscherm (de wegdelen B, D en F van variant 1 en 2).

- Brandbare vloeistoffen: Ten gevolge van de afscherpende werking van de geluidsschermen zullen de aanwezigen naast de weg geen effecten ondervinden van een plasbrand (scenario's met directe ontsteking); hierbij is aangenomen dat de geluidsschermen en het in het als geluidsscherm diende kantoorpand bij wegdeel B voldoende brandwerend zijn. Indien een gaswolk vertraagd wordt ontstoken ontstaat er een flashfire en/of een plasbrand. Ook hiervan zullen de effecten op de naast de weg aanwezige personen door de geluidsschermen worden afgeschermd. Uitstromingen van brandbare vloeistoffen zullen bij de wegdelen met geluidsschermen derhalve niet tot effecten in de omgeving leiden, zodat geen van de scenario's uit Tabel 18 en Tabel 19 worden beschouwd voor deze wegdelen.
- Toxische vloeistoffen: Ten gevolge van de afscherpende werking van de geluidsschermen zal de verdamping uit de plas gelijk zijn aan die op de open weg wanneer de windrichting gelijk is aan de lengterichting van de weg [21]. Wanneer de wind dwars op de weg waait zal de windsnelheid van de invallende wind een factor $[0.1 B_o / (H + 0.1 B_o)]$ lager zijn dan in de open weg situatie [21] (B_o = breedte tussen de schermen aan de bovenzijde [m], H = hoogte van de schermen [m] en B_o = breedte tussen de schermen aan de onderzijde), waardoor minder vloeistof per tijdseenheid zal verdampen. Voor tussenliggende windrichtingen wordt uitgegaan van de gemiddelde windsnelheid van de wind in lengte- en dwarsrichting ten opzichte van de weg [21]. Overall zal de verdamping uit de vloeistofplas gemiddeld dus een lager debiet opleveren dan in de open weg situatie. Daarnaast geldt dat aanwezigen in de omgeving pas effecten ondervinden van de verdampte vloeistof, wanneer de wolkhoogte hoger is dan de hoogte van de geluidsschermen. Dit zal pas op enige afstand van de uitstroomblocatie het geval zijn. Ten gevolge van deze afname in verdampingsdebiet en de pas merkbare effecten voor de omgeving op enige afstand van de bron, zal de concentratie van de toxische stof in de gaswolk dus veel lager zijn dan de initiële concentratie in een dergelijke gaswolk op de open weg. Op basis van enkele berekeningen met de module GB0 van het computerprogramma SAVE II wordt geconcludeerd dat de concentratie in de gaswolk naast de weg zo laag is, dat hierdoor geen significante bijdrage aan het risico van de daar aanwezigen wordt verwacht. De scenario's uit Tabel 20 en Tabel 21 worden derhalve niet beschouwd voor de wegdelen met een geluidsscherm.
- Brandbare (tot vloeistof verdichte) gassen: Bij het instantaan vrijkomen van een brandbaar gas dat direct ontstoken wordt ontstaat een BLEVE, waarvan de vuurbal tot ca. 80 m kan opstijgen. De geluidsschermen zullen derhalve geen afscherpende werking hebben op dit scenario. Van een afscherpende werking zal wel sprake zijn wanneer een fakkel (directe ontsteking van een continue uitstroming) ontstaat (ook hier onder de aanname dat de geluidsschermen en het kantoorpand dat als geluidsscherm dienst doet bij wegdeel B voldoende brandwerend zijn). Wanneer na de instantane of continue uitstroming geen directe ontsteking optreedt zal het uitstromende gas eerst adiabatisch flashen, waardoor lucht in de wolk wordt gemengd

en het gas (deels) verdampt. De resulterende gaswolk zal direct na de uitstroming een zwaar gas zijn. Ten gevolge van warmtetoevoer van instromende lucht (alleen op het grensvlak van de wolk en de lucht) en contact met de grond en wanden (geluidsschermen) zal de wolk langzaam lichter worden. Op basis van berekeningen met de module GBO van het computerprogramma SAVE II zijn de in Tabel 30 gepresenteerde initiële breedten en hoogten van de wolk (op ca. 5 m van de uitstroomlocatie) gevonden, in de situatie waarbij geen rekening wordt gehouden met de breedte van de weg, maar wel met de reductie van de windsnelheid (zie hierboven bij toxische vloeistoffen). Op basis van deze gegevens en het feit dat de hoogte van het geluidsscherm ca. 7 m bedraagt wordt geconcludeerd dat:

- de continue scenario's niet of nauwelijks tot effecten buiten de weg zullen leiden (de wolk komt immers niet boven het geluidsscherm uit, zodat de overdruk- en warmtestraling effecten bij een vertraagde ontsteking zullen worden afgeschermd); deze scenario's worden daarom niet meegenomen.
- de initiële gaswolken na een instantane uitstroming tot gevolgen in de omgeving kunnen leiden (de initieel gevormde wolk is hoger dan het geluidsscherm). Deze scenario's worden daarom zonder aanpassing meegenomen (dit is conservatief voor de instantane uitstroming met vertraagde ontsteking).

Van de scenario's uit Tabel 22 en Tabel 23 worden derhalve alleen de instantane scenario's meegenomen op de wegdelen met geluidsschermen.

soort uitstroming	breedte [m]	hoogte [m]	max. conc. [kg/m ³]
GF3, instantaan	189	83.6	0.204
GF3, continu	15.4	4.61	0.179
GF2, instantaan	214	104	0.054
GF2, continu	16.7	5.65	0.348

Tabel 30 Initiële omvang van de GF gaswolk op ca. 5 m van de uitstroomlocatie.

Op grotere afstand van de uitstroomlocatie worden lagere afstanden voor de wolkhoogte gevonden, hetgeen gebruikelijk is voor de verspreiding van zware gaswolken (deze zakken ten gevolge van de zwaartekracht naar de grond).

Voor het continue GF2 scenario is verder gevonden dat de omslag van de zware gaswolk naar een gaussische gaswolk (dichtheid gelijk aan die van lucht) plaatsvindt op circa 180 m van de uitstroomlocatie (breedte 79 m, hoogte 3.73 m en maximale concentratie 0.0723 kg/m³).

2. de gedeeltelijk overkapte wegdelen (de hoofdrijbaan-wegdelen B, D en F van variant 3). Deze wegdelen worden op dezelfde wijze gemodelleerd als de wegdelen met geluidsschermen.
3. de wegdelen met langssleuven (de wegdelen A, C en E van variant 2).
 - Brandbare vloeistoffen: De afscherming op de wegdelen met langssleuven is groter dan op de wegdelen met geluidsschermen, waardoor deze scenario's geen gevolgen voor de omgeving zullen opleveren. De scenario's uit Tabel 18 en Tabel 19 zullen derhalve op de wegdelen met langssleuven ook niet tot gevolgen voor de aanwezigen naast de weg leiden en worden dus niet meegenomen.
 - Toxische vloeistoffen: Hetzelfde als hierboven bij de brandbare vloeistoffen; de scenario's uit Tabel 20 en Tabel 21 worden ook niet meegenomen voor de wegdelen met langssleuven.
 - Brandbare (tot vloeistof verdichte) gassen: Bij de Bouwdienst wordt door de afdeling Tunnelbouw de volgende vuistregel gehanteerd: om te voorkomen dat deflagraties overgaan in detonaties dient minimaal 30-40% van het dak van de

overkapping open te zijn. Bij variant 2 is geen sprake van dergelijke grote openingen; de langssleuven bij variant 2 bedragen 25% van het dakoppervlak en in deze sleuven zullen lamellen worden opgenomen waardoor het percentage van werkelijk open ruimte lager zal zijn dan 25%. Om die reden is aangenomen dat in de helft van de uitstromingen het effect van de uitstroming gelijk zal zijn aan de effecten bij een dichte overkapping (zie punt 4 voor de modellering) en in de andere helft van de uitstromingen zal het effect van de uitstroming door de langssleuven gemodelleerd worden, zoals hierna beschreven wordt. Voor het BLEVE scenario wordt, ondanks de grotere afscherming op deze wegdelen, aangenomen dat dit scenario ongewijzigd zal optreden (dit is conservatief; een deel van het gas zal in werkelijk onder de overkapping verbranden). De afscherming zorgt er ook nu voor dat de effecten van het continue scenario met directe ontsteking niet merkbaar zullen zijn naast de weg. Voor de instantane scenario's zonder directe ontsteking geldt dat ten gevolge van de toegenomen afscherming de initiële verdamping van de uittredende vloeistof kleiner zal zijn (er is minder lucht aanwezig voor de opmenging en verdamping). Dit wordt gemodelleerd door uit te gaan van 1.5 maal de initiële flash (in plaats van de normale 2 maal de initiële flash). Om deze reden worden ook hier de continue scenario's niet beschouwd en voor de instantane scenario's zonder directe ontsteking wordt nu uitgegaan van een lagere bronsterkte en entrainment. De mee te nemen scenario's voor de modellering van de uitstromingen door de langssleuven zijn opgenomen in Tabel 31 (hierbij is bij de "frequentie" uitgegaan van de halve vervolgcans; de andere helft van de scenario's wordt gemodelleerd als uitstroming op overkapte wegdelen, hetgeen hierna beschreven wordt).

scenario-modellering	dimensie	GF2 instant. dir. ontst.	GF2 instant. dispersie	GF3 instant. dir. ontst.	GF3 instant. dispersie
bronsterkte	kg, kg/s	20000	3570	20000	9115
dichtheid	kg/m ³	0	1.295	0	1.59
bronhoogte	m	0	0	0	0
straal plas	m	0	0	0	0
entrainment	kg, kg/s	0	75450	0	45380
bronduur	s	0	0	0	0
"frequentie"	/km/jr	$p_0 * 1.092E-3$	$p_0 * 2.73E-4$	$p_0 * 1.092E-3$	$p_0 * 2.73E-4$
opp. ruwheid	m	0	3	0	3

Tabel 31 Scenario's van de brandbare gassen op de wegdelen met langssleuven.

4. de overkapte wegdelen (de wegdelen A, C en E van variant 1, het wegdeel A tot en met F op de parallelbaan van variant 3 en de wegdelen A, C en E op de hoofdrijbaan van variant 3).
 - Brandbare vloeistoffen: De scenario's uit Tabel 18 en Tabel 19 zullen op de overkapte wegdelen ook niet tot gevolgen voor de aanwezigen naast de weg leiden en worden dus niet meegenomen.
 - Toxische vloeistoffen: Hetzelfde als hierboven bij de brandbare vloeistoffen; de scenario's uit Tabel 20 en Tabel 21 worden ook niet meegenomen voor de overkapte wegdelen.
 - Brandbare (tot vloeistof verdichte) gassen: In [22] is op verzoek van de Bouwdienst RWS onderzocht wat de mogelijke effecten zijn van LPG uitstromingen in een tunnel waar zich een open ruimte van circa 250 m tussen twee tunneldelen bevindt. In dit rapport wordt geconcludeerd dat:
 - afhankelijk van de windrichting en windsnelheid een LPG-gaswolk ontstaat die zich van het ene tunneldeel tot ver in het andere tunneldeel kan uitstrekken.

- de initiële dichtheid van een gaswolk veel groter is dan in de vergelijkbare "open" situatie (dit doordat in de tunnel maar een beperkte hoeveelheid lucht voorradig is).
- het scenario BLEVE buiten de tunnel nauwelijks tot (warmte)stralingseffecten zal leiden, maar wel blasteffecten oplevert die kleiner zijn dan van een LPG deflagratie in de tunnel.
- bij een deflagratie bij toenemende vlamsnelheid (32-1000 m/s) respectievelijk 84-28% van het brandbare gas aan het einde van de tunnel naar buiten treedt en daar een secundaire explosie kan veroorzaken. Hierbij zal ter hoogte van de tunnelas de overdruk ten gevolge van deze explosie tot op 40 m van het uiteinde van de overkapping 1 bar kunnen bedragen, 0.3 bar op 150 m en 0.1 bar op ca. 250 m. (Bij een detonatie wordt geen onverbrand gasmengsel uit de overkapping gestoten, omdat daar het vlamfront en de schokgolf samenvallen).
- de blasteffecten van een detonatie zijn vlak bij het uiteinde van de overkapping circa 7 bar (10 m), maar nemen snel af (2.5 bar op 20 m en 1 bar op 40 m; op grotere afstand zijn de effecten van een deflagratie maatgevend).

De overdruk effecten van de scenario's ten gevolge van een BLEVE, deflagratie en detonatie van LPG aan het uiteinde van de tunnel in de richting van de wegas uit [22] zijn opgenomen in Tabel 32 (er is aangenomen dat deze overdrukken ook voor de stofcategorie GF2 gelden). Echter: In het SAVE II computerprogramma kunnen de overdruk effecten van een explosie niet gemodelleerd worden, daarom worden deze overdruk effecten gemodelleerd met behulp van het scenario BLEVE. Bij de schadebepaling ten gevolge van overdrukken wordt aangenomen dat 100% van de binnen de 0.3 bar overdruk contour aanwezige personen binnen en buiten zullen overlijden en dat in het gebied tussen de 0.1 en 0.3 bar overdruk 2.5% van de binnen verblijvende personen zullen overlijden [24]. De 0.3 bar overdruk contour ligt op 150 m van het uiteinde van de overkapping, de 0.1 bar overdruk contour op ca. 250 m. Deze overdruk effecten zullen echter met name in de richting loodrecht op het tunneleinde optreden; in [22] staat dat deze overdruk effecten in de overige richtingen snel afnemen. Om die reden worden de hiervoor genoemde afstanden gehalveerd voor de bepaling van de schade naast de weg. In het SAVE II computerprogramma wordt de schade ten gevolge van een BLEVE als volgt gemodelleerd: 100% van de binnen de vuurbal aanwezige personen zal overlijden en dit aantal neemt geleidelijk af tot 1% bij de 1% letaliteitsgrens ten gevolge van het instorten van gebouwen [25]. Voor de stofcategorie GF3 wordt de equivalente BLEVE voor deze overdruk effecten als een BLEVE van 2300 kg propaan gemodelleerd op 40 m van het uiteinde van de overkapping. (Hierbij treedt 100% sterfte op tot op 80.2 m vanaf het uiteinde van de overkapping, de 1% letaliteitsgrens ligt binnen de vuurbal -op 66.3 m van de ongevalslocatie-. Er is dus bij de modellering een iets grotere vuurbal gemodelleerd dan de 0.3 bar overdruk contour ter compensatie van het niet berekenen van de mogelijke slachtoffers tussen de 0.1 en 0.3 bar overdruk contouren. Het uiteinde van de overkapping is voor de modellering 40 m "verschoven", omdat de overdruk effecten zich alleen vanaf het einde van de overkapping zullen manifesteren). Voor de stofcategorie GF2 wordt de equivalente BLEVE gemodelleerd als een BLEVE van 2350 kg butaan op 40 m van het uiteinde van de overkapping. Deze scenario's zijn in Tabel 33 weergegeven (voor de uitstromingen onder de wegdelen met langssleuven die gemodelleerd worden als overkapte wegdelen wordt uitgegaan van de helft van de in deze tabel opgenomen "frequenties"); de RDM-coördinaten en SAVE II grids (voor stationaire scenario's worden in SAVE II de nummers van de X en Y grids als invoer opgegeven) van de "verschoven" ongevalslocaties van de overkappingen zijn opgenomen in Tabel 34. De frequenties van de scenario's BLEVE en de instantane en continue uitstroming zonder directe ontsteking worden samen genomen (de effecten van de scenario's worden immers op dezelfde wijze

gemodelleerd) en vermenigvuldigt met de lengte van de overkapping (bij "stationaire" scenario's in SAVE II dient de frequentie per jaar te worden ingevoerd); deze frequenties zijn voor de "dag" (dag en spits) en nacht opgenomen in Tabel 35 en Tabel 36.

afstand tot overkapping [m]	overdruk blastgolf [kPa]	duur blastgolf [s]
10	670	20
20	250	50
40	100	100
70	90	80
100	50	80
150	30	90
200	18	100

Tabel 32 Maatgevende schade bepalende overdrukeffecten van een BLEVE, deflagratie en detonatie van LPG in relatie tot de afstand tot het uiteinde van de overkapping [22].

scenario-modellering	dimensie	GF2	GF3
bronsterkte	kg, kg/s	2300	2350
dichtheid	kg/m ³	0	0
bronhoogte	m	0	0
straal plas	m	0	0
entrainment	kg, kg/s	0	0
bronduur	s	0	0
"frequentie"	/km/jr	$p_0 \cdot 3.744E-3$	$p_0 \cdot 3.744E-3$
opp. ruwheid	m	3	3

Tabel 33 Scenario's aan de uiteinden van de overkapte wegdelen ten gevolge van een BLEVE, deflagratie en detonatie op de overkapte wegdelen.

RDM coördinaten	parallelbaan		hoofddrijbaan		hoofddrijbaan		parallelbaan	
	A'dam-Oudenrijn		A'dam-Oudenrijn		Oudenrijn-A'dam		Oudenrijn-A'dam	
bevolkingNoord	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
begin tunnel 1	133029	456836	133046	456843	133066	456853	133083	456861
eind tunnel 1	133148	456581	133165	456588	133185	456598	133201	456606
begin tunnel 2	133198	456474	133215	456481	133235	456491	133251	456499
eind tunnel 2	133421	455993	133438	455999	133458	456009	133475	456017
bevolkingZuid	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
begin tunnel 3	133557	455605	133574	455610	133596	455616	133614	455620
eind tunnel 3	133620	455239	133638	455241	133660	455242	133678	455244

SAVE coördinaten	parallelbaan		hoofddrijbaan		hoofddrijbaan		parallelbaan	
	A'dam-Oudenrijn		A'dam-Oudenrijn		Oudenrijn-A'dam		Oudenrijn-A'dam	
bevolkingNoord	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
begin tunnel 1	21	81	21	81	22	82	23	82
eind tunnel 1	25	71	26	71	27	71	28	72
begin tunnel 2	27	66	28	67	29	67	30	67
eind tunnel 2	36	47	37	47	38	48	39	48
bevolkingZuid	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
begin tunnel 3	42	60	42	60	43	60	44	60
eind tunnel 3	44	45	45	45	46	45	47	45

Tabel 34 De RDM-coördinaten en SAVE II grids van de "verschoven" ongevalslocaties t.b.v. de scenario's uit Tabel 33.

scen. [/uiteinde/jr]	wegdeel A	wegdeel C	wegdeel E	wegd. A-F
parallel A O				
GF2 d+s	4.50E-10	1.01E-09	6.75E-10	4.05E-09
GF2 nacht	9.63E-11	2.17E-10	1.44E-10	8.67E-10
GF3 d+s	1.22E-08	2.75E-08	1.84E-08	1.10E-07
GF3 nacht	2.62E-09	5.89E-09	3.93E-09	2.36E-08
hoofdb A O				
GF2 d+s	1.18E-09	2.66E-09	1.77E-09	
GF2 nacht	2.53E-10	5.70E-10	3.80E-10	
GF3 d+s	3.22E-08	7.24E-08	4.83E-08	
GF3 nacht	6.89E-09	1.55E-08	1.03E-08	
hoofdb O A				
GF2 d+s	1.14E-09	2.56E-09	1.70E-09	
GF2 nacht	2.43E-10	5.47E-10	3.65E-10	
GF3 d+s	3.09E-08	6.95E-08	4.63E-08	
GF3 nacht	6.61E-09	1.49E-08	9.92E-09	
parallel O A				
GF2 d+s	4.70E-10	1.06E-09	7.05E-10	4.23E-09
GF2 nacht	1.01E-10	2.26E-10	1.51E-10	9.06E-10
GF3 d+s	1.28E-08	2.88E-08	1.92E-08	1.15E-07
GF3 nacht	2.74E-09	6.16E-09	4.11E-09	2.46E-08

Tabel 35 Scenariofrequenties per jaar voor de overkapte wegdelen van stofcategorie GF bij een categorie 0 parallelbaan.

scen. [/uiteinde/jr]	wegdeel A	wegdeel C	wegdeel E	wegd. A-F
parallel A O				
cat.l GF2 d+s	0	0	0	0
cat.l GF2 nacht	0	0	0	0
cat.l GF3 d+s	0	0	0	0
cat.l GF3 nacht	0	0	0	0
hoofdb A O				
cat.l GF2 d+s	1.63E-09	3.67E-09	2.45E-09	
cat.l GF2 nacht	3.50E-10	7.86E-10	5.24E-10	
cat.l GF3 d+s	4.44E-08	9.99E-08	6.66E-08	
cat.l GF3 nacht	9.51E-09	2.14E-08	1.43E-08	
hoofdb O A				
cat.l GF2 d+s	1.61E-09	3.61E-09	2.41E-09	
cat.l GF2 nacht	3.44E-10	7.73E-10	5.16E-10	
cat.l GF3 d+s	4.37E-08	9.83E-08	6.55E-08	
cat.l GF3 nacht	9.35E-09	2.10E-08	1.40E-08	
parallel O A				
cat.l GF2 d+s	0	0	0	0
cat.l GF2 nacht	0	0	0	0
cat.l GF3 d+s	0	0	0	0
cat.l GF3 nacht	0	0	0	0

Tabel 36 Scenariofrequenties per jaar voor de overkapte wegdelen van stofcategorie GF bij een categorie I parallelbaan.

9.2 Interne veiligheid

Voor een risicoanalyse van de interne veiligheid zijn tot op heden nog geen speciale computerprogramma's ontwikkeld. Om die reden wordt voor de open en gedeeltelijk open wegdelen gebruik gemaakt van het voor de externe veiligheid ontwikkelde SAVE II computerprogramma. Voor de overkapte wegdelen zal gebruik gemaakt worden van het Excel programma voor tunnels TunPrim.xls (versie 30 november 1999); dit model is recentelijk ontwikkeld bij de Bouwdienst en wordt op dit moment intern gecontroleerd, daarna zal een project opgestart worden om consensus over dit model in Nederland te verkrijgen zodat het model als standaard rekenmethodiek voor tunnelberekeningen gebruikt kan worden.

Een van de gevolgen van het nog niet beschikbaar zijn van een speciaal interne veiligheid risicoanalyse computerprogramma is dat het uitvoeren van de risicoanalyse tot op heden erg arbeidsintensief is. Om die reden wordt er dan ook voor gekozen om per parallel- en

hoofddrijbaan niet uit te gaan van verschillende verkeersintensiteiten, transportaantallen gevaarlijke stoffen, e.d. zoals eerder bepaald in bijlage 7, maar per parallelbaan en hoofddrijbaan uit te gaan van de gemiddelde waarden. Hierbij wordt vanwege het verschil in aantal rijstroken per rijbaan wel het onderscheid tussen de parallel- en hoofddrijbaan gehandhaafd. Deze vereenvoudiging zal op zich geen effect hebben op het resultaat van de risicoanalyse, omdat de aantallen voertuigen en aanwezigen van de beide parallel- en hoofddrijbanen niet veel van elkaar verschillen en de resultaten van alle rijbanen per kilometer samen genomen worden voor het eindresultaat. De bij de interne veiligheid gebruikte verkeersintensiteiten, aantallen transporten van gevaarlijke stoffen, gemiddeld aantal aanwezige weggebruikers en gemiddelde filelengte achter een ongeval zijn opgenomen in Tabel 37 tot en met Tabel 40.

2015 [vtg/uur]	gemiddeld hoofddrijbaan	gemiddeld parallelbaan
totaal spits	3821	1516
personenauto's	3494	1386
vrachtverkeer	327	130
totaal dag	2590	1028
personenauto's	2296	911
vrachtverkeer	295	117
totaal nacht	648	257
personenauto's	518	206
vrachtverkeer	130	51

Tabel 37 Gemiddelde verkeersintensiteiten per uur per rijbaantype per periode.

De berekeningen zullen per wegdeel en variant moeten worden uitgevoerd, omdat de lengten van de verschillende wegdelen en hun omgeving (c.q. de uitvoeringsvorm en lengte van de naastgelegen wegdelen) verschillen. Voor elk wegdeel wordt hierbij aangenomen dat het ongeval op het midden (qua lengte) van het wegdeel optreedt.

Ter voorbereiding op de berekeningen worden nu de "bevolkingsfiles" van de weggebruikers aangemaakt. Aangezien de ligging van de weg in het studiegebied voor het grootste deel de oriëntatie NW-ZO heeft (de wegdelen E, F en P hebben eigenlijk een N-Z oriëntatie; de fout die hiermee geïntroduceerd wordt is klein) kan voor elk wegdeel gebruik worden gemaakt van dezelfde basis-bevolkingsfiles (hiermee worden de bevolkingsfiles van de weggebruikers bedoeld waarbij rekening wordt gehouden met het aanwezige rijdende verkeer, het voor het ongeval doorgereden verkeer en de achter het ongeval ontstane file, maar niet de aanwezigheid van overkappingen op naastgelegen wegdelen). In de bevolkingsfiles per periode zal steeds maar één parallelbaan en één hoofddrijbaan worden gemodelleerd, omdat tussen beide rijrichtingen een 5 m hoge afscheiding gepland is als "geluidsscherm" die de weggebruikers op de naastgelegen rijbanen tevens afschermt voor de gevolgen van vrijgekomen gevaarlijke stoffen. Deze aanpak zal mogelijk voor het BLEVE scenario (dat ten gevolge van de uitstroming en verhitte van de brandende gaswolk opstijgt tot boven deze afscherming tussen de rijbanen) een iets lager slachtofferaantal opleveren; de fout die hiermee gemaakt wordt zal echter klein zijn, omdat de grootste aantallen slachtoffers in de file achter het ongeval zullen optreden. Per periode worden zo 4 bevolkingsfiles gemaakt: twee met de ongevalslocatie op de parallelbaan, waarbij de file eenmaal in de richting van Oudenrijn en eenmaal in de richting van Amsterdam staat, en twee vergelijkbare bevolkingsfiles met de ongevalslocatie op de hoofddrijbaan. (Door de scenario's op basis van de gemiddelde aantallen transporten van gevaarlijke stoffen eenmaal in een bevolkingsfile met de file naar de ene en eenmaal met de file naar de andere kant te berekenen, worden de effecten van beide rijrichtingen gemodelleerd). Hierbij wordt gebruik gemaakt van Tabel 39 voor de berekening van de aantallen weggebruikers per 25 m weglengte in de spits,

dag en nacht van het rijdende verkeer (voor de rijbaan waarop het ongeval niet plaatsvindt en voor de aantallen aanwezigen achter de file op de rijbaan waar het ongeval gebeurd), de aantallen weggebruikers per 25 m in een file worden ook berekend op basis van Tabel 39 en de filelengte komt uit Tabel 40 en op de rijbaan waarop het ongeval plaatsvindt zullen zich voor het ongeval geen weggebruikers meer bevinden (zijn reeds doorgereden). Daar waar nodig zullen deze bevolkingsfiles worden aangepast voor de aanwezigheid van (gedeeltelijke) overkappingen.

2015 [vtg/jaar]	gemiddeld hoofdrijbaan	gemiddeld parallelbaan
GF2 totaal	36	14
GF2 spits	8	3
GF2 dag	22	9
GF2 nacht	6	3
GF3 totaal	983	390
GF3 spits	219	87
GF3 dag	591	235
GF3 nacht	173	69
LF1 totaal	3161	1254
LF1 spits	703	279
LF1 dag	1901	754
LF1 nacht	557	221
LF2 totaal	2460	976
LF2 spits	547	217
LF2 dag	1479	587
LF2 nacht	434	172
LT1 totaal	345	137
LT1 spits	77	30
LT1 dag	208	82
LT1 nacht	61	24
LT2 totaal	128	51
LT2 spits	28	11
LT2 dag	77	31
LT2 nacht	23	9
GF2 totaal (cat. I)	51	0
GF2 spits	11	0
GF2 dag	30	0
GF2 nacht	9	0
GF3 totaal (cat. I)	1374	0
GF3 spits	305	0
GF3 dag	826	0
GF3 nacht	242	0

Tabel 38 Gemiddelde aantallen transporten gevaarlijke stoffen per periode per rijbaan.

2015 [personen/ km rijbaan]	gemiddeld hoofdrijbaan	gemiddeld parallelbaan
spits	50.8	24.6
dag	36.1	17.5
nacht	8.8	4.3
file	539.2	359.5

Tabel 39 Gemiddeld aantal aanwezige weggebruikers per periode per rijbaantype.

2015 [km file/ rijbaan]	gemiddeld hoofdrijbaan	gemiddeld parallelbaan
spits	0.89	0.53
dag	0.60	0.36
nacht	0.15	0.09

Tabel 40 Gemiddelde lengte van een file achter een ongeval per rijbaantype.

Bij deze uitwerking is het vanwege de afscherming van de weg door de kunstwerken niet nodig om rekening te houden met de in de omgeving van de weg aanwezige bevolking, waarvoor normaal gesproken een ontstekingskans van 0.08 per persoon berekend moet worden. Wel worden voor de weg zelf ontstekingskansen (ten gevolge van de aanwezigheid van o.a. de hete motoren van de voertuigen) geïntroduceerd. In [24] is gegeven dat voor een weg met minder dan 50 voertuigen per uur de ontstekingskans gelijk is aan 0.5 en voor wegen met meer dan 50 voertuigen per uur 1. Deze informatie is onvoldoende (het is niet bekend voor welke weglengte de ontstekingskans geldt); daarom wordt bij de berekeningen gebruik gemaakt van een ontstekingskans van 0.15 per weggebruiker (dit in plaats van de 0.08 per persoon die gebruikt is bij de externe veiligheid; en een achtergrond ontstekingskans van 0.1, zoals ook gebruikt bij de externe veiligheid).

9.2.1 Open wegdelen

Op de open wegdelen (O en P uit Figuur 19) worden alleen de effecten van ongevallen met het transport van gevaarlijke stoffen beschouwd. Branden in voertuigen zullen niet tot extra slachtoffers leiden op de open weg, aangezien de warmte en rookgassen van de brand onbelemmerd kunnen opstijgen. Bij de uitwerking van de scenario's wordt rekening gehouden met de naastgelegen (gedeeltelijke) overkapte wegdelen, indien dit relevant is voor de uitkomsten van de risicoanalyse.

- **Brandbare vloeistoffen:** Bij de brandbare vloeistoffen zullen de scenario's met directe ontsteking alleen lokaal (in de directe omgeving van het ongeval) tot slachtoffers leiden. Voor de scenario's zonder directe ontsteking geldt dat ook de effecten van de dispergerende gaswolk alleen nabij het ongeval zullen optreden (aangezien alleen dichtbij het ongeval de mogelijkheid bestaat dat de gevormde gaswolk zich binnen het explosieve gebied bevindt). Hierdoor kan de modellering van de brandbare vloeistoffen uit Tabel 18 en Tabel 19 van de externe veiligheid ongewijzigd gebruikt worden voor de interne veiligheid van deze wegdelen. De basis-bevolkingsfiles hoeven niet te worden aangepast en kunnen voor zowel variant 1, 2 als 3 worden gebruikt.
- **Toxische vloeistoffen:** Voor de toxische vloeistoffen geldt dat concentratie in de gaswolk "laag" zal zijn (de verdamping van de vloeistof uit de plas gaat langzaam), waardoor effecten op aanwezigen op de weg slechts op "korte" afstand van het ongeval verwacht worden. Ook hier kan dus gebruik worden gemaakt van de modellering uit Tabel 20 en Tabel 21 van de externe veiligheid en kunnen de basis-bevolkingsfiles voor alle varianten worden gebruikt, zonder aanpassingen voor de aanwezigheid van overkappingen.
- **Brandbare (tot vloeistof verdichte) gassen:** De effecten van de scenario's met directe ontsteking zullen alleen lokaal tot slachtoffers leiden (de diameter van de BLEVE, het grootste scenario, heeft een effectgebied van maximaal 150-200 m doorsnede en de tussenafstanden tussen de overkappingen is minimaal 200 m). De scenario's met directe ontsteking uit Tabel 22 en Tabel 23 kunnen dus ongewijzigd worden gebruikt. Hierbij wordt voor alle varianten gebruik gemaakt van de basis-bevolkingsfiles zonder aanpassingen voor de aanwezigheid van overkappingen.
Voor de scenario's zonder directe ontsteking geldt dat de gaswolk zich mogelijk onder de naastgelegen (gedeeltelijke) overkapping verspreid (en zelfs onder de daarachter gelegen overkappingen -wegdeel C- aangezien de wegdelen B en E voorzien zijn van hoge geluidsschermen) en daar wordt ontstoken. Om die reden worden de scenario's zonder directe ontsteking aangepast afhankelijk van de windrichting:
 - voor de windrichtingen waarbij de gaswolk niet onder de overkapping kan worden geblazen (windrichting N-W voor wegdeel O en windrichting ZW-ZO voor wegdeel P) wordt de modellering van de scenario's zonder directe ontsteking uit Tabel 22 en Tabel 23 gebruikt. Hierbij kan voor alle varianten gebruik worden

gemaakt van de basis-bevolkingsfiles, zonder aanpassingen voor de overkappingen.

- voor de windrichtingen waarbij de gaswolk onder de overkapping kan worden geblazen (windrichting W-N voor wegdeel O en windrichting ZO-ZW voor wegdeel P) wordt aangenomen dat de gaswolk altijd de eerste overkapping van de rijbaan waarop het ongeval plaatsvindt zal vullen (deze aanname is conservatief wat betreft het altijd vullen van de overkapping, maar optimistisch wat betreft het niet vullen van de overkapping van de naastgelegen rijbaan) en nooit de tweede overkapping (dit is enigszins optimistisch) en altijd wordt ontstoken (aangezien er genoeg hete motoren van voertuigen aanwezig zijn om de gaswolk te ontsteken; dit is enigszins conservatief). Op de rijbaan waarop het ongeval plaatsvindt zal dus een explosie optreden onder de naastgelegen overkapping. Dit wordt in 2 delen gemodelleerd (waarbij de kans op het scenario voor beide delen gelijk is):

GF2/GF3

parallelbaan	instnt dir	instnt disp	cont. dir	cont. disp	expl.tun.A	uiteinA var. 2
GF2 spits	7.24E-11	1.81E-11	1.51E-10	3.36E-11	1.31E-11	6.55E-12
GF2 dag	1.96E-10	4.90E-11	4.09E-10	9.10E-11	3.54E-11	1.77E-11
GF2 nacht	5.74E-11	1.44E-11	1.20E-10	2.67E-11	6.77E-12	3.38E-12
GF3 spits	1.97E-09	4.93E-10	4.11E-09	9.15E-10	3.56E-10	1.78E-10
GF3 dag	5.33E-09	1.33E-09	1.11E-08	2.47E-09	9.63E-10	4.81E-10
GF3 nacht	1.56E-09	3.91E-10	3.26E-09	7.25E-10	1.84E-10	9.21E-11
hoofdrijbaan	instnt dir	instnt disp	cont. dir	cont. disp	expl.tun.A	uiteinA var. 2
GF2 spits	1.83E-10	4.57E-11	3.81E-10	8.48E-11	3.30E-11	1.65E-11
GF2 dag	4.94E-10	1.23E-10	1.03E-09	2.29E-10	8.92E-11	4.46E-11
GF2 nacht	1.45E-10	3.62E-11	3.02E-10	6.72E-11	1.71E-11	8.53E-12
GF3 spits	4.97E-09	1.24E-09	1.04E-08	2.31E-09	8.98E-10	4.49E-10
GF3 dag	1.34E-08	3.36E-09	2.80E-08	6.24E-09	2.43E-09	1.21E-09
GF3 nacht	3.94E-09	9.84E-10	8.22E-09	1.83E-09	4.64E-10	2.32E-10
hoofdrijbaan	instnt dir	instnt disp	cont. dir	cont. disp	expl.tun.A	uiteinA var. 2
cat. I GF2 spits	2.55E-10	6.38E-11	5.33E-10	1.18E-10	4.61E-11	2.30E-11
cat. I GF2 dag	6.90E-10	1.72E-10	1.44E-09	3.20E-10	1.25E-10	6.23E-11
cat. I GF2 nacht	2.02E-10	5.06E-11	4.22E-10	9.39E-11	2.38E-11	1.19E-11
cat. I GF3 spits	6.94E-09	1.73E-09	1.45E-08	3.22E-09	1.25E-09	6.27E-10
cat. I GF3 dag	1.88E-08	4.69E-09	3.92E-08	8.71E-09	3.39E-09	1.70E-09
cat. I GF3 nacht	5.50E-09	1.37E-09	1.15E-08	2.55E-09	6.48E-10	3.24E-10

LF1/LF2/LT1/LT2

parallelbaan	instnt dir	instnt disp	cont. dir	cont. disp		instant.	continu
LF1 spits	1.30E-10	2.60E-08	5.22E-10	1.04E-07	LT1 spits	2.85E-09	1.14E-08
LF1 dag	3.53E-10	7.02E-08	1.41E-09	2.81E-07	LT1 dag	7.71E-09	3.09E-08
LF1 nacht	1.03E-10	2.06E-08	4.14E-10	8.23E-08	LT1 nacht	2.26E-09	9.05E-09
LF2 spits	1.32E-09	1.90E-08	5.28E-09	7.60E-08	LT2 spits	1.06E-09	4.23E-09
LF2 dag	3.57E-09	5.14E-08	1.43E-08	2.05E-07	LT2 dag	2.86E-09	1.14E-08
LF2 nacht	1.05E-09	1.51E-08	4.19E-09	6.02E-08	LT2 nacht	8.39E-10	3.36E-09
hoofdrijbaan	instnt dir	instnt disp	cont. dir	cont. disp			
LF1 spits	3.29E-10	6.55E-08	1.32E-09	2.62E-07	LT1 spits	7.19E-09	2.88E-08
LF1 dag	8.90E-10	1.77E-07	3.56E-09	7.08E-07	LT1 dag	1.94E-08	7.78E-08
LF1 nacht	2.61E-10	5.19E-08	1.04E-09	2.08E-07	LT1 nacht	5.70E-09	2.28E-08
LF2 spits	3.33E-09	4.79E-08	1.33E-08	1.91E-07	LT2 spits	2.67E-09	1.07E-08
LF2 dag	9.00E-09	1.29E-07	3.60E-08	5.18E-07	LT2 dag	7.21E-09	2.89E-08
LF2 nacht	2.64E-09	3.80E-08	1.06E-08	1.52E-07	LT2 nacht	2.11E-09	8.46E-09

Tabel 41 Scenario kansen per jaar op wegdeel O.

- De explosie onder de overkapping: Hierbij wordt aangenomen dat alle weggebruikers onder de overkapping zullen overlijden ten gevolge van de brandende gaswolk en de overdruk effecten. Voor alle perioden worden de aantallen aanwezigen met de rijrichting vanuit de overkapping naar het ongeval handmatig berekend, rekening houdend met het deel van de file dat onder de overkapping staat; deze aantallen weggebruikers per periode zijn gelijk bij alle varianten, behalve op de parallelbaan van variant 3. Hier moeten de aantallen weggebruikers berekend worden die onder de overkapping vanaf wegdeel A tot

en met wegdeel F aanwezig zijn. Voor de tegenovergestelde berekening hoeven geen berekeningen te worden uitgevoerd; op het moment dat de explosie zal optreden zal al het rijdende verkeer reeds onder de overkapping uitgereden zijn (dus 0 slachtoffers voor alle varianten).

- De overdruk effecten aan het uiteinde van de overkapping: De drukeffecten uit [22] zullen hier optreden, hetgeen gemodelleerd wordt met de scenario's uit Tabel 27. Hierbij dienen per variant de aanwezigen onder de overkapping uit de bevolkingsfile te worden gehaald (bij variant 3 op de parallelbaan dus vanaf wegdeel A tot en met wegdeel F) en bij variant 2 dient, vanwege de langssleuven, de kans op het optreden van deze drukeffecten te worden gehalveerd (bij het scenario explosie onder de overkapping is deze aanpassing niet noodzakelijk, omdat de aanwezigen daar bij afwezigheid van de overdruk effecten overlijden ten gevolge van hun aanwezigheid in de brandende gaswolk).

GF2/GF3

parallelbaan	instnt dir	instnt disp	cont. dir	cont. disp	expl.tun.E	uiteinE var.2
GF2 spits	7.97E-11	1.99E-11	1.66E-10	3.70E-11	1.46E-11	7.31E-12
GF2 dag	2.16E-10	5.39E-11	4.50E-10	1.00E-10	3.96E-11	1.98E-11
GF2 nacht	6.32E-11	1.58E-11	1.32E-10	2.93E-11	1.49E-11	7.47E-12
GF3 spits	2.17E-09	5.42E-10	4.53E-09	1.01E-09	3.98E-10	1.99E-10
GF3 dag	5.86E-09	1.47E-09	1.22E-08	2.72E-09	1.08E-09	5.38E-10
GF3 nacht	1.72E-09	4.30E-10	3.59E-09	7.98E-10	4.06E-10	2.03E-10
hoofdrijbaan	instnt dir	instnt disp	cont. dir	cont. disp	expl.tun.E	uiteinE var.2
GF2 spits	2.01E-10	5.02E-11	4.19E-10	9.33E-11	3.69E-11	1.84E-11
GF2 dag	5.43E-10	1.36E-10	1.13E-09	2.52E-10	9.97E-11	4.99E-11
GF2 nacht	1.59E-10	3.98E-11	3.33E-10	7.39E-11	3.77E-11	1.88E-11
GF3 spits	5.46E-09	1.37E-09	1.14E-08	2.54E-09	1.00E-09	5.01E-10
GF3 dag	1.48E-08	3.69E-09	3.08E-08	6.86E-09	2.71E-09	1.36E-09
GF3 nacht	4.33E-09	1.08E-09	9.04E-09	2.01E-09	1.02E-09	5.12E-10
hoofdrijbaan	instnt dir	instnt disp	cont. dir	cont. disp	expl.tun.E	uiteinE var.2
cat. I GF2 spits	2.81E-10	7.01E-11	5.86E-10	1.30E-10	5.15E-11	2.58E-11
cat. I GF2 dag	7.59E-10	1.90E-10	1.58E-09	3.52E-10	1.39E-10	6.96E-11
cat. I GF2 nacht	2.22E-10	5.56E-11	4.64E-10	1.03E-10	5.26E-11	2.63E-11
cat. I GF3 spits	7.63E-09	1.91E-09	1.59E-08	3.54E-09	1.40E-09	7.00E-10
cat. I GF3 dag	2.06E-08	5.16E-09	4.31E-08	9.58E-09	3.79E-09	1.89E-09
cat. I GF3 nacht	6.05E-09	1.51E-09	1.26E-08	2.81E-09	1.43E-09	7.15E-10

LF1/LF2/LT1/LT2

parallelbaan	instnt dir	instnt disp	cont. dir	cont. disp		instant.	continu
LF1 spits	1.44E-10	2.86E-08	5.74E-10	1.14E-07	LT1 spits	3.14E-09	1.25E-08
LF1 dag	3.88E-10	7.72E-08	1.55E-09	3.09E-07	LT1 dag	8.49E-09	3.39E-08
LF1 nacht	1.14E-10	2.26E-08	4.55E-10	9.06E-08	LT1 nacht	2.49E-09	9.95E-09
LF2 spits	1.45E-09	2.09E-08	5.81E-09	8.36E-08	LT2 spits	1.16E-09	4.66E-09
LF2 dag	3.93E-09	5.65E-08	1.57E-08	2.26E-07	LT2 dag	3.15E-09	1.26E-08
LF2 nacht	1.15E-09	1.66E-08	4.61E-09	6.63E-08	LT2 nacht	9.23E-10	3.69E-09
hoofdrijbaan	instnt dir	instnt disp	cont. dir	cont. disp			
LF1 spits	3.62E-10	7.20E-08	1.45E-09	2.88E-07	LT1 spits	7.91E-09	3.16E-08
LF1 dag	9.78E-10	1.95E-07	3.91E-09	7.79E-07	LT1 dag	2.14E-08	8.56E-08
LF1 nacht	2.87E-10	5.71E-08	1.15E-09	2.28E-07	LT1 nacht	6.27E-09	2.51E-08
LF2 spits	3.66E-09	5.27E-08	1.46E-08	2.11E-07	LT2 spits	2.93E-09	1.17E-08
LF2 dag	9.90E-09	1.42E-07	3.96E-08	5.70E-07	LT2 dag	7.93E-09	3.17E-08
LF2 nacht	2.90E-09	4.18E-08	1.16E-08	1.67E-07	LT2 nacht	2.33E-09	9.31E-09

Tabel 42 Scenario kansen per jaar op wegdeel P

De kans per jaar op bovengenoemde scenario's is gelijk aan de vervolgs kans op het scenario maal p_0 (de initiële letselongevalskans ($5.20 \cdot 10^{-8}$ /km/vtg) * het aantal voertuigen per jaar geladen met de stofcategorie * de lengte van het wegdeel in km). Voor de scenario's met vertraagde ontsteking worden aangepaste meteofilie gebruikt (waarin alleen de voor het scenario geldende windrichtingen zijn opgenomen); voor de scenario's met vertraagde ontsteking onder de overkapping worden de bovengenoemde kansen vermenigvuldigd met de kans op de heersende windrichting waardoor de gaswolk

onder de overkapping geblazen wordt. Deze scenariokansen zijn opgenomen in Tabel 41 voor wegdeel O en in Tabel 42 voor wegdeel P.

Op de wegdelen met geluidsschermen (B, D en F van de varianten 1 en 2 uit Figuur 19) worden ook alleen de effecten van ongevallen met het transport van gevaarlijke stoffen beschouwd. De warmte en rookgassen van branden in voertuigen zullen ook hier onbelemmerd kunnen opstijgen. Bij de uitwerking van de scenario's moet rekening worden gehouden met de aanwezigheid van een (gedeeltelijke) overkapping voor en/of na de wegdelen B, D en F en de aanwezigheid van de geluidsschermen.

- Brandbare vloeistoffen: Ook nu zullen de scenario's bij deze stofklasse alleen effecten op korte afstand van het ongeval leveren, waardoor de scenario's uit Tabel 18 en Tabel 19 en de basis-bevolkingsfiles ongewijzigd voor alle varianten kunnen worden gebruikt. De invloed van de afscherming van de weg voor de wind wordt hiermee buiten beschouwing gelaten. De fout die hiermee wordt gemaakt zal zeer klein zijn, omdat tussen de geluidsschermen een windsnelheid van (maximaal) 3 m/s wordt opgewekt door het rijdende verkeer.
- Toxische vloeistoffen: Ook uitstromingen van de toxische vloeistoffen zullen alleen op korte afstand van het ongeval tot slachtoffers kunnen leiden, omdat berekeningen met de module GBO van het computerprogramma SAVE II hebben laten zien dat de gaswolk op korte afstand van het uitstroompunt al tot boven de geluidsschermen gestegen zal zijn. Dus ook hier kan het effect van de afscherming van de wind door de geluidsschermen buiten beschouwing blijven en kunnen voor alle varianten de scenario's uit Tabel 20 en Tabel 21 met de basis-bevolkingsfiles worden gebruikt.
- Brandbare (tot vloeistof verdichte) gassen: Ook hier zullen de effecten van de scenario's met directe ontsteking alleen lokaal tot slachtoffers leiden, zodat voor alle varianten de scenario's met directe ontsteking uit Tabel 22 en Tabel 23 en de basis-bevolkingsfiles ongewijzigd kunnen worden gebruikt.
 - Voor de scenario's zonder directe ontsteking geldt ook hier dat de gaswolk zich onder de overkapping van de naastgelegen rijbaan kan verspreiden (de gaswolk die na uitstroming ontstaat zal zwaar zijn en zich dus alleen tussen de geluidsschermen verplaatsen) en daar ontstoken worden. Om die reden worden de scenario's zonder directe ontsteking aangepast afhankelijk van de windrichting:
 - voor de windrichtingen waarbij de gaswolk niet onder de overkapping kan worden geblazen (windrichting ZW-ZO voor wegdeel F) wordt de modellering van de scenario's zonder directe ontsteking uit Tabel 22 en Tabel 23 gebruikt. Hierbij kan voor alle varianten gebruik worden gemaakt van de basis-bevolkingsfiles, zonder aanpassingen voor de overkappingen.
 - voor de windrichtingen waarbij de gaswolk onder de overkapping kan worden geblazen (windrichting NO-ZW voor wegdeel A vanaf wegdeel B, windrichting ZW-NO voor wegdeel C vanaf wegdeel B, windrichting NO-ZW voor wegdeel C vanaf wegdeel D, windrichting ZW-NO voor wegdeel E vanaf wegdeel D en windrichting ZO-ZW voor wegdeel E vanaf wegdeel F) wordt (net als op de open wegdelen) aangenomen dat de gaswolk altijd de eerste en nooit de tweede (gedeeltelijke) overkapping van de rijbaan waarop het ongeval plaatsvindt zal vullen en altijd wordt ontstoken. Ook hier zal de modellering van dit scenario in twee delen worden uitgevoerd:
 - De explosie onder de overkapping: zie bijlage 9.2.1.
 - De overdruk effecten aan het uiteinde van de overkapping: zie bijlage 9.2.1.
- De scenariokansen (die op dezelfde wijze worden berekend als voor de scenario's op de open wegdelen) zijn opgenomen in Tabel 43 voor wegdeel B, in Tabel 44 voor wegdeel D en in Tabel 45 voor wegdeel F.

GF2/GF3

parallelbaan	instnt dir	cont. dir	expl.tun.A	expl.tun.C	uiteinA var.2	uiteinC var.2
GF2 spits	1.45E-10	3.02E-10	4.39E-11	5.96E-11	2.19E-11	2.98E-11
GF2 dag	3.92E-10	8.18E-10	1.19E-10	1.61E-10	5.93E-11	8.06E-11
GF2 nacht	1.15E-10	2.40E-10	4.53E-11	3.68E-11	2.26E-11	1.84E-11
GF3 spits	3.94E-09	8.23E-09	1.19E-09	1.62E-09	5.97E-10	8.11E-10
GF3 dag	1.07E-08	2.23E-08	3.23E-09	4.38E-09	1.61E-09	2.19E-09
GF3 nacht	3.12E-09	6.52E-09	1.23E-09	1.00E-09	6.16E-10	5.00E-10
hoofddrijbaan	instnt dir	cont. dir	expl.tun.A	expl.tun.C	uiteinA var.2	uiteinC var.2
GF2 spits	3.65E-10	7.63E-10	1.11E-10	1.50E-10	5.53E-11	7.51E-11
GF2 dag	9.88E-10	2.06E-09	2.99E-10	4.06E-10	1.50E-10	2.03E-10
GF2 nacht	2.90E-10	6.05E-10	1.14E-10	9.27E-11	5.71E-11	4.63E-11
GF3 spits	9.93E-09	2.07E-08	3.01E-09	4.09E-09	1.50E-09	2.04E-09
GF3 dag	2.69E-08	5.61E-08	8.14E-09	1.11E-08	4.07E-09	5.53E-09
GF3 nacht	7.88E-09	1.64E-08	3.11E-09	2.52E-09	1.55E-09	1.26E-09
hoofddrijbaan	instnt dir	cont. dir	expl.tun.A	expl.tun.C	uiteinA var.2	uiteinC var.2
cat. I GF2 spits	5.10E-10	1.07E-09	1.54E-10	2.10E-10	7.72E-11	1.05E-10
cat. I GF2 dag	1.38E-09	2.88E-09	4.18E-10	5.68E-10	2.09E-10	2.84E-10
cat. I GF2 nacht	4.04E-10	8.44E-10	1.59E-10	1.29E-10	7.97E-11	6.47E-11
cat. I GF3 spits	1.39E-08	2.90E-08	4.20E-09	5.71E-09	2.10E-09	2.85E-09
cat. I GF3 dag	3.75E-08	7.83E-08	1.14E-08	1.54E-08	5.68E-09	7.72E-09
cat. I GF3 nacht	1.10E-08	2.30E-08	4.34E-09	3.52E-09	2.17E-09	1.76E-09

LF1/LF2/LT1/LT2

parallelbaan	instnt dir	instnt disp	cont. dir	cont. disp		instant.	continu
LF1 spits	2.61E-10	5.19E-08	1.04E-09	2.08E-07	LT1 spits	5.70E-09	2.28E-08
LF1 dag	7.06E-10	1.40E-07	2.82E-09	5.62E-07	LT1 dag	1.54E-08	6.17E-08
LF1 nacht	2.07E-10	4.12E-08	8.28E-10	1.65E-07	LT1 nacht	4.52E-09	1.81E-08
LF2 spits	2.64E-09	3.80E-08	1.06E-08	1.52E-07	LT2 spits	2.12E-09	8.46E-09
LF2 dag	7.14E-09	1.03E-07	2.86E-08	4.11E-07	LT2 dag	5.72E-09	2.29E-08
LF2 nacht	2.09E-09	3.01E-08	8.37E-09	1.20E-07	LT2 nacht	1.68E-09	6.71E-09
hoofddrijbaan	instnt dir	instnt disp	cont. dir	cont. disp			
LF1 spits	6.58E-10	1.31E-07	2.63E-09	5.24E-07	LT1 spits	1.44E-08	5.75E-08
LF1 dag	1.78E-09	3.54E-07	7.12E-09	1.42E-06	LT1 dag	3.89E-08	1.56E-07
LF1 nacht	5.22E-10	1.04E-07	2.09E-09	4.15E-07	LT1 nacht	1.14E-08	4.56E-08
LF2 spits	6.66E-09	9.57E-08	2.66E-08	3.83E-07	LT2 spits	5.33E-09	2.13E-08
LF2 dag	1.80E-08	2.59E-07	7.20E-08	1.04E-06	LT2 dag	1.44E-08	5.77E-08
LF2 nacht	5.28E-09	7.59E-08	2.11E-08	3.04E-07	LT2 nacht	4.23E-09	1.69E-08

Tabel 43 Scenario's per jaar op wegdeel B (niet voor parallelbaan variant 3).

9.2.2 Overkapte wegdelen

Op de wegen met een gedeeltelijke overkapping (de hoofddrijbaan wegdelen B, D en F van variant 3) worden, net als bij de externe veiligheid, gemodelleerd als de wegdelen met geluidsschermen (van variant 1), dus:

- Brandbare vloeistoffen: scenario's uit Tabel 18 en Tabel 19 en de basis-bevolkingsfiles.
- Toxische vloeistoffen: scenario's uit Tabel 20 en Tabel 21 en de basis-bevolkingsfiles.
- Brandbare (tot vloeistof verdichte) gasen:
 - voor wegdeel F bij windrichting Z-O de scenario's zonder directe ontsteking uit Tabel 22 en Tabel 23 en de basis-bevolkingsfiles, waarbij de weggebruikers op de parallelbaan onder de overkapping worden gewist.
 - voor de windrichtingen waarbij de gaswolk onder de overkapping kan worden geblazen (windrichting NO-ZW voor wegdeel A vanaf wegdeel B, windrichting ZW-NO voor wegdeel C vanaf wegdeel B, windrichting NO-ZW voor wegdeel C vanaf wegdeel D, windrichting ZW-NO voor wegdeel E vanaf wegdeel D en windrichting O-Z voor wegdeel E vanaf wegdeel F) zal de gaswolk altijd de eerste en nooit de tweede overkapping van de rijbaan waarop het ongeval plaatsvindt vullen en altijd worden ontstoken. De modellering van dit scenario gebeurt identiek aan de wijze waarop dit gebeurt is bij de wegdelen met de geluidsschermen.

De scenario's voor de hoofddrijbaan uit Tabel 43 voor wegdeel B, Tabel 44 voor wegdeel D en Tabel 45 voor wegdeel F worden ook hier gebruikt.

Op de overkapte wegdelen (de wegdelen A, C en E van variant 1, het wegdeel A tot en met F op de parallelbaan van variant 3 en de wegdelen A, C en E op de hoofdrijbaan van variant 3) wordt gebruik gemaakt van het door de Bouwdienst RWS ontwikkelde Excel spreadsheet TunPrim.xls (versie 30 november 1999). Dit spreadsheet bevat de gebeurtenissenboom van alle mogelijke ongevallen in een tunnel/overkapping en hun gevolgen en de berekening van de verwachtingswaarde en het groepsrisico op basis van deze ongevallen en gevolgen. In bijlage 10 is de beschrijving van deze gebeurtenissenboom opgenomen (zowel een beschrijving van de gebeurtenissenboom, de kansen van de takken van de gebeurtenissenboom, de overige invoer als een beschrijving van de modellering van de gevolgen).

De voor de Leidsche Rijn overkappingen gebruikte invoer voor het tunnelmodel is opgenomen in bijlage 10.3.

GF2/GF3

parallelbaan	instnt dir	cont. dir	expl.tun.C	expl.tun.E	uiteinC var.2	uiteinE var.2
GF2 spits	3.62E-10	7.56E-10	1.10E-10	1.49E-10	5.48E-11	7.45E-11
GF2 dag	9.80E-10	2.05E-09	2.97E-10	4.03E-10	1.48E-10	2.02E-10
GF2 nacht	2.87E-10	6.00E-10	1.13E-10	9.19E-11	5.66E-11	4.59E-11
GF3 spits	9.85E-09	2.06E-08	2.98E-09	4.05E-09	1.49E-09	2.03E-09
GF3 dag	2.66E-08	5.56E-08	8.07E-09	1.10E-08	4.03E-09	5.48E-09
GF3 nacht	7.81E-09	1.63E-08	3.08E-09	2.50E-09	1.54E-09	1.25E-09
hoofdrijbaan	instnt dir	cont. dir	expl.tun.C	expl.tun.E	uiteinC var.2	uiteinE var.2
GF2 spits	9.13E-10	1.91E-09	2.77E-10	3.76E-10	1.38E-10	1.88E-10
GF2 dag	2.47E-09	5.16E-09	7.48E-10	1.02E-09	3.74E-10	5.08E-10
GF2 nacht	7.24E-10	1.51E-09	2.85E-10	2.32E-10	1.43E-10	1.16E-10
GF3 spits	2.48E-08	5.18E-08	7.52E-09	1.02E-08	3.76E-09	5.11E-09
GF3 dag	6.72E-08	1.40E-07	2.03E-08	2.76E-08	1.02E-08	1.38E-08
GF3 nacht	1.97E-08	4.11E-08	7.76E-09	6.30E-09	3.88E-09	3.15E-09
hoofdrijbaan	instnt dir	cont. dir	expl.tun.C	expl.tun.E	uiteinC var.2	uiteinE var.2
cat. I GF2 spits	1.28E-09	2.66E-09	3.86E-10	5.25E-10	1.93E-10	2.62E-10
cat. I GF2 dag	3.45E-09	7.20E-09	1.04E-09	1.42E-09	5.22E-10	7.09E-10
cat. I GF2 nacht	1.01E-09	2.11E-09	3.99E-10	3.24E-10	1.99E-10	1.62E-10
cat. I GF3 spits	3.47E-08	7.24E-08	1.05E-08	1.43E-08	5.25E-09	7.13E-09
cat. I GF3 dag	9.38E-08	1.96E-07	2.84E-08	3.86E-08	1.42E-08	1.93E-08
cat. I GF3 nacht	2.75E-08	5.74E-08	1.08E-08	8.80E-09	5.42E-09	4.40E-09

LF1/LF2/LT1/LT2

parallelbaan	instnt dir	instnt disp	cont. dir	cont. disp		instant.	continuu
LF1 spits	6.52E-10	1.30E-07	2.61E-09	5.19E-07	LT1 spits	1.43E-08	5.70E-08
LF1 dag	1.76E-09	3.51E-07	7.06E-09	1.40E-06	LT1 dag	3.86E-08	1.54E-07
LF1 nacht	5.17E-10	1.03E-07	2.07E-09	4.12E-07	LT1 nacht	1.13E-08	4.52E-08
LF2 spits	6.60E-09	9.50E-08	2.64E-08	3.80E-07	LT2 spits	5.29E-09	2.12E-08
LF2 dag	1.79E-08	2.57E-07	7.14E-08	1.03E-06	LT2 dag	1.43E-08	5.72E-08
LF2 nacht	5.23E-09	7.53E-08	2.09E-08	3.01E-07	LT2 nacht	4.19E-09	1.68E-08
hoofdrijbaan	instnt dir	instnt disp	cont. dir	cont. disp			
LF1 spits	1.64E-09	3.27E-07	6.58E-09	1.31E-06	LT1 spits	3.59E-08	1.44E-07
LF1 dag	4.45E-09	8.85E-07	1.78E-08	3.54E-06	LT1 dag	9.72E-08	3.89E-07
LF1 nacht	1.30E-09	2.59E-07	5.22E-09	1.04E-06	LT1 nacht	2.85E-08	1.14E-07
LF2 spits	1.66E-08	2.39E-07	6.66E-08	9.57E-07	LT2 spits	1.33E-08	5.33E-08
LF2 dag	4.50E-08	6.47E-07	1.80E-07	2.59E-06	LT2 dag	3.61E-08	1.44E-07
LF2 nacht	1.32E-08	1.90E-07	5.28E-08	7.59E-07	LT2 nacht	1.06E-08	4.23E-08

Tabel 44 Scenariokansen per jaar op wegdeel D (niet voor parallelbaan variant 3).

Op de wegdelen met langssleuven (de wegdelen A, C en E van variant 2) is de grootte van het open oppervlak van de langssleuven voldoende groot om de warmte en rookgassen van voertuigbranden af te voeren. Om deze reden wordt ook op deze wegdelen het in brand raken van voertuigen niet beschouwd en wordt alleen de transport van gevaarlijke stoffen beschouwd in de risicoanalyse. Aangezien er wel sprake is van enige mate van opsluiting voor deze wegdelen, kan voor de modellering van de effecten geen gebruik gemaakt worden van het computerprogramma SAVE. Om deze reden wordt ook hier gebruik gemaakt van het door de Bouwdienst ontwikkelde spreadsheet TunPrim.xls (versie 30 november 1999), waarbij de invoer van het programma vrijwel

gelijk is aan de invoer van de overkapte wegdelen (zie bijlage 10.5 -alleen de aanwezigheid van ventilatie zal afwijken-). De parameters voor de berekening van de gevolgen in het spreadsheet zijn nu echter aangepast om de gevolgen van de ongevallen onder de overkapping met langssleuven te kunnen modelleren. Deze aanpassing van de parameters is beschreven in bijlage 10.4.

GF2/GF3

parallelbaan	instnt dir	instnt disp	cont. dir	cont. disp	expl.tun.E	uiteinE var.2
GF2 spits	1.09E-10	2.72E-11	2.27E-10	5.04E-11	1.99E-11	9.97E-12
GF2 dag	2.94E-10	7.35E-11	6.14E-10	1.36E-10	5.39E-11	2.70E-11
GF2 nacht	8.62E-11	2.15E-11	1.80E-10	4.00E-11	2.04E-11	1.02E-11
GF3 spits	2.96E-09	7.39E-10	6.17E-09	1.37E-09	5.43E-10	2.71E-10
GF3 dag	7.99E-09	2.00E-09	1.67E-08	3.71E-09	1.47E-09	7.34E-10
GF3 nacht	2.34E-09	5.86E-10	4.89E-09	1.09E-09	5.54E-10	2.77E-10
hoofddrijbaan	instnt dir	instnt disp	cont. dir	cont. disp	expl.tun.E	uiteinE var.2
GF2 spits	2.74E-10	6.85E-11	5.72E-10	1.27E-10	5.03E-11	2.51E-11
GF2 dag	7.41E-10	1.85E-10	1.55E-09	3.44E-10	1.36E-10	6.80E-11
GF2 nacht	2.17E-10	5.43E-11	4.53E-10	1.01E-10	5.13E-11	2.57E-11
GF3 spits	7.45E-09	1.86E-09	1.56E-08	3.46E-09	1.37E-09	6.84E-10
GF3 dag	2.01E-08	5.04E-09	4.21E-08	9.35E-09	3.70E-09	1.85E-09
GF3 nacht	5.91E-09	1.48E-09	1.23E-08	2.74E-09	1.40E-09	6.98E-10
hoofddrijbaan	instnt dir	instnt disp	cont. dir	cont. disp	expl.tun.E	uiteinE var.2
cat. I GF2 spits	3.83E-10	9.56E-11	7.99E-10	1.78E-10	7.02E-11	3.51E-11
cat. I GF2 dag	1.03E-09	2.59E-10	2.16E-09	4.80E-10	1.90E-10	9.50E-11
cat. I GF2 nacht	3.03E-10	7.58E-11	6.33E-10	1.41E-10	7.17E-11	3.59E-11
cat. I GF3 spits	1.04E-08	2.60E-09	2.17E-08	4.83E-09	1.91E-09	9.55E-10
cat. I GF3 dag	2.81E-08	7.04E-09	5.88E-08	1.31E-08	5.17E-09	2.58E-09
cat. I GF3 nacht	8.25E-09	2.06E-09	1.72E-08	3.83E-09	1.95E-09	9.75E-10

LF1/LF2/LT1/LT2

parallelbaan	instnt dir	instnt disp	cont. dir	cont. disp		instant.	continu
LF1 spits	1.96E-10	3.89E-08	7.83E-10	1.56E-07	LT1 spits	4.28E-09	1.71E-08
LF1 dag	5.29E-10	1.05E-07	2.12E-09	4.21E-07	LT1 dag	1.16E-08	4.63E-08
LF1 nacht	1.55E-10	3.09E-08	6.21E-10	1.24E-07	LT1 nacht	3.39E-09	1.36E-08
LF2 spits	1.98E-09	2.85E-08	7.92E-09	1.14E-07	LT2 spits	1.59E-09	6.35E-09
LF2 dag	5.36E-09	7.70E-08	2.14E-08	3.08E-07	LT2 dag	4.29E-09	1.72E-08
LF2 nacht	1.57E-09	2.26E-08	6.28E-09	9.03E-08	LT2 nacht	1.26E-09	5.03E-09
hoofddrijbaan	instnt dir	instnt disp	cont. dir	cont. disp			
LF1 spits	4.93E-10	9.82E-08	1.97E-09	3.93E-07	LT1 spits	1.08E-08	4.31E-08
LF1 dag	1.33E-09	2.66E-07	5.34E-09	1.06E-06	LT1 dag	2.92E-08	1.17E-07
LF1 nacht	3.91E-10	7.78E-08	1.56E-09	3.11E-07	LT1 nacht	8.55E-09	3.42E-08
LF2 spits	4.99E-09	7.18E-08	2.00E-08	2.87E-07	LT2 spits	4.00E-09	1.60E-08
LF2 dag	1.35E-08	1.94E-07	5.40E-08	7.77E-07	LT2 dag	1.08E-08	4.33E-08
LF2 nacht	3.96E-09	5.69E-08	1.58E-08	2.28E-07	LT2 nacht	3.17E-09	1.27E-08

Tabel 45 Scenario kansen per jaar op wegdeel F (niet voor parallelbaan variant 3).

9.3

Interne risico ten gevolge van de gewone ongevallen

Bij een gewoon letselongeval (dus een botsing van een of meerdere voertuigen) valt gemiddeld 0.08 dode. Op de rijbanen van de Leidsche Rijn is de letselongevalsfrequentie $5.2 \cdot 10^{-8}$ /vtg/km/jr. Op beide hoofddrijbanen zullen dan $37,631,500 \cdot 5.2 \cdot 10^{-8} = 1.957$ letselongevallen per kilometer optreden en op de parallelbaan $14,928,500 \cdot 5.2 \cdot 10^{-8} = 0.776$, waarbij gemiddeld 0.08 dode valt.

Dus de verwachtingswaarde van de gewone ongevallen is per kilometer hoofddrijbaan gelijk aan $(1.957 \cdot 0.08) = 0.157$ en per kilometer parallelbaan $(0.776 \cdot 0.08) = 0.062$. Deze verwachtingswaarden zullen, indien een groepsrisico curve van de slachtoffers ten gevolge van de gewone ongevallen getekend wordt, een frequentie van 0.157 per kilometer hoofddrijbaan en 0.062 per kilometer parallelbaan opleveren bij 1 slachtoffer ($N = 1$).

Bijlage

10. Beschrijving van het tunnelmodel (spreadsheet TunPrim.xls)

versie 30 november 1999

10.1 Gebeurtenissenboom

In deze tekst wordt ingegaan op de gebeurtenissenboom van een enkelvoudig (primair) ongeval in een tunnel. De gebeurtenissenboom is weergegeven in Figuur 21 (nadere verklaring van de takken en opbouw van de gebeurtenissenboom is in de tekst erna opgenomen).

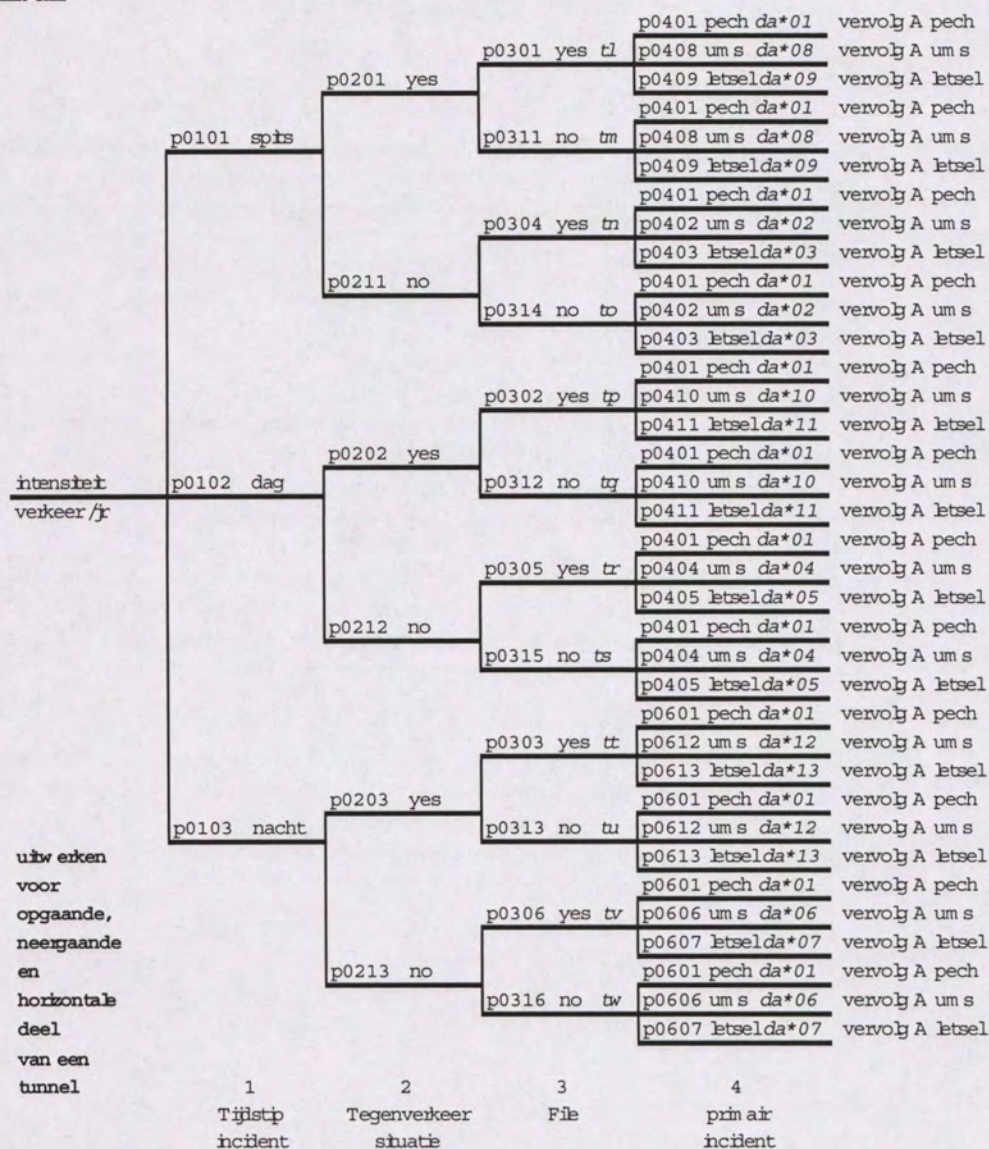
Deze gebeurtenissenboom is opgezet voor een dichte tunnel, waarbij in de tunnelbuizen - in de normale situatie- het verkeer in één richting rijdt.

De gebeurtenissenboom wordt voor elk, qua "gevaarlijkheid" afwijkend, deel van de tunnel doorgerekend. Bij de meeste oeververbindingen zullen dit twee delen zijn: het opgaande en neergaande deel van de tunnel. In een enkele tunnel (vooral landtunnels) kunnen ook (of alleen) horizontale delen onderscheiden worden. Per tunneldeel wordt het ongeval in het midden van het tunneldeel gemodelleerd.

In deze tekst wordt met de term "voor het ongeval" het deel van de tunnel benedenstrooms van het ongeval (dus vanaf de locatie van het ongeval tot aan de tunneluitgang) bedoeld. Met de term "achter het ongeval" wordt het deel van de tunnel bovenstrooms van het ongeval (dus vanaf de tunnelingang tot aan de locatie van het ongeval) bedoeld.

Daar waar in de tekst waarden zijn opgenomen bij kansen en parameters betreft het vaste waarden die de gebruiker niet dient te wijzigen zolang de inzichten over deze waarden niet veranderen. Daar waar in de tekst geen waarden zijn opgenomen bij kansen en parameters dient de gebruiker van het tunnelmodel deze waarden in te voeren in het model alvorens de berekeningen worden gestart.

Gebeurtenissenboom
primair



Figuur 21 Gebeurtenissenboom van het tunnelmodel.

Vervolg A Ietsel

p0501 auto	p0600 n.v.t.	p0700 n.v.t.	p0800 n.v.t.	p0900 n.v.t.	sb	*	yes	p1000 n.v.t.	ka	vervolg B1
* = p1003/05/07/09/11/13 j*03/05/07/09/11/13						**	no	p1000 n.v.t.	ka	vervolg B3
** = p1023/25/27/29/31/33 j*23/25/27/29/31/33						***	yes	p1000 n.v.t.	ka	vervolg B1
p0502 bus	p0600 n.v.t.	p0700 n.v.t.	p0800 n.v.t.	p0900 n.v.t.	sc	***	yes	p1000 n.v.t.	ka	vervolg B1
*** = p1004/06/08/10/12/14 j*04/06/08/10/12/14						****	no	p1000 n.v.t.	ka	vervolg B3
**** = p1024/26/28/30/32/34 j*24/26/28/30/32/34										
				p0901 inst	se	p1015 yes	j01	p1000 n.v.t.	ka	vervolg B1
				p1025 no	j11	p1000 n.v.t.	ka	vervolg B2		
				p0801 yes	p0902 5 m3	sf	p1015 yes	j01	p1000 n.v.t.	ka
						p1025 no	j11	p1000 n.v.t.	ka	vervolg B2
				p0903 0,5 m3	sg	p1015 yes	j01	p1000 n.v.t.	ka	vervolg B1
						p1025 no	j11	p1000 n.v.t.	ka	vervolg B2
				p0701 LF						
				p0811 no	p0900 n.v.t.	sh	p1000 n.v.t.	j00	p1000 n.v.t.	ka
						p0901 inst	sf	p1000 n.v.t.	j00	p1000 n.v.t.
						p1000 n.v.t.	j00	p1000 n.v.t.	ka	vervolg B2
				p0801 yes	p0902 5 m3	sk	p1000 n.v.t.	j00	p1000 n.v.t.	ka
						p0903 0,5 m3	sl	p1000 n.v.t.	j00	p1000 n.v.t.
						p1000 n.v.t.	j00	p1000 n.v.t.	ka	vervolg B2
				p0702 LT	p0811 no	p0900 n.v.t.	am	p1005 yes	p1000 n.v.t.	ka
						p1008 no	p1000 n.v.t.	ka	vervolg B3	
						p0904 inst	so	p1016 yes	j02	p1000 n.v.t.
						p1026 no	j12	p1000 n.v.t.	ka	vervolg B2
				p0802 yes	p0905 cont	sp	p1016 yes	j02	p1000 n.v.t.	ka
						p1026 no	j12	p1000 n.v.t.	ka	vervolg B2
				p0703 GF	p0906 n.v.t.	sa	p1000 n.v.t.	j00	p1000 n.v.t.	ka
						p1000 n.v.t.	j00	p1000 n.v.t.	ka	vervolg B3
				p0812 no	p0900 n.v.t.	sq	p1000 n.v.t.	j00	p1000 n.v.t.	ka
						p0904 inst	ss	p1000 n.v.t.	j00	p1000 n.v.t.
						p1000 n.v.t.	j00	p1000 n.v.t.	ka	vervolg B2
				p0802 yes	p0905 cont	st	p1000 n.v.t.	j00	p1000 n.v.t.	ka
						p0906 n.v.t.	tz	p1000 n.v.t.	j00	p1000 n.v.t.
						p1000 n.v.t.	j00	p1000 n.v.t.	ka	vervolg B3
				p0704 GT	p0812 no	p0900 n.v.t.	su	p1005 yes	p1000 n.v.t.	ka
						p1008 no	p1000 n.v.t.	ka	vervolg B3	
				p0705 E	p0800 n.v.t.	p0900 n.v.t.	sv	*** yes	p1000 n.v.t.	ka
						**** no	p1000 n.v.t.	ka	vervolg B3	
				p0602 bnb	p0700 n.v.t.	p0800 n.v.t.	p0900 n.v.t.	sw	*** yes	p1000 n.v.t.
						**** no	p1000 n.v.t.	ka	vervolg B3	
				p0603 nobnb	p0700 n.v.t.	p0800 n.v.t.	p0900 n.v.t.	sx	*** yes	p1000 n.v.t.
						**** no	p1000 n.v.t.	ka	vervolg B3	

Vervolg Figuur 21 Vervolg A van de gebeurtenissenboom voor Ietselongevallen.

Vervolg A UMS

p0501 auto	p0600 n.v.t.	p0700 n.v.t.	p0800 n.v.t.	p0900 n.v.t.	sb	p1000 n.v.t.	j00	p1100 n.v.t.	ka	vervolg B3
p0502 bus	p0600 n.v.t.	p0700 n.v.t.	p0800 n.v.t.	p0900 n.v.t.	sc	p1000 n.v.t.	j00	p1100 n.v.t.	ka	vervolg B3
				p0701 LF	p0800 n.v.t.	p0900 n.v.t.	sd	p1000 n.v.t.	j00	p1100 n.v.t.
						p1000 n.v.t.	j00	p1100 n.v.t.	ka	vervolg B3
				p0702 LT	p0800 n.v.t.	p0900 n.v.t.	si	p1000 n.v.t.	j00	p1100 n.v.t.
						p1000 n.v.t.	j00	p1100 n.v.t.	ka	vervolg B3
				p0601 GS	p0703 GF	p0800 n.v.t.	p0900 n.v.t.	sn	p1000 n.v.t.	j00
						p1000 n.v.t.	j00	p1100 n.v.t.	ka	vervolg B3
				p0704 GT	p0800 n.v.t.	p0900 n.v.t.	sr	p1000 n.v.t.	j00	p1100 n.v.t.
						p1000 n.v.t.	j00	p1100 n.v.t.	ka	vervolg B3
				p0705 E	p0800 n.v.t.	p0900 n.v.t.	sv	p1000 n.v.t.	j00	p1100 n.v.t.
						p1000 n.v.t.	j00	p1100 n.v.t.	ka	vervolg B3
				p0602 bnb	p0700 n.v.t.	p0800 n.v.t.	p0900 n.v.t.	sw	p1000 n.v.t.	j00
						p1000 n.v.t.	j00	p1100 n.v.t.	ka	vervolg B3
				p0603 nobnb	p0700 n.v.t.	p0800 n.v.t.	p0900 n.v.t.	sx	p1000 n.v.t.	j00
						p1000 n.v.t.	j00	p1100 n.v.t.	ka	vervolg B3

Vervolg Figuur 21 Vervolg A van de gebeurtenissenboom voor UMS.

Vervolg A pech

p0501	auto	p0600	n.v.t.	p0700	n.v.t.	p0800	n.v.t.	p0900	n.v.t.	sb	p1001	yes	p*01	p1100	n.v.t.	ka	vervolg B1
											p1021	no	p*21	p1100	n.v.t.	ka	vervolg B3
											p1002	yes	p*02	p1100	n.v.t.	ka	vervolg B1
p0502	bus	p0600	n.v.t.	p0700	n.v.t.	p0800	n.v.t.	p0900	n.v.t.	sc	p1022	no	p*22	p1100	n.v.t.	ka	vervolg B3
				p0701	LF	p0800	n.v.t.	p0900	n.v.t.	sd	p1000	n.v.t.	p*00	p1100	n.v.t.	ka	vervolg B1
											p1002	yes	p*02	p1100	n.v.t.	ka	vervolg B3
				p0702	LT	p0800	n.v.t.	p0900	n.v.t.	si	p1022	no	p*22	p1100	n.v.t.	ka	vervolg B1
		p0601	GS	p0703	GF	p0800	n.v.t.	p0900	n.v.t.	sn	p1000	n.v.t.	p*00	p1100	n.v.t.	ka	vervolg B3
											p1002	yes	p*02	p1100	n.v.t.	ka	vervolg B1
											p1022	no	p*22	p1100	n.v.t.	ka	vervolg B3
p0503	VA			p0704	GT	p0800	n.v.t.	p0900	n.v.t.	sr	p1002	yes	p*02	p1100	n.v.t.	ka	vervolg B1
											p1022	no	p*22	p1100	n.v.t.	ka	vervolg B3
				p0705	E	p0800	n.v.t.	p0900	n.v.t.	sv	p1002	yes	p*02	p1100	n.v.t.	ka	vervolg B1
											p1022	no	p*22	p1100	n.v.t.	ka	vervolg B3
		p0602	bzb	p0700	n.v.t.	p0800	n.v.t.	p0900	n.v.t.	sw	p1002	yes	p*02	p1100	n.v.t.	ka	vervolg B1
											p1022	no	p*22	p1100	n.v.t.	ka	vervolg B3
		p0603	nobzb	p0700	n.v.t.	p0800	n.v.t.	p0900	n.v.t.	sx	p1002	yes	p*02	p1100	n.v.t.	ka	vervolg B1
											p1022	no	p*22	p1100	n.v.t.	ka	vervolg B3

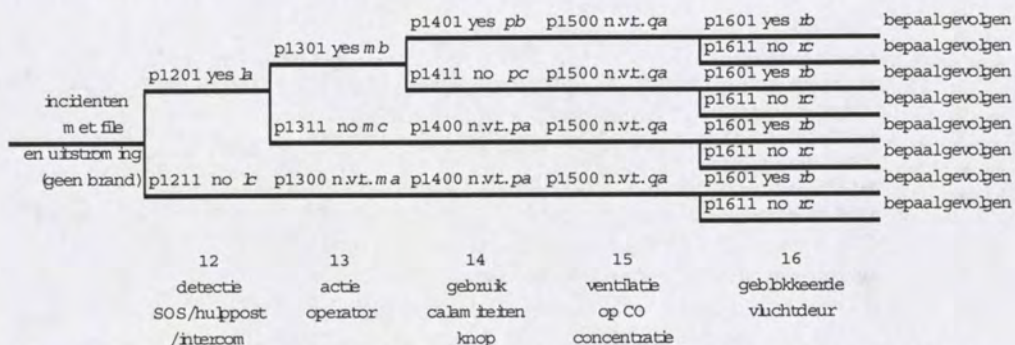
Vervolg Figuur 21 Vervolg A van de gebeurtenissenboom voor pech.

Vervolg B1 Incidenten met file en brand

				p1401 yes pb	p1500 n.v.t.qa	p1601 yes zb	bepaalgevoel
			p1301 yes mb			p1611 no xc	bepaalgevoel
					p1501 yas qb	p1601 yes zb	bepaalgevoel
		p1201 yes la		p1411 no pc		p1611 no xc	bepaalgevoel
					p1511 no qc	p1601 yes zb	bepaalgevoel
						p1611 no xc	bepaalgevoel
					p1501 yas qb	p1601 yes zb	bepaalgevoel
incidenten			p1311 no mc	p1400 n.v.t.pa		p1611 no xc	bepaalgevoel
met file					p1511 no qc	p1601 yes zb	bepaalgevoel
						p1611 no xc	bepaalgevoel
en brand					p1501 yas qb	p1601 yes zb	bepaalgevoel
		p1211 no b	p1300 n.v.t.ma	p1400 n.v.t.pa		p1611 no xc	bepaalgevoel
					p1511 no qc	p1601 yes zb	bepaalgevoel
						p1611 no xc	bepaalgevoel

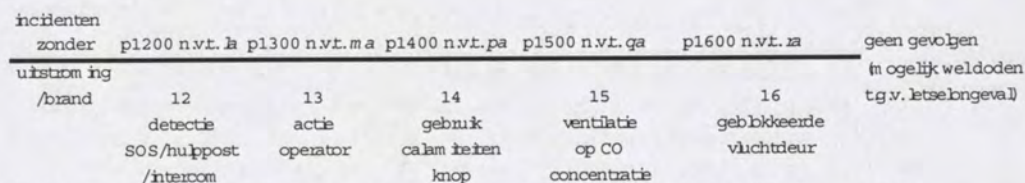
Vervolg Figuur 21 Vervolg B1 van de gebeurtenissenboom voor incidenten met file en brand.

Vervolg B2 Incidenten met file en uitstroming (geen brand)



Vervolg Figuur 21 Vervolg B2 van de gebeurtenissenboom voor incidenten met file en uitstroming (zonder brand).

Vervolg B3 Incidenten zonder uitstroming en brand



Vervolg Figuur 21 Vervolg B2 van de gebeurtenissenboom voor incidenten zonder uitstroming en zonder brand.

10.1.1 Invoer/te berekenen algemene parameters/kansen

Ten behoeve van de berekeningen van kansen (en effecten) in de gebeurtenissenboom dienen de volgende gegevens te worden ingevoerd:

- tijdsduur [uur] van de spits periode per etmaal.
- tijdsduur [uur] van de nacht periode per etmaal.
- percentage van de totale verkeersintensiteit [vtg/dag] dat gemiddeld per uur in de spits door de tunnel rijdt / 100%.
- percentage van de totale verkeersintensiteit [vtg/dag] dat gemiddeld per uur in de nacht door de tunnel rijdt / 100%.
- indien tegenverkeer situaties worden toegelaten bij ongevallen en/of onderhoud:
 - het aantal ongevallen per jaar per buis waarbij een tegenverkeer situatie wordt ingesteld.
 - de gemiddelde tijdsduur van het tegenverkeer per ongeval [uur].
 - het aantal uren dat er (altijd 's nachts!) onderhoud aan de tunnel gepleegd wordt per jaar per tunnelbuis.

indien er geen tegenverkeer wordt toegestaan, dient voor deze parameters 0 ingevoerd te worden.

- de gemiddelde snelheid [km/uur] van personenauto's in de tunnel.
- de gemiddelde snelheid [km/uur] van bussen/vrachtauto's in de tunnel.
- de lengte van het gehele gesloten deel van de tunnel [m].
- de lengte van het horizontale deel van de tunnel [m].
- het aantal tunnelbuizen.
- het aantal rijstroken per tunnelbuis.
- het percentage van de rijstroken dat bij tegenverkeer beschikbaar is voor verkeer in één richting / 100%.

- de verkeersintensiteit [vtg/jr] voor de hele tunnel.
- de reactietijd [min] van de operator bij directe detectie van het ongeval (=snelle reactie).
- de reactietijd [min] van de operator bij vertraagde (langzame) reactie (ten gevolge van geen actie bij directe detectie en ernstig ongeval of het aanspreken CO-ventilatie).
- de "reactietijd" [min] bij geen actie (=30).
- tussenafstanden (=h.o.h. afstand) van de vluchtdeuren [m].
- de gemiddelde lengte van een ongeval/incident [m] (=40).
- het gemiddeld aantal inzittenden per personenauto (indien er geen nadere gegevens bekend zijn kan gebruik gemaakt worden van 1.5 persoon per auto).
- het gemiddeld aantal inzittenden per bus (=22).
- het gemiddeld aantal inzittenden per vrachtauto (=1).
- de gemiddelde lengte van een personenauto in een file (=5.5).
- de gemiddelde lengte van een bus in een file (=14).
- de gemiddelde lengte van een vrachtauto in een file (=20.35).
- de maximale capaciteit [vtg/uur] per rijstrook (=2000).
- kans op brandbare lading van het zwaar verkeer (niet zijnde transport van gevaarlijke stoffen) (=0.5).
- aantal (volle) tankwagens per jaar geladen met brandbare vloeistoffen, waarbij voor de stofcategorie LF1 (i.v.m. de lagere ontstekingskans) 1/13^e van de aantallen geladen tankwagens worden beschouwd (LF).
- aantal (volle) tankwagens per jaar geladen met toxische vloeistoffen (LT).
- aantal (volle) tankwagens per jaar geladen met brandbare gassen (GF).
- aantal (volle) tankwagens per jaar geladen met toxische gassen (GT).
- aantal vrachtwagens per jaar geladen met explosieven (E).
- aanwezigheid van ventilatie in de tunnel (ja=1, nee=0).
- aanwezigheid van een PA systeem in de tunnel (ja=1, nee=0).
- aanwezigheid van hittewerende bekleding in de tunnel (ja=1, nee=0).
- aanwezigheid van CO detectie systeem in de tunnel (ja=1, nee=0).
- kans op een jet/fakkel naar achter bij uitstroming van gas (=0.5) (zie ook bijlage 10.2).
- kans op instantane uitstroming GF (BLEVE) na enige tijd (=0.6) (zie ook bijlage 10.2).
- brandfrequentie voertuigen [/vtg/km] ($=2 \cdot 10^{-8}$).
- kans op brand in een voertuig ten gevolge van pech (=0.9).
- kans dat een brand in een personenauto bij pech geblust wordt (= 0.25).
- kans dat een brand in een bus/vrachtauto bij pech geblust wordt (= 0.1).
- kans dat een brand in een voertuig ten gevolge van een letselongeval geblust wordt (= 0).

Op basis van deze invoer worden de volgende parameters berekend:

- de duur van de periode dag [uur].
- percentage van de verkeersintensiteit [vtg/uur] dat gemiddeld per uur gedurende de dag door de tunnel gaat / 100%.
- de gemiddelde snelheid per voertuig [km/uur] in de tunnel.
- de lengte van de op- en neergaande helling [m]; omdat de hele tunnel op basis van één tunnelbuis wordt doorgerekend, wordt hierbij aangenomen dat de lengte van de op- en neergaande helling gelijk is.
- de lengte van de tunnel [km].
- de lengte van het horizontale deel [km].
- de lengte van de hellende tunneldelen [km].
- de verkeersintensiteit [vtg/etmaal].
- het gemiddeld aantal inzittenden per voertuig.
- de gemiddelde lengte van een voertuig in een file [m].

- totaal aantal transporten van gevaarlijke stoffen per jaar.
- de kansen op een jet/fakkel naar voor bij uitstroming van gas (zie ook bijlage 10.2).
- de kans op een directe BLEVE van brandbaar gas (zie ook bijlage 10.2).
- kans op brand in een voertuig t.g.v. een letselongeval.
- de brandfrequentie t.g.v. pech.
- de brandfrequentie t.g.v. letselongeval.

10.1.2 Tak 01 : Tijdstip incident

Onder "tijdstip incident" worden de qua drukte in de tunnel te onderscheiden perioden van het etmaal verstaan. Dit zullen in het algemeen de perioden: nacht, dag en spits zijn. Indien men alleen een spits periode op doordeweekse dagen in rekening wil brengen, moet het aantal uren dat het spits is per etmaal hiervoor gecorrigeerd worden. De kans van optreden van een periode is gelijk aan het percentage van de totale verkeersintensiteit per etmaal dat gemiddeld per uur in een periode door de tunnel gaat vermenigvuldigd met het aantal uren per etmaal dat het die periode is.

$p_{0101} = p_{\text{spits}} = \text{kans op spits tijdens etmaal.}$
 $p_{0102} = p_{\text{dag}} = \text{kans op dag tijdens etmaal.}$
 $p_{0103} = p_{\text{nacht}} = \text{kans op nacht tijdens etmaal.}$
Deze kansen worden automatisch berekend.

10.1.3 Tak 02 : Tegenverkeer

Onder "tegenverkeer" worden de situaties verstaan, waarbij het verkeer in twee richtingen door één tunnelbuis rijdt. Deze situatie kan zich voordoen bij onderhoud aan de tunnel en/of bij de afhandeling van ernstige incidenten. (In tunnels met slechts één tunnelbuis zal dit de normale situatie zijn, maar dergelijke tunnels komen niet voor op de rijkswegen in Nederland. In tunnels met 4 tunnelbuizen zal bij het afsluiten van een van de tunnelbuizen het verkeer via de andere buis met verkeer in dezelfde richting afgehandeld worden, waardoor er dus geen tegenverkeer situatie zal optreden). Wanneer er tegenverkeer in de tunnel optreedt wordt met richting 1 het verkeer van de tunnelingang naar de tunneluitgang bedoeld, en met richting 2 het verkeer van de tunneluitgang naar de tunnelingang.

Aanname 1

Er wordt alleen tijdens de nachtperiode onderhoud aan de tunnel gepleegd, waarbij tegenverkeer noodzakelijk is.

Aanname 2

Voor de modellering wordt aangenomen dat na een ongeval alleen de betreffende tunnelbuis afgesloten wordt (in werkelijkheid zal, afhankelijk van de ernst van het ongeluk, vaak eerst ook een naastgelegen tunnelbuis afgesloten worden ten behoeve van hulpverlening en. vluchtenden).

$p_{0201} = p_{\text{tegenverkeer spits}} = \text{kans op tegenverkeer tijdens spits.}$
 $p_{0211} = p_{\text{geen tegenverkeer spits}} = \text{kans op geen tegenverkeer tijdens spits.}$
 $p_{0202} = p_{\text{tegenverkeer dag}} = \text{kans op tegenverkeer tijdens dag.}$
 $p_{0212} = p_{\text{geen tegenverkeer dag}} = \text{kans op geen tegenverkeer tijdens dag.}$
 $p_{0203} = p_{\text{tegenverkeer 's nachts}} = \text{kans op tegenverkeer tijdens nacht.}$
 $p_{0213} = p_{\text{geen tegenverkeer 's nachts}} = \text{kans op geen tegenverkeer tijdens nacht.}$
Deze kansen worden automatisch berekend.

Het aantal uren onderhoud per jaar is veelal in de onderhoudsstrategie van de tunnel opgenomen en anders op te vragen bij de beheerder van de tunnel.
Gemiddelde tijdsduur van tegenverkeer bij een ongeval = het aantal uren nodig voor het verkeersvrij maken van de betreffende buis, verzorgen van de gewonden, opruimen van

gemorste lading, enz. (Indien niet bekend dan kan als eerste schatting 3 uur gehanteerd worden).

10.1.4 Tak 03 : File

Onder "file" wordt hier verstaan het optreden van een file (=stilstaand verkeer) ten gevolge van een hogere verkeersintensiteit dan de ontwerpcapaciteit van de weg of ten gevolge van het optreden van een file veroorzakend incident voorbij de tunnel. De kans op wel/geen file dient voor de verschillende perioden uit bijlage 10.1.3 op basis van praktijkgegevens (indien beschikbaar) of de verwachte verkeersintensiteiten en de ontwerpcapaciteit van de tunnel bepaald te worden. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het aantal maal per periode van het etmaal dat de file zich in de tunnel vormt (indien er al een file in de tunnel staat is de kans op letselongevallen vanwege de lage snelheid in de tunnel 0), waarbij rekening gehouden kan worden met een hogere (letsel)ongevalsfrequentie. Aangenomen wordt dat er tijdens een tegenverkeer situatie geen file in de tunnel ontstaat (de operator zal in dit geval het verkeer met behulp van de hem ter beschikking staande middelen regelen).

De invoer voor deze tak bestaat uit: het aantal maal per periode dat de file zich in de tunnel vormt * een eventuele verhoogde kans op een (letsel)ongeval (bijv. factor 3).
Invoeren:

- aantal maal per buis in de spits zonder tegenverkeer dat een file ontstaat in de tunnel * kansverhogende factor op een (letsel)ongeval.
- aantal maal per buis in de dag zonder tegenverkeer dat een file ontstaat in de tunnel * kansverhogende factor op een (letsel)ongeval.
- aantal maal per buis in de nacht zonder tegenverkeer dat een file ontstaat in de tunnel * kansverhogende factor op een (letsel)ongeval.

De kans op file wordt dan berekend door de tijdsduur per periode dat de file zich in de tunnel vormt te delen door de tijdsduur van de periode.

P 0301 = P file tijdens spits, tegenverkeer = kans op file tijdens spits en tegenverkeer.
P 0311 = P geen file tijdens spits, tegenverkeer = kans op geen file tijdens spits en tegenverkeer.
P 0302 = P file tijdens dag, tegenverkeer = kans op file tijdens dag en tegenverkeer.
P 0312 = P geen file tijdens dag, tegenverkeer = kans op geen file tijdens dag en tegenverkeer.
P 0303 = P file tijdens nacht, tegenverkeer = kans op file tijdens nacht en tegenverkeer.
P 0313 = P geen file tijdens nacht, tegenverkeer = kans op geen file tijdens nacht en tegenverkeer.
P 0304 = P file tijdens spits, geen tegenverkeer = kans op file tijdens spits en geen tegenverkeer.
P 0314 = P geen file tijdens spits, geen tegenverkeer = kans op geen file tijdens spits en geen tegenverkeer.
P 0305 = P file tijdens dag, geen tegenverkeer = kans op file tijdens dag en geen tegenverkeer.
P 0315 = P geen file tijdens dag, geen tegenverkeer = kans op geen file tijdens dag en geen tegenverkeer.
P 0306 = P file tijdens nacht, geen tegenverkeer = kans op file tijdens nacht en geen tegenverkeer.
P 0316 = P geen file tijdens nacht, geen tegenverkeer = kans op geen file tijdens nacht en geen tegenverkeer.
De kansen op wel/geen file tijdens de verschillende perioden met/zonder tegenverkeer worden berekend.

10.1.5 Tak 04 : Primair incident

OP DIT PUNT WORDEN FREQUENTIES PER VOERTUIGKILOMETER PER JAAR
INGEVOERD ALS "KANS"!!

Onder "primair incident" wordt verstaan het optreden van een incident (botsing, pech, verliezen van lading, enz.). De kans op een primair incident per tunneldeel resulterend in pech, een UMS (uitsluitend materiële schade) of een letselongeval dient (indien mogelijk) op basis van praktijkgegevens bepaald te worden voor zowel de situatie met als zonder tegenverkeer en wordt als frequentie (kans per voertuig per kilometer) in de gebeurtenissenboom opgenomen.

Aanname 3

Er wordt aangenomen dat de aanwezigheid van een file ten gevolge van de verkeersdrukte niet van invloed is op de kans op een ongeval.

Indien geen praktijkgegevens bekend zijn kan gebruik gemaakt worden van de volgende ervaringsgegevens:

- de frequentie van alle letselongevalsfrequenties in Nederlandse onderwatertunnels met 2 rijstroken zonder horizontaal tunneldeel met hoge verkeersintensiteiten ligt tussen $0.5 \cdot 10^{-7}$ /vtg/km en $2 \cdot 10^{-7}$ /vtg/km.
- in verkeerstunnels met 3 rijstroken is de letselongevalsfrequentie lager (ca. $1 \cdot 10^{-7}$ /vtg/ km).
- in bochten en op steilere hellingen neemt de kans op een ongeval toe.
- het is de verwachting dat horizontale tunneldelen een lagere kans op een ongeval hebben als de op- en neergaande tunneldelen (hiervoor kan de ongevalsfrequentie van de aansluitende open weg gebruikt worden).
- UMS komt 10 maal vaker voor dan letselongevallen.
- incidentgegevens van eind jaren '70 hebben laten zien dat pech 2 tot 10 maal vaker voorkomt dan UMS; gemiddeld kan uitgegaan worden van 5* meer pech dan UMS.
- bij tegenverkeer zijn er zowel kansverhogende als kansverlagende factoren aanwezig. De ernst van een letselongeval (met een tegenligger) zal gemiddeld toenemen. Afhankelijk van de situatie (o.a. breedte van de tunnel) kan eventueel gekozen worden voor een verhoogde initiële letselongevalsfrequentie.

Aanname 4

Het ongeval zal op het midden van het tunneldeel plaatsvinden.

Op de neergaande helling zullen voertuigen met pech veelal pas op het horizontale tunneldeel (indien aanwezig) of onderaan de helling tot stilstand komen t.g.v. de steilte van de helling en de snelheid van het voertuig.

Hier kan men als volgt mee omgaan: indien een horizontaal tunneldeel in de tunnel aanwezig is kan een deel van de pechgevallen (bijv. 60%) op de neergaande helling bij de pechgevallen op het horizontale deel gemodelleerd te worden.

Aanname 5

Bij een pechgeval zal een eenmaal gestopt voertuig niet op eigen kracht de tunnel kunnen verlaten. (Dit is conservatief).

Onderstaande kansen kunnen verschillen op de opgaande helling, het horizontale en de neergaande helling. Verder zal de kans op pech onafhankelijk zijn van de periode van de dag en het al dan niet hebben van een tegenverkeer situatie, terwijl de kans op een letselongeval of UMS mogelijk afhankelijk is van de periode van de dag en het hebben van een tegenverkeer situatie.

"p₀₄₀₁" = f_{pech} (/vtg/km)!! = pechfrequentie.

"p₀₄₀₂" = f_{UMS tijdens spits en geen tegenverkeer} = UMS frequentie tijdens spits en geen tegenverkeer.

"p₀₄₀₃" = f_{letselongeval tijdens spits en geen tegenverkeer} = letselongevalsfrequentie tijdens spits en geen tegenverkeer.

"p₀₄₀₄" = f_{UMS tijdens dag en geen tegenverkeer} = UMS frequentie tijdens dag en geen tegenverkeer.

"p₀₄₀₅" = f_{letselongeval tijdens dag en geen tegenverkeer} = letselongevalsfrequentie tijdens dag en geen tegenverkeer.

"p₀₄₀₆" = f_{UMS tijdens nacht en geen tegenverkeer} = UMS frequentie tijdens nacht en geen tegenverkeer.

"p₀₄₀₇" = f_{letselongeval tijdens nacht en geen tegenverkeer} = letselongevalsfrequentie tijdens nacht en geen tegenverkeer.

"p₀₄₀₈" = f_{UMS tijdens spits en tegenverkeer} = UMS frequentie tijdens spits en tegenverkeer.

"p₀₄₀₉" = f_{letselongeval tijdens spits en tegenverkeer} = letselongevalsfrequentie tijdens spits en tegenverkeer.

"p₀₄₁₀" = f_{UMS tijdens dag en tegenverkeer} = UMS frequentie tijdens dag en tegenverkeer.

"p₀₄₁₁" = f_{letselongeval tijdens dag en tegenverkeer} = letselongevalsfrequentie tijdens dag en tegenverkeer.

"p₀₄₁₂" = f_{UMS tijdens nacht en tegenverkeer} = UMS frequentie tijdens nacht en tegenverkeer.

"p₀₄₁₃" = f_{letselongeval tijdens nacht en tegenverkeer} = letselongevalsfrequentie tijdens nacht en tegenverkeer.

Deze kansen moeten worden ingevoerd..

In het algemeen wordt -deels door gebrek aan data- geen onderscheid in perioden van de dag gemaakt (dus p₀₄₀₂ = p₀₄₀₄ = p₀₄₀₆, p₀₄₀₃ = p₀₄₀₅ = p₀₄₀₇, p₀₄₀₈ = p₀₄₁₀ = p₀₄₁₂ en p₀₄₀₉ = p₀₄₁₁ = p₀₄₁₃).

Ook zal in veel gevallen door het nemen van aanvullende maatregelen geen verschil in kans op (UMS of letsel)ongeval zijn bij wel/geen tegenverkeer (dus p₀₄₀₂ = p₀₄₀₈, p₀₄₀₃ = p₀₄₀₉, p₀₄₀₄ = p₀₄₁₀, p₀₄₀₅ = p₀₄₁₁, p₀₄₀₆ = p₀₄₁₂ en p₀₄₀₇ = p₀₄₁₃).

10.1.6 Tak 05 : Betrokken voertuig

Onder "betrokken voertuig" wordt verstaan de verdeling van de verkeersintensiteit over personenauto's en motoren, bussen en het zwaar verkeer. De verdeling van de betrokken voertuigen dient indien mogelijk op basis van praktijkgegevens bepaald te worden. Indien deze gegevens niet bekend zijn kan gebruikt gemaakt worden van de volgende ervaringsgegevens:

- het over een week gemiddelde percentage zwaar verkeer is circa 15% op een gemiddelde weg in Nederland.
- nabij industrieterreinen zal het percentage zwaar verkeer hoger zijn.
- het landelijk gemiddelde percentage bussen in het verkeer is 1%

$p_{0501} = p_{\text{personenauto of motor}} = \text{kans op personenauto (of motor)}$.

$p_{0502} = p_{\text{bus}} = \text{kans op bus}$.

$p_{0503} = p_{\text{zwaar verkeer}} = \text{kans op zwaar verkeer}$.

De kans op een personenauto/motor en een bus moet worden ingevoerd. De kans op een vrachtwagen wordt berekend.

10.1.7 Tak 06 : Transport gevaarlijke stoffen

Onder "transport gevaarlijke stoffen" wordt verstaan het deel van het zwaar verkeer dat brandbare en/of toxische atmosferisch vloeistoffen of tot vloeistof verdichte gassen in bulk of explosieven vervoerd. Het aandeel gevaarlijke stoffen van het zware verkeer (p_{0601}) dient op basis van gegevens uit de praktijk (tellingen) bepaald te worden. Indien deze gegevens niet bekend zijn kan uitgegaan worden van het landelijk gemiddelde: 5% van het zwaar verkeer betreft het transport van gevaarlijke stoffen.

(Indien het transport van gevaarlijke stoffen deels niet door de tunnel mag plaatsvinden - oftewel categorie I of II tunnels- dan dient voor deze stoffen een omleidingsroute aangewezen te zijn. Wanneer een studie naar verschillende tunnelontwerpen - zeker wanneer de categorie indeling van de tunnel tussen de alternatieven verschilt- wordt uitgevoerd, dient deze omleidingsroute in de risicoanalyse meegenomen te worden -deze maakt echter geen deel uit van deze gebeurtenissenboom-).

Daarnaast wordt hier voor het zware verkeer dat niet gebruikt wordt voor het transport van gevaarlijke stoffen een onderscheid gemaakt in p_{0602} : het zware verkeer geladen met een lading die brandbaar is en p_{0603} : het zware verkeer dat niet geladen is of geladen is met een niet brandbare lading (omdat de effecten van een brand tussen deze twee soorten zwaar verkeer verschillend zijn; een vrachtwagen met een brandbare lading zal sneller geheel in brand staan en bij de brand zal meer warmte vrijkomen).

Bij tellingen van de aantallen transporten van gevaarlijke stoffen (o.a. volgens IPO methodiek) wordt vrijwel altijd al gecorrigeerd voor de niet geladen voertuigen (meestal 50%). Indien dit nog niet is gedaan dient hier rekening mee gehouden te worden in de berekening.

Tankwagens die niet met gevaarlijke stoffen LF, LT, GF, GT of E geladen zijn, worden in de gebeurtenissenboom behandeld als gewone vrachtwagens met een al dan niet brandbare lading.

$p_{0600} = n.v.t. = 1$.

$p_{0601} = p_{\text{gevaarlijke stoffen}} = \text{kans op tankwagen geladen met gevaarlijke stoffen}$.

$p_{0602} = p_{\text{brandbare lading}} = \text{kans op zwaar verkeer met een brandbare lading (niet zijnde gevaarlijke stoffen in bulk)}$.

$p_{0603} = p_{\text{niet brandbare lading}} = \text{kans op zwaar verkeer zonder of met een niet brandbare lading}$.

Deze kansen worden berekend.

10.1.8 Tak 07 : Soort stof

Onder "soort stof" wordt zowel de eigenschap van de gevaarlijke stof (toxisch en/of brandbaar - en explosief) als de wijze van opslaan (atmosferisch of onder druk = tot vloeistof verdicht -) verstaan.

(De gedetailleerdere indeling in stofcategoriën -LF1 en LF2, LT1 tot en met LT6, GT1 tot en met GT7, GF0 tot en met GF3 en E1 en E2- is niet in de gebeurtenissenboom opgenomen, bij het berekenen van de schade-effecten kan echter wel rekening gehouden worden met deze onderverdeling -is in de huidige versie nog niet opgenomen-).

De verdeling van de gevaarlijke stoffen naar eigenschap en vervoerswijze dient op basis van praktijkgegevens bepaald te worden (tellingen). Indien deze gegevens niet voorhanden zijn kan gebruik gemaakt worden van de volgende ervaringsgegevens:

- tot vloeistof verdichte brandbare en toxische gassen en explosieven mogen niet door categorie I tunnels getransporteerd worden.
- in categorie II tunnels mogen naast de gassen en explosieven ook geen brandbare vloeistoffen met lage kookpunten (bijv. benzine; stofcategorie LF2) en zeer toxische vloeistoffen (stofcategorie LT4 en hoger) vervoerd worden.

$p_{0700} = n.v.t. = 1.$

$p_{0701} = p_{\text{brandbare vloeistoffen}} = \text{kans dat tankwagen geladen is met stofcategorie LF (LF1 telt voor } 1/13^{\text{e}} \text{ deel mee).}$

$p_{0702} = p_{\text{toxische vloeistoffen}} = \text{kans dat tankwagen geladen is met stofcategorie LT.}$

$p_{0703} = p_{\text{brandbare gassen}} = \text{kans dat tankwagen geladen is met stofcategorie GF.}$

$p_{0704} = p_{\text{toxische gassen}} = \text{kans dat tankwagen geladen is met stofcategorie GT.}$

$p_{0705} = p_{\text{explosieven}} = \text{kans dat zwaar verkeer beladen is met stofcategorie E.}$

Deze kansen worden berekend.

10.1.9 Tak 08 : Uitstroming

Onder "uitstroming" wordt verstaan het deel van de ongevallen met zwaar verkeer dat gevaarlijke stoffen vervoerd, waarbij ten gevolge van het ongeval een zodanig gat in de tankwagen ontstaat dat minimaal 100 kg van de inhoud van de tank uitstroomt.

(Explosieve stoffen worden als stukgoed vervoerd, zodat hierbij nooit uitstroming, zoals hier bedoeld wordt, optreedt).

Aanname 6

Bij pechongevallen en UMS treedt geen uitstroming bij het transport van gevaarlijke stoffen op.

Voor de (vervolg)kansen op uitstroming na een letselongeval worden de volgende (consensus) waarden gehanteerd, die gebruikt worden bij een letselongevalsfrequentie die bepaald is op basis van alle ongevallen met motorvoertuigen, exclusief bromfietzers, fietsers en voetgangers:

- 0.056 voor een uitstroming van 100 kg of meer uit een atmosferische tankwagen.
- 0.026 voor een uitstroming van 100 kg of meer uit een druktankwagen.

$p_{0800} = n.v.t. = 1.$

$p_{0801} = p_{\text{uitstroming uit atmosferische tankwagen}} = \text{kans op uitstroming uit atmosferische tankwagen gegeven een (letsel)ongeval (=0.056).}$

$p_{0811} = p_{\text{geen uitstroming uit atmosferische tankwagen}} = \text{kans op geen uitstroming uit atmosferische tankwagen gegeven een (letsel)ongeval.}$

$p_{0802} = p_{\text{uitstroming uit druktankwagen}} = \text{kans op uitstroming uit druktankwagen gegeven een (letsel)ongeval (=0.026).}$

$p_{0812} = p_{\text{geen uitstroming uit druktankwagen}} = \text{kans op geen uitstroming uit druktankwagen gegeven een (letsel)ongeval.}$
Alleen indien de consensus wijzigt dienen de vervolgekansen op uitstromingen groter dan 100 kg te worden aangepast. De overige kansen worden berekend.

10.1.10 Tak 09 : Grootte uitstroming

Onder "grootte uitstroming" wordt verstaan de hoeveelheid uitstromende gevaarlijke stof, wanneer na een letselongeval uitstroming uit de tankwagen optreedt (dit soort ongevallen treedt alleen op bij letselongevallen; niet bij pech/UMS).

De uitstroombesonderheden, gegeven een letselongeval met een relevante of effect hebbende uitstroming, en hun kansen waarover in Nederland consensus bestaat, zijn:

- Voor atmosferische tankwagens:
 - kans op instantane uitstroming (hele tank) = $0.2 * 0.75 = 0.15$ (vormt een plas van maximaal 1200 m² op horizontale tunneldelen en een mogelijk grotere plas op de hellingen; het deel van de vloeistof dat via de riolering in de pompkelder terecht komt wordt bepaald door de capaciteit van de pompkelder).
 - kans op grote continue uitstroming (5 m³) = $0.8 * 0.75 = 0.60$ (vormt een plas van maximaal 300 m² op horizontale tunneldelen en een mogelijk grotere plas op de hellingen; het deel van de vloeistof dat naar de pompkelder wegstroomt is afhankelijk van de riolering).
 - kans op kleine continue uitstroming (0.5 m³) = $(1 - 0.15 - 0.6) = 0.25$.
- Voor druktankwagens:
 - kans op instantane uitstroming (hele tank) = $0.35 * 0.3 = 0.105$.
 - kans op continue uitstroming (uit 2" gat) = $0.65 * 0.3 = 0.195$.
 - kans op een niet relevante uitstroming = $1 - 0.105 - 0.195 = 0.7$.

$p_{0900} = n.v.t. = 1$.

$p_{0901} = p_{\text{instantaan atmosferisch}} = \text{kans op instantane uitstroming uit een atmosferische tankwagen} = 0.15$.

$p_{0902} = p_{\text{continu groot atmosferisch}} = \text{kans op een grote continue uitstroming uit een atmosferische tankwagen} = 0.60$.

$p_{0903} = p_{\text{continu klein atmosferisch}} = \text{kans op een kleine continue uitstroming uit een atmosferische tankwagen} = 0.25$.

$p_{0904} = p_{\text{instantaan druktank}} = \text{kans op instantane uitstroming uit een druktankwagen} = 0.105$.

$p_{0905} = p_{\text{continu druktank}} = \text{kans op een continue uitstroming uit een druktankwagen} = 0.195$.

$p_{0905} = p_{\text{niet relevant druktank}} = \text{kans op een kleine continue (en geen effect opleverende) uitstroming uit een druktankwagen} = 0.7$.

Deze kansen (die allen gelden voor een situatie waarbij een relevante uitstroming uit een tankwagen optreedt) dienen alleen te worden gewijzigd wanneer de consensus over de kansen wijzigt.

Omdat afhankelijk van de uitstroombichting uit de tankwagen de effecten van een continue uitstroming van gas kunnen verschillen, wordt in TunPrim.xls een onderscheid gemaakt tussen deze uitstromingen naar voren en achter. Om dezelfde reden wordt er bij instantane uitstromingen van GF met directe ontsteking (BLEVE) onderscheid gemaakt in directe BLEVE's (meestal t.g.v. de aanrijding) en BLEVE's die enige (korte) tijd na het ongeval ontstaan (meestal ten gevolge van opwarming van de tankwagens door brandende motorbrandstof).

10.1.11 Tak 10 : Brand (niet geblust)

Onder "brand (niet geblust)" wordt verstaan de kans op een brand in een voertuig in de tunnel.

De kans op brand in de tunnel dient indien mogelijk op basis van praktijkgegevens bepaald te worden. Indien dit niet mogelijk is kan gebruik gemaakt worden van de volgende ervaringsgegevens:

- de gemiddelde kans op brand (in een tunnel) in Nederland is $2 * 10^{-8}$ /vtg/km.
- in 99% van de voertuigbranden op rijkswegen (DNV en VeVoWeg) is er geen ongeval vooraf gegaan aan de brand (en in 1% van de gevallen is er dus wel een ongeval aan de brand vooraf gegaan; meestal ten gevolge van het in brand geraken van weglekkende brandstof); op basis van de beperkte literatuur over tunnelbranden

wordt vooralsnog aangenomen dat in 10% een ongeval aan de brand is voorafgegaan.

Aanname 7

De kans op brand is onafhankelijk van het voertuigtype (dus een gelijke kans voor auto's, bussen en vrachtauto's in vergelijkbare situaties).

Onderzoek in het buitenland laat zien dat de kans op een brand in zwaar verkeer groter is dan de kans op een brand in licht verkeer. Het is echter niet bekend of dit ook geldt in Nederland (hier zijn geen grote hoogteverschillen en/of lange steile hellingen).

Aanname 8

Voor de verdeling van de kans op brand over de pechgevallen en letselongevallen wordt 90:10 aangenomen (dus conservatieve aanname t.o.v. literatuur). Hierbij wordt dus aangenomen dat ten gevolge van UMS geen brand zal ontstaan.

Voor de kans op directe ontsteking van uitstromingen uit tankwagens met transport van brandbare gevaarlijke stoffen wordt conform de consensus uitgegaan van 0.065 voor atmosferische tankwagens en 0.8 voor druktankwagens.

Aangezien in de kans op uitstroming en de directe ontstekingskans van een uitstroming met het transport van brandbare stoffen alle mogelijke oorzaken (en gevolgen) van een uitstroming met en zonder brand zijn opgenomen wordt bij deze transporten, wanneer er geen uitstroming uit de tankwagen optreedt, de kans op brand ten gevolge van het pech- of letselongeval niet beschouwd (deze branden resulteren in uitstromingen en zijn al meegenomen in de uitstromingskans en directe ontstekingskans). Bij niet relevante uitstromingen van brandbare gassen worden branden ook niet beschouwd.

Aangezien in de kans op uitstroming van een uitstroming met het transport van toxische stoffen alle mogelijke oorzaken van een uitstroming zijn opgenomen (dus ook uitstromingen van toxische stof na verzwakking van een tankwagen door brand) en de gevolgen van de toxische stoffen vrijwel altijd groter zullen zijn dan de gevolgen van een (cabine)brand, wordt bij deze transporten, wanneer er uitstroming uit de tankwagen optreedt, de kans op brand ten gevolge van het pech- of letselongeval niet beschouwd.

Op basis van Aanname 8 (brandfrequentie bij pech ($f_{\text{brand,pech}}$) en letselongeval ($f_{\text{brand,ongeval}}$) en de in paragraaf 1.5 bepaalde ongevals/letselongevalsfrequenties (f_{pech} / f_{letsel}) kunnen de vervolggansen op brand berekend worden met: $p_{\text{brand bij pech}} = f_{\text{brand bij pech}} / f_{\text{pech}}$ en $p_{\text{brand bij letselongeval, behalve tankwagen met uitstroming}} = f_{\text{brand bij ongeval}} / f_{\text{letsel}}$.

Echter een brand kan ook snel door de bestuurder/omstanders geblust worden; het effect is dan gelijk aan het incident zonder brand.

Aanname 9

Vooralsnog wordt conservatief aangenomen dat de kans op succesvol blussen van brand bij een pechgeval in auto's 25% en bij bussen en vrachtauto's 10% is (hierbij zal het veelal om het in de brand raken van het elektrische circuit van het voertuig gaan). Bij letselongevallen zal de brand vrijwel altijd het gevolg zijn van het bij het ongeval vrijkomen van brandstof (uit de brandstoftank), waardoor de daaropvolgende beginnende brand (t.o.v. het pechgeval) veel groter en moeilijker te blussen zal zijn. Aangenomen wordt dat branden bij letselongevallen niet door omstanders geblust zullen worden.

n.v.t. = 1.

$p_{1001} = p_{\text{brand in auto bij pech}} = \text{kans op brand in auto bij pech.}$

$p_{1021} = p_{\text{geen brand in auto bij pech}} = \text{kans op geen brand in auto bij pech.}$

$p_{1002} = p_{\text{brand in bus/VA bij pech}} = \text{kans op brand in zwaar verkeer bij pech.}$

P 1022 = P_{geen brand in bus/VA bij pech} = kans op geen brand in zwaar verkeer bij pech.
P 1003 = P_{brand in auto bij LO, spits, geen tegenverkeer} = kans op brand in auto bij letselongeval tijdens spits en geen tegenverkeer.
P 1023 = P_{geen brand in auto bij LO, spits, geen tegenverkeer} = kans op geen brand in auto bij letselongeval tijdens spits en geen tegenverkeer.
P 1004 = P_{brand in bus/ VA bij LO, spits, geen tegenverkeer} = kans op brand in zwaar verkeer bij letselongeval tijdens spits en geen tegenverkeer.
P 1024 = P_{geen brand in bus/ VA bij LO, spits, geen tegenverkeer} = kans op geen brand in zwaar verkeer bij letselongeval tijdens spits en geen tegenverkeer.
P 1005 = P_{brand in auto bij LO, dag, geen tegenverkeer} = kans op brand in auto bij letselongeval tijdens dag en geen tegenverkeer.
P 1025 = P_{geen brand in auto bij LO, dag, geen tegenverkeer} = kans op geen brand in auto bij letselongeval tijdens dag en geen tegenverkeer.
P 1006 = P_{brand in bus/ VA bij LO, dag, geen tegenverkeer} = kans op brand in zwaar verkeer bij letselongeval tijdens dag en geen tegenverkeer.
P 1026 = P_{geen brand in bus/ VA bij LO, dag, geen tegenverkeer} = kans op geen brand in zwaar verkeer bij letselongeval tijdens dag en geen tegenverkeer.
P 1007 = P_{brand in auto bij LO, nacht, geen tegenverkeer} = kans op brand in auto bij letselongeval tijdens nacht en geen tegenverkeer.
P 1027 = P_{geen brand in auto bij LO, nacht, geen tegenverkeer} = kans op geen brand in auto bij letselongeval tijdens nacht en geen tegenverkeer.
P 1008 = P_{brand in bus/ VA bij LO, nacht, geen tegenverkeer} = kans op brand in zwaar verkeer bij letselongeval tijdens nacht en geen tegenverkeer.
P 1028 = P_{geen brand in bus/ VA bij LO, nacht, geen tegenverkeer} = kans op geen brand in zwaar verkeer bij letselongeval tijdens nacht en geen tegenverkeer.
P 1009 = P_{brand in auto bij LO, spits, tegenverkeer} = kans op brand in auto bij letselongeval tijdens spits en tegenverkeer.
P 1029 = P_{geen brand in auto bij LO, spits, tegenverkeer} = kans op geen brand in auto bij letselongeval tijdens spits en tegenverkeer.
P 1010 = P_{brand in bus/ VA bij LO, spits, tegenverkeer} = kans op brand in zwaar verkeer bij letselongeval tijdens spits en tegenverkeer.
P 1030 = P_{geen brand in bus/ VA bij LO, spits, tegenverkeer} = kans op geen brand in zwaar verkeer bij letselongeval tijdens spits en tegenverkeer.
P 1011 = P_{brand in auto bij LO, dag, tegenverkeer} = kans op brand in auto bij letselongeval tijdens dag en tegenverkeer.
P 1031 = P_{geen brand in auto bij LO, dag, tegenverkeer} = kans op geen brand in auto bij letselongeval tijdens dag en tegenverkeer.
P 1012 = P_{brand in bus/ VA bij LO, dag, tegenverkeer} = kans op brand in zwaar verkeer bij letselongeval tijdens dag en tegenverkeer.
P 1032 = P_{geen brand in bus/ VA bij LO, dag, tegenverkeer} = kans op geen brand in zwaar verkeer bij letselongeval tijdens dag en tegenverkeer.
P 1013 = P_{brand in auto bij LO, nacht, tegenverkeer} = kans op brand in auto bij letselongeval tijdens nacht en tegenverkeer.
P 1033 = P_{geen brand in auto bij LO, nacht, tegenverkeer} = kans op geen brand in auto bij letselongeval tijdens nacht en tegenverkeer.
P 1014 = P_{brand in bus/ VA bij LO, nacht, tegenverkeer} = kans op brand in zwaar verkeer bij letselongeval tijdens nacht en tegenverkeer.
P 1034 = P_{geen brand in bus/ VA bij LO, nacht, tegenverkeer} = kans op geen brand in zwaar verkeer auto bij letselongeval tijdens nacht en tegenverkeer.
P 1015 = P_{brand bij uitstroming uit atmosferische tank} = kans op brand bij uitstroming LF uit atmosferische tank = $0.065 + 0.065 = 0.13$.
P 1035 = P_{geen brand bij uitstroming uit atmosferische tank} = kans op geen brand bij uitstroming LF uit atmosferische tank.
P 1016 = P_{brand bij uitstroming uit druktank} = kans op brand bij uitstroming GF uit druktankwagen = 0.8.
P 1036 = P_{geen brand bij uitstroming uit druktank} = kans op geen brand bij uitstroming GF uit druktankwagen.
Alle kansen worden berekend, alleen de kansen op brand bij een uitstroming uit een tankwagen met brandbare vloeistoffen of gassen dienen gewijzigd te worden indien de consensus hierover wijzigt (dit zijn de directe ontstekingskansen; voor toelichting gebruik van directe + indirecte ontstekingskansen voor brandbare vloeistoffen zie bijlage 10.2.3.13 en 10.2.3.9).
De kansen op brand van voertuigen die geen gevaarlijke brandbare stoffen vervoeren kunnen verschillen voor de neergaande, horizontale en opgaande delen van de tunnel, omdat de brandfrequentie gedeeld door de ongevalsfrequentie de kans op brand bepaald en de ongevalsfrequentie per wegdeel kan verschillen.

10.1.12 Tak 11 : Ontstaan file achter incident

Onder "ontstaan file achter incident" wordt verstaan het ten gevolge van het incident ontstaan van een file, bijv. doordat het incident de rijstroken geheel of gedeeltelijk versperd of doordat er onvoldoende zicht in de tunnel is ten gevolge van een brand.

Aanname 10

Als er een brand in de tunnel is, ontstaat er altijd een file.

Als er geen brand is zal er ten gevolge van pech/UMS gevallen soms een file ontstaan. De kans op een dergelijke file is afhankelijk van de verkeersintensiteit (ten opzichte van de ontwerpcapaciteit) en de mate waarin bij UMS beide rijstroken door het ongeval geblokkeerd worden.

Na letselongevallen zal er in een tunnelbuis altijd een file ontstaan; dus in 100% van de gevallen.

Default kan gebruik gemaakt worden van de aanname dat er na pech nooit en na UMS in 50% van de gevallen een file ontstaat. Indien er tegenverkeer in de tunnel aanwezig is, zullen deze kansen hoger zijn.

Aanname 11

Als er ten gevolge van een hoge verkeersintensiteit een file in de tunnel staat, zal er ook altijd een file achter het primaire incident ontstaan.

Aanname 12

In het geval van transport van gevaarlijke stoffen, waarbij een relevante of effect hebbende uitstroming optreedt, zal altijd een file optreden.

Daar aangenomen is dat uitstromingen alleen optreden na een letselongeval, en er na letselongevallen altijd al een file ontstaat, wijzigt dit niets aan de kansen.

$p_{1100} = \text{n.v.t. of kans op file na brand, letselongeval en/of uitstroming transport gevaarlijke stoffen} = 1.$
 $p_{1101} = P \text{ file na pech zonder brand, geen tegenverkeer} = \text{kans op file na pech (geen brand) zonder tegenverkeer} = 0.$
 $p_{1111} = P \text{ geen file na pech zonder brand, geen tegenverkeer} = \text{kans op geen file na pech (geen brand) zonder tegenverkeer} = 1.$
 $p_{1102} = P \text{ file na UMS, geen tegenverkeer} = \text{kans op file na UMS zonder tegenverkeer} = 0.5.$
 $p_{1112} = P \text{ geen file na UMS, geen tegenverkeer} = \text{kans op geen file na UMS zonder tegenverkeer} = 0.5.$
 $p_{1104} = P \text{ file na pech zonder brand, tegenverkeer} = \text{kans op file na pech (geen brand) bij tegenverkeer} = 1.$
 $p_{1114} = P \text{ geen file na pech zonder brand, tegenverkeer} = \text{kans op geen file na pech (geen brand) bij tegenverkeer} = 0.$
 $p_{1105} = P \text{ file na UMS, tegenverkeer} = \text{kans op file na UMS bij tegenverkeer} = 1.$
 $p_{1115} = P \text{ geen file na UMS, tegenverkeer} = \text{kans op file na UMS bij tegenverkeer} = 0.$
De kansen op file na pech en UMS met/zonder tegenverkeer worden allen gewijzigd indien hierover nieuwe inzichten beschikbaar komen. De overige kansen worden berekend.

10.1.13 **Tak 12 : Detectie incident door SOS (SnelheidsOnderschrijdingsSysteem) / gebruik intercom / gebruik hulppost / enz.**

Onder "Detectie incident door SOS (SnelheidsOnderschrijdingsSysteem) / gebruik intercom / gebruik hulppost / enz." wordt de mogelijkheid van het wel/niet detecteren van een incident behandeld.

Aanname 13

Indien er een file ontstaan is zal het SOS dit altijd detecteren (de kans dat meerdere SOS lussen tegelijk falen wordt verwaarloosbaar ingeschat).

Wanneer er geen brand en/of file is ontstaan ten gevolge van het incident kan de situatie ontstaan dat het SOS systeem niet in werking treedt. Dit kan optreden als bijvoorbeeld het stoppende voertuig bij de laatste passage van een lus nog net iets sneller rijdt dan de ingestelde snelheid van het systeem of het niet werken van een lus; bovendien moet de reactie (het langzaam gaan rijden) van het overige verkeer uitblijven. De gevallen waarin zich dit voor zou kunnen doen zullen in het algemeen pechsituaties zijn bij een lage verkeersintensiteit en dus geen erg maatgevende situaties.

Daarnaast is het mogelijk dat een niet door het SOS gedetecteerd incident opgemerkt wordt doordat bestuurders/inzittenden gebruik maken van de hulppost en/of intercom in de tunnel. Uit ervaring weet men dat naarmate de ernst van het ongeval groter is de kans dat een aanwezige gebruik maakt van de hulppost en/of de intercom groter wordt.

Als totale faalkans voor detectie wordt aangehouden: 0.001 (als automatisch systemen in de industrie).

$$P_{1200} = n.v.t. = 1.$$

$$P_{1201} = p_{\text{detectie incident bij file}} = \text{kans op detectie incident bij file} = 1.$$

$$P_{1211} = p_{\text{geen detectie incident bij file}} = \text{kans op niet detecteren incident bij file} = 0.$$

$$P_{1202} = p_{\text{detectie incident, geen file}} = \text{kans op detectie incident zonder file} = 0.999.$$

$$P_{1212} = p_{\text{geen detectie incident, geen file}} = \text{kans op niet detecteren incident zonder file} = 0.001.$$

De kans op detectie van het incident dient alleen gewijzigd te worden als hierover nieuwe inzichten beschikbaar komen of wanneer het een tunnel zonder SOS betreft. De overige kansen worden berekend.

10.1.14 Tak 13 : Actie operator na detectie

Onder "actie operator na detectie" wordt verstaan het al dan niet nemen van de juiste actie door de operator na detectie van het incident. De actie van de operator zal afhangen van het incident (een of meerdere rijstroken versperd, wel/geen file, wel/geen brand of vrijkomen gevaarlijke stoffen, enz.), het tunnelontwerp (een of meerdere tunnelbuizen, wel/geen ventilatiesysteem, enz.) en de aanwezige mogelijkheden om maatregelen te nemen (instellen snelheidsbeperkingen -bijv. met behulp van matrixborden-, afkruisen rijstroken, afsluiten tunnelbuis of tunnelbuizen, aanwezigheid vluchtdeuren, enz.)

Wanneer de operator "even van de plaats is" of niet reageert op het signaal van de detectie zal hij geen actie ondernemen.

Aanname 14

De kans dat de operator bij detectie geen actie onderneemt is gelijk aan de in de QRA bij de industrie gebruikelijke kans op menselijke falen van 0.01 per aanspraak. Deze kans kan in verhouding tot de situatie in de industrie te hoog zijn, omdat daar de te nemen maatregel van het soort melding afhankelijk is en in de tunnel slechts één soort melding is: een of andere potentieel gevaarlijke situatie in de tunnel.

$$p_{1300} = n.v.t. = 1.$$

$$p_{1301} = p_{\text{actie operator}} = \text{kans op actie operator} = 0.99.$$

$$p_{1311} = p_{\text{geen actie operator}} = \text{kans op geen actie operator} = 0.01.$$

De kans op operatoractie dient alleen gewijzigd te worden indien de inzichten hierover wijzigen of er geen operator controle in de tunnel is. De overige kansen worden berekend.

10.1.15 Tak 14 : Succesvol gebruik van de calamiteitenknop: indien nodig starten ventilatie, afsluiten beide tunnelbuizen en/of omroepen tot vluchten

Met deze tak wordt het succesvol opstarten van de "achter" de calamiteitenknop zittende maatregelen (ventilatie, sluiten tunnelbuizen, e.d.) gemodelleerd. Indien door bijv. een technisch mankement deze maatregelen niet starten is het effect van het indrukken van de calamiteitenknop gelijk aan het niet gebruiken van de calamiteitenknop.

Aanname 15

Wanneer de operator ten gevolge van het primaire incident een actie heeft ondernomen (zie bijlage 10.1.14) zal hij ook altijd (indien nodig) de calamiteitenknop indrukken. Wanneer de operator eerder geen actie ondernomen zal ook hier geen actie ondernemen worden.

Aanname 16

De operator zal bij ernstige incidenten altijd maximaal 15 minuten na het primaire incident het incident opgemerkt hebben (en dan de correcte actie ondernemen, bijv. het sluiten van de tunnelbuizen en (daarna) de vluchtdeuren ontgrendelen).

In het geval er geen ventilatie in de tunnel aanwezig is (korte tunnels/overkappingen), kan de operator de ventilatie niet starten maar wel de overige acties (bijv. afkruisen van

rijstroken) starten. Om dit in de gebeurtenissenboom terug te laten komen wordt een check uitgevoerd op de aanwezigheid van ventilatie; indien er geen ventilatie systeem aanwezig is wordt de kans op het starten van de ventilatie door de operator 0.

$p_{1400} = n.v.t. = 1.$

$p_{1401} = p_{\text{calamiteitenknop bij operatoractie}} = \text{kans op gebruik en werken calamiteitenknop.}$

$p_{1411} = p_{\text{geen calamiteitenknop bij operatoractie}} = \text{kans op niet gebruiken of werken calamiteitenknop.}$

De kans op het succesvolle gebruik van de calamiteitenknop (wel/niet starten van de ventilatie) zal alleen wijzigen indien de inzichten over de faalkans wijzigen. De overige kansen worden berekend.

Bij het bepalen van de effecten van de takken van de gebeurtenissenboom wordt deze tak gebruikt voor het wel/niet starten van de ventilatie door de operator.

10.1.16 Tak 15 : Ventilatie start automatisch door CO concentratie

Onder "CO ventilatie" wordt verstaan het starten van de ventilatie in de tunnel op basis van een CO concentratie (ten gevolge van brand) die hoger is dan de ingestelde (grens)waarde, wanneer de operator nog geen actie ondernomen heeft.

Dit is een automatisch systeem, dus kansen conform bijlage 10.1.13.

Bij het bepalen van de kans wordt gecheckt of er ventilatie in de tunnel is en een CO-detectie of vergelijkbaar systeem, indien een van beiden ontbreekt is de kans op ventilatie bij brand 0.

$p_{1500} = n.v.t. = 1.$

$p_{1501} = p_{\text{ventilatie bij brand zonder operatoractie}} = \text{kans op starten ventilatie bij CO-detectie.}$

$p_{1511} = p_{\text{geen ventilatie bij brand zonder operatoractie}} = \text{kans op niet starten ventilatie bij CO-detectie.}$

De kans op het succesvol starten van de CO-ventilatie bij brand zal alleen wijzigen indien de inzichten over een dergelijk automatisch systeem wijzigen. De overige kansen worden berekend.

10.1.17 Tak 16 : Geblokkeerde vluchtdeur

Onder "geblokkeerde vluchtdeur" wordt verstaan de kans dat één van de vluchtdeuren ten gevolge van het incident geblokkeerd is en daardoor niet beschikbaar voor de vluchtenden en/of hulpverlening.

$p_{1600} = n.v.t. = 1.$

$p_{1601} = p_{\text{vluchtdeur geblokkeerd}} = \text{kans dat incident een vluchtdeur blokkeert.}$

$p_{1611} = p_{\text{vluchtdeur niet geblokkeerd}} = \text{kans dat incident geen vluchtdeur blokkeert.}$

Deze kansen worden allen berekend.

10.2 Bepalen gevolgen

10.2.1 Lengte file voor en achter ongeval

Aanname 17

Bij ongevallen met brand en/of uitstromingen van gevaarlijke stoffen zullen alleen slachtoffers kunnen vallen onder de vluchtenden, wanneer er voor en/of achter het ongeval een file is ontstaan. (Indien er geen file is ontstaan kan het verkeer het ongeval snel genoeg passeren om geen effecten ten gevolge van de brand of uitstroming te ondervinden. En aanwezigen voor het ongeval kunnen, indien er geen file voor het ongeval staat, snel genoeg de tunnel uitrijden).

Aanname 18

Wanneer de tunnelbuis (situatie zonder tegenverkeer) gesloten wordt zal de lengte van de file achter het ongeval (F) in de tunnel gelijk zijn aan: (afstand tunnelingang tot incident [km] (A) * 60 [min/uur] / gemiddelde snelheid voertuigen in tunnel [km/uur] (S) + reactietijd operator [min](R)) * verkeersintensiteit van de periode [vtg/uur/buis] (V) /

60 [min/uur] * gemiddelde lengte voertuig in file [m/vtg] (L) / aantal rijstroken/tunnelbuis (B). Dus:

$$F = (A * 60 / S + R) * V / 60 * L / B$$

Hiermee kan vervolgens het aantal aanwezigen in de file achter het ongeval (AF) berekend worden met: filelengte achter ongeval in tunnel (F) * gemiddeld aantal inzittenden [pers/vtg] (P) * aantal rijstroken/tunnelbuis (B) / gemiddelde lengte voertuig in file [m/vtg] (L). Dus:

$$AF = F * P * B / L$$

Het deel van deze file dat in de tunnel staat (AT) is te berekenen met dezelfde formule en een check of de lengte van de file langer is dan de afstand van de tunnelingang tot het ongeval. Dus:

$$AT = \min(F, O) * P * B / L$$

Indien er een file voor het ongeval staat is de lengte van deze file in de tunnel (FV) gelijk aan de afstand van het ongeval tot de tunneluitgang. Het aantal aanwezigen in deze file (AV) is gelijk aan: de filelengte voor het ongeval (FV) * gemiddeld aantal inzittenden [pers/vtg] (P) * aantal rijstroken/tunnelbuis (B) / gemiddelde lengte voertuig in file [m/vtg] (L). Dus:

$$AV = FV * P * B / L$$

Aanname 19

Wanneer in de tunnelbuis een tegenverkeer situatie heerst zal de lengte van de file achter het ongeval (FT) langer (kunnen) zijn dan in de situatie zonder tegenverkeer. Dit omdat ten gevolge van het tegenverkeer in de tunnelbuis minder rijstroken beschikbaar zijn per rijrichting (T = % rijstroken beschikbaar voor verkeer in één richting) voor dezelfde verkeersintensiteit per uur (per rijstrook kan de verkeersintensiteit echter niet hoger zijn dan de maximale capaciteit [vtg/uur] van een rijstrook (C)). De formule uit Aanname 19 wordt dan:

$$FT = (A * 60 / S + R) * \text{minimum}(V, C * B * T) / 60 * L / B / T$$

En de aantallen aanwezigen in de file achter het ongeval (AF), het deel van de file achter het ongeval in de tunnel (AT) en voor het ongeval (AF) worden dan berekend met:

$$AF = FT * P * B * T / L$$

$$AT = \text{minimum}(O, FT) * P * B * T / L$$

$$AV = FV * P * B * T / L$$

Wanneer er een file achter het ongeval ontstaat zal er in de situatie met tegenverkeer ook een file op de rijstroken met verkeer in richting 2 voor de file ontstaan. De lengte van deze file is voor het neergaande, horizontale en opgaande deel van de tunnel gelijk aan de lengte van de file achter het ongeval op de rijstroken met verkeer in richting 1 voor respectievelijk het opgaande, horizontale en neergaande deel van de tunnel (omdat de op- en neergaande delen even lang zijn en de ongevallen halverwege de tunneldelen gemodelleerd zijn).

Berekenen:

- de verkeersintensiteiten [vtg/tunnelbuis/uur] tijdens de spits.
- de verkeersintensiteiten [vtg/tunnelbuis/uur] tijdens de dag.
- de verkeersintensiteiten [vtg/tunnelbuis/uur] tijdens de nacht.
- afstand tunnelingang tot ongeval [m] voor neergaande deel.
- afstand tunnelingang tot ongeval [m] voor horizontale deel.
- afstand tunnelingang tot ongeval [m] voor opgaande deel.
- omrekenfactor van lengte file of effectgebied naar aantallen aanwezigen zonder tegenverkeer.
- omrekenfactor van lengte file of effectgebied naar aantallen aanwezigen met tegenverkeer.
- de filelengte achter het ongeval met/zonder tegenverkeer per periode en per reactietijd operator.

- het aantal aanwezigen in de file achter het ongeval in een tunnel met/zonder tegenverkeer per periode en per reactietijd operator.

10.2.2 Gevolgen voor vluchtenden van branden bij pech en personenauto-letselongeval

Aanname 20

Bij CO-ventilatie wordt de ingestelde CO concentratie zo snel bereikt (en dus de ventilatie zo snel geactiveerd) dat er geen verschil in effecten optreedt bij CO-ventilatie en de door de operator geactiveerde ventilatie.

Aanname 21

Bij een pechgeval met brand zal de brand zich altijd zo langzaam ontwikkelen dat er, wanneer er ventilatie (geactiveerd door operator of CO-detectie) in de tunnel is, geen slachtoffers onder de vluchtenden zullen vallen. (Dit geldt ook voor de situatie met tegenverkeer).

Aanname 22

Wanneer er een situatie met tegenverkeer is, zal een file voor het ongeval slechts op de rijstroken met het verkeer in richting 1 voor het ongeval aanwezig zijn. Op de rijstroken met verkeer in richting 2 zal op dat moment geen file staan ten gevolge van een hoge verkeersintensiteit of een incident buiten de tunnel.

Wanneer er een file achter het ongeval ontstaat, zal er in de situatie met tegenverkeer zowel voor (alleen op de rijstroken verkeer in richting 2) als achter (op de rijstroken met verkeer in richting 1) het ongeval een file ontstaan.

Aanname 23

Wanneer een personenauto na een letselongeval in brand raakt zullen zonder ventilatie in de tunnel gemiddeld 50% van de invaliden (5% van alle personen) binnen 50 m van de brand in de tunnel overlijden.

Hetzelfde percentage van de minder validen zal in een file voor de brand overlijden in het geval er wel ventilatie is.

Het wel of niet geblokkeerd zijn van een vluchtdeur door het ongeval heeft geen effect op het aantal slachtoffers.

Buiten de tunnel zullen geen slachtoffers vallen.

Aanname 24

Bij een pechgeval met brand (alle soorten voertuigen) zonder ventilatie in de tunnel zal ten opzichte van een autoletselbrand in eerste instantie minder warmte geproduceerd worden. Daarom wordt aangenomen dat de effecten (50% van de invaliden worden slachtoffer) maar tot binnen 25 m van de brand kunnen reiken.

Het wel of niet geblokkeerd zijn van een vluchtdeur door het ongeval heeft geen effect op het aantal slachtoffers.

Buiten de tunnel zullen geen slachtoffers vallen.

De volgende invoer alleen veranderen bij gewijzigde inzichten:

- kans op minder validen / invaliden in het verkeer (=0.05).
- kans op overlijden van de minder validen / invaliden binnen de effectafstand (=0.5).
- effectafstand bij een brand door pech [m] (=25).
- effectafstand bij een brand in een personenauto na een letselongeval in een tunnel zonder ventilatie [m] (=50).

10.2.3 Gevolgen voor vluchtenden ten gevolge van branden in zwaar verkeer en/of uitstromingen van transport van gevaarlijke stoffen

Aanname 25

Bij een letselbrand van een bus of vrachtauto en/of uitstroming tijdens het transport van gevaarlijke stoffen in een tunnel met ventilatie zal een bepaald percentage van de aanwezigen voor het ongeval niet tijdig kunnen vluchten, en dus overlijden (hierbij kan een maximale effect afstand gedefinieerd worden).

Indien er geen ventilatie in de tunnel is zal een ander percentage van de aanwezige personen niet tijdig kunnen vluchten, maar nu zullen de doden zowel voor als achter het ongeval kunnen vallen.

In een tunnel met tegenverkeer worden de aantallen aanwezigen die niet tijdig kunnen vluchten op analoge wijze berekend; alleen zal in dat geval het aantal aanwezigen voor en achter het ongeval kunnen verschillen van de tunnel zonder tegenverkeer (en de file "achter" het ongeval in richting 2 staat voor het ongeval).

Bovendien zal een bepaald percentage van de ongevallen een vluchtdeur door het ongeval geblokkeerd worden; in dat geval zullen de aanwezigen vlak bij het ongeval (afstand voor en achter het ongeval gelijk aan de halve tussenafstand van de vluchtdeuren) een langere vluchtweg moeten afleggen. Daardoor zal een hoger percentage van deze vluchtenden overlijden tijdens het vluchten.

Bij sommige van deze ongevallen met brand of uitstroming van gevaarlijke stoffen zullen ook effecten buiten de tunnel kunnen optreden. Aangenomen wordt dat bij een file voor het ongeval de lengte van deze file buiten de tunnel minimaal 200-300 m is, zodat de effecten buiten de tunnel hier altijd zullen optreden.

Bij het uitwerken van de percentages van vluchtenden die komen te overlijden moet onderscheid gemaakt worden tussen:

- brand in een bus.
- brand in een vrachtwagen zonder of met niet brandbare lading (ook tankwagens geladen met toxische stoffen in bulk; waarbij geen uitstroming van de lading optreedt).
- brand in een vrachtwagen met brandbare lading (niet vrachtwagens met transport van explosieven of brandbare gassen/vloeistoffen).
- brand in een vrachtwagen geladen met explosieven.
- 0.5 m³ uitstroming bij transport van een toxische vloeistof.
- 5 m³ uitstroming bij transport van een toxische vloeistof.
- instantane uitstroming bij transport van een toxische vloeistof.
- continue uitstroming bij transport van een toxisch gas.
- instantane uitstroming bij transport van een toxisch gas.
- 0.5 m³ uitstroming bij transport van een brandbare vloeistof.
- plasbrand van een 5 m³ uitstroming bij transport van een brandbare vloeistof.
- 5 m³ uitstroming bij transport van een brandbare vloeistof.
- plasbrand van een instantane uitstroming bij transport van een brandbare vloeistof.
- instantane uitstroming bij transport van een brandbare vloeistof.
- BLEVE van een instantane uitstroming bij transport van een brandbaar gas.
- instantane uitstroming bij transport van een brandbaar gas.
- fakkelbrand van een continue uitstroming bij transport van brandbaar gas.
- continue uitstroming bij transport van een brandbaar gas.

In de paragrafen hierna zijn twee soorten berekeningen opgenomen: de berekeningen van de kans op overlijden van de aanwezigen in de tunnel op basis van de h.o.h. afstand van de vluchtdeuren (kans op overlijden aanwezigen) en de berekening van de aantallen aanwezigen die in de tunnel overlijden ten gevolge van een brand en/of uitstroming

tijdens het transport van gevaarlijke stoffen (effecten van de kleine kans, grote gevolgen scenario's)

10.2.3.1 Kans op overlijden aanwezigen

Bij deze berekeningen wordt de volgende benadering toegepast voor alle vluchtenden:

- het deel van de aanwezigen op afstand x van een vluchtdeur kan altijd vluchten voordat de aanwezigen ten gevolge van de effecten van een scenario overlijden. Deze afstand x kan groter zijn dan de halve h.o.h. afstand van de vluchtdeuren (in dat geval kunnen dus alle aanwezigen vluchten), maar mag nooit groter zijn dan de h.o.h. afstand van de vluchtdeuren.
- het overige deel van de aanwezigen (geen indien x groter is dan de halve h.o.h. afstand, $((\text{h.o.h. afstand} - 2 * x) / \text{h.o.h. afstand})$ indien x kleiner is dan de halve h.o.h. afstand) loopt een bepaalde kans dat ze tijdens het vluchten overlijden.

Dit resulteert in de formule voor de kans op overlijden van de aanwezigen tijdens het vluchten:

% doden onder vluchtenden = maximum van $((\text{h.o.h. afstand} - 2 * x) / \text{h.o.h. afstand})$ en 0 (in het geval x groter is dan de halve h.o.h. afstand) * kans dat aanwezigen op een afstand groter dan (halve h.o.h. afstand - x) overlijden tijdens vluchten.

Deze benadering wordt ongewijzigd toegepast voor de scenario's waarbij een uitstroming met een effectgebied (plasbrand, jet, fakkel) optreedt voor het overige deel van de tunnel (buiten het effectgebied van het scenario; dus waar een gaswolk of rookgassen zich verspreiden).

De aanwezigen nabij een door het ongeval geblokkeerde vluchtdeur zullen een langere vluchtweg moeten afleggen om in veiligheid te komen, zodat voor deze aanwezigen een hogere kans op overlijden tijdens het vluchten geldt. Dit wordt als volgt berekend:

- de aanwezigen op een afstand x van de geblokkeerde vluchtdeur (of (h.o.h. afstand - x) indien x groter is dan de halve h.o.h. afstand) hebben ten gevolge van de langere vluchtweg dezelfde kans op overlijden als bij punt 2 hierboven vermeerderd met een extra kans op overlijden.
- de aanwezigen op een afstand (halve h.o.h. afstand - x) indien x kleiner is dan de halve h.o.h. afstand en 0 indien x groter is dan de halve h.o.h. afstand lopen ten opzichte van de eerdere berekening alleen de extra kans op overlijden.

Dit resulteert in de formule:

extra kans op overlijden nabij geblokkeerde vluchtdeur = $(x / \text{h.o.h. afstand})$ dan x kleiner dan de halve h.o.h. afstand, anders $((\text{h.o.h. afstand} - x) / \text{h.o.h. afstand}) * \text{minimum van (kans op overlijden tijdens vluchten en extra kans op overlijden)}$ en 1 (om te voorkomen dat er meer dan 100% van de aanwezigen kunnen overlijden) + $((\text{halve h.o.h. afstand} - x) / \text{h.o.h. afstand})$ indien x kleiner dan de halve h.o.h. afstand, anders 0 * extra kans op overlijden.

Bij scenario's waarbij een uitstroming met effectgebied (plasbrand, jet, fakkel) optreedt zullen in het overige deel van de tunnel (dus het gebied buiten het effectgebied van het scenario, dus daar waar de gaswolk of rookgassen zich verspreiden) geen van de vluchtdeuren door het ongeval geblokkeerd worden. Een correctie voor een door het ongeval geblokkeerde vluchtdeur is daar dus niet nodig (behalve voor de gevallen dat de uitstroming maar naar een kant van de tankwagen optreedt en het ongeval zelf een vluchtdeur blokkeert; aan de andere kant van de tankwagen zal voor de aanwezigen dan wel de extra kans op overlijden ten gevolge van de langere vluchtweg in rekening gebracht worden).

Binnen het effectgebied van het scenario kunnen in dit geval echter ook vluchtdeuren geblokkeerd worden door de plas, jet of fakkel. Daarom wordt bij deze scenario's een correctie toegepast bij de berekening van het aantal slachtoffers:

- Indien het ongeval zelf geen vluchtdeur blokkeert zal worden aangenomen dat aanwezigen in het effectgebied van het scenario op een afstand x van de vluchtdeur veilig kunnen vluchten. Om dit te berekenen wordt gekeken of de lengte van het effectgebied (of de lengte van de file in de tunnel wanneer deze kleiner is dan het effectgebied) groter is dan de halve h.o.h. afstand (er wordt dus aangenomen dat het ongeval gemiddeld midden tussen twee vluchtdeuren optreedt). Indien dit waar is zal de lengte van het effectgebied vermindert worden met de $(\text{lengte effectgebied} / \text{h.o.h. afstand} * 2 * \text{minimum}(\text{halve h.o.h. afstand en } x))$ en de resulterende lengte wordt vermenigvuldigd met de kans op overlijden voor de overige vluchtenden.

Dus in de effectberekening komt in dit geval te staan: $(\text{minimum}(\text{lengte file, afstand tot uitgang, effectgebied}) - \text{als}(\text{minimum}(\text{lengte file, afstand tot uitgang, effectgebied}) > \text{halve h.o.h. afstand}), (\text{minimum}(\text{lengte file, afstand tot uitgang, effectgebied}) / \text{h.o.h. afstand} * 2 * \text{minimum}(\text{halve h.o.h. afstand, } x)), 0) * \text{kans op overlijden overige aanwezigen}$

- Indien het ongeval wel een vluchtdeur blokkeert zal dezelfde correctie worden toegepast (alleen wordt nu gecheckt of het effectgebied groter is dan de h.o.h. afstand), alleen zal nu een halve h.o.h. afstand minder in rekening gebracht worden (de gevolgen worden immers voor en achter het ongeval apart uitgerekend) indien dit waar is en het minimum van het de file lengte, de halve h.o.h. afstand en x indien het niet waar is en daarbij wordt opgeteld het minimum van de lengte van de file en de halve h.o.h. afstand vermenigvuldigt met de kans op overlijden van de overige aanwezigen + de extra kans op overlijden t.g.v. de langere vluchtweg.
Dus in de effectberekening komt in dit geval te staan: $(\text{minimum}(\text{lengte file, afstand tot uitgang, effectgebied}) - \text{als}(\text{minimum}(\text{lengte file, afstand tot uitgang, effectgebied}) > \text{h.o.h. afstand}), (\text{minimum}(\text{lengte file, afstand tot uitgang, effectgebied}) / \text{h.o.h. afstand} * 2 * x) - \text{halve h.o.h. afstand, minimum}(\text{file lengte, afstand tot uitgang, halve h.o.h. afstand, } x)) * \text{kans op overlijden overige aanwezigen} + \text{minimum}(\text{file lengte, afstand tot uitgang, halve h.o.h. afstand}) * (\text{kans op overlijden overige aanwezigen} + \text{de extra kans op overlijden t.g.v. de langere vluchtweg})$

10.2.3.2 Effecten van de kleine kans, grote gevolgen scenario's

Bij de berekeningen worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- in een tunnel met ventilatie kunnen alleen slachtoffers vallen onder de aanwezigen in de file voor het ongeval (bij tegenverkeer dus ook in de file "achter" het ongeval in richting 2).
- in een tunnel zonder ventilatie kunnen de slachtoffers zowel voor als achter het ongeval vallen.
- voor het omrekenen van de lengte van de file naar het aantal aanwezigen dat moet vluchten wordt de omrekenfactor van lengte naar aantallen aanwezigen gebruikt; deze verschilt voor de situatie met en zonder tegenverkeer.

in bijlage 10.2.2 worden de aantallen doden van de scenario's bepaald met: $\text{minimum}(\text{van}(\text{lengte file}), (\text{afstand van ongeval tot uitgang tunnel}) \text{ en } (\text{effectafstand scenario})) * \text{kans op invaliden/minder validen} * \text{kans op overlijden van invaliden/minder validen} * \text{omrekenfactor}$.

Hierbij (en ook in de tekst hierna) is afstand van ongeval tot uitgang voor een file achter de tunnel gelijk aan afstand van tunnelingang, bij een file "achter" het ongeval in richting 2 is deze afstand gelijk aan de afstand van het ongeval tot de tunneluitgang en bij een "gewone" file voor het ongeval hoeft deze check niet uitgevoerd te worden, omdat de lengte van deze file gelijk is aan de afstand van het ongeval tot de tunneluitgang. In deze paragraaf worden de aantallen doden van de scenario's bepaald waarbij gebruik gemaakt wordt van:

- aantal doden bij scenario zonder geblokkeerde vluchtdeur: $\text{minimum}(\text{van}(\text{lengte file}), (\text{afstand van ongeval tot uitgang tunnel}) \text{ en } (\text{effectafstand scenario})) * \text{kans op overlijden vluchtenden bij scenario} * \text{omrekenfactor}$.

- aantal doden bij scenario zonder geblokkeerde vluchtdeur: aantal doden bij scenario zonder geblokkeerde vluchtdeur + minimum (lengte file), (afstand ongeval tot uitgang tunnel) en (halve h.o.h. afstand) * extra kans op overlijden aanwezigen t.g.v. langere vluchtweg * omrekenfactor.
- indien er effecten buiten de tunnel mogelijk zijn wordt hierbij opgeteld: minimum van (maximum van (lengte file - afstand tot uitgang = lengte file buiten de tunnel) en 0 (in het geval de file korter is dan de afstand tot de uitgang van de tunnel)) en (effectafstand buiten de tunnel) * kans op overlijden aanwezigen buiten de tunnel t.g.v. het scenario * omrekenfactor.
- bij de uitstromingen van gevaarlijke stoffen wordt daarnaast nog een onderscheid gemaakt tussen het directe effectgebied van de uitstroming (plas, fakkel/jet) en de gevolgen van deze uitstroming verderop in de tunnel. Hierbij worden voor het directe effectgebied de gevolgen als hierboven gemodelleerd, bij de modellering van het verdere effectgebied wordt het directe effectgebied van de afstand tot het ongeval en filelengte afgetrokken (waarbij een check wordt uitgevoerd of de overblijvende waarde een positieve lengte heeft, zo niet dan wordt een lengte van 0 -dus geen effecten- berekend).

10.2.3.3 Brand in een bus ten gevolge van letselongeval

Bij een brand in een bus zullen er bij ventilatie alleen slachtoffers voor het ongeval vallen; door de ventilatie zullen de rookgassen zich direct over de hele doorsnede van de tunnel verspreiden.

Wanneer er geen ventilatie is, zal de rook zich naar twee kanten verspreiden. Hierdoor kunnen er ook slachtoffers achter het ongeval vallen. Echter: in dit geval zal eerst gedurende enige tijd stratificatie van de rook optreden, waardoor een hoger percentage van de aanwezigen zal kunnen vluchten.

Indien het incident de toegang tot een vluchtdeur versperd zullen de aanwezigen in de nabijheid van het ongeval een langere vluchtweg moeten afleggen. Zij hebben hierdoor t.o.v. de overige aanwezigen een iets grotere kans om niet tijdig te kunnen vluchten. Buiten de tunnel zullen geen effecten meer optreden; de rookgassen zullen vanwege hun warmte direct opstijgen.

Invoer alleen wijzigen bij nieuwe inzichten:

- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen vluchten in een tunnel zonder ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 100)).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen vluchten in een tunnel met ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 50)).
- kans op overlijden overige vluchtenden in een tunnel zonder ventilatie (=0.3).
- kans op overlijden overige vluchtenden in een tunnel met ventilatie (=0.3).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij een geblokkeerde vluchtdeur ten gevolge van de langere vluchtweg (=0.2).

Berekenen:

- maximale effectafstand rookgassen/warmte bij een letselbrand bus in tunnel met ventilatie [m] (= tunnel lengte indien er geen PA systeem, anders maximaal 1500 m).
- maximale effectafstand rookgassen/warmte bij een letselbrand bus in tunnel zonder ventilatie [m] (=min (tunnel lengte, 600) bij hittewerende bekleding, anders min (tunnel lengte, 350)).
- kans op overlijden vluchtenden bij een letselbrand bus in tunnel met ventilatie.
- kans op overlijden vluchtenden bij een letselbrand bus in tunnel zonder ventilatie.
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij door ongeval geblokkeerde vluchtdeur in tunnel met ventilatie ten gevolge van de langere vluchtweg.
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij door ongeval geblokkeerde vluchtdeur in tunnel zonder ventilatie ten gevolge van de langere vluchtweg.

- de aantallen doden onder de vluchtenden.

10.2.3.4 **Brand in een vrachtwagen zonder of met niet brandbare lading ten gevolge van letselongeval** (ook tankwagens geladen met toxische stoffen in bulk)

Modellering als in bijlage 10.2.3.3.

Invoer alleen wijzigen bij nieuwe inzichten:

- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen vluchten in een tunnel zonder ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 100)).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen vluchten in een tunnel met ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 50)).
- kans op overlijden overige vluchtenden in een tunnel zonder ventilatie (=0.3).
- kans op overlijden overige vluchtenden in een tunnel met ventilatie (=0.3).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij een geblokkeerde vluchtdeur ten gevolge van de langere vluchtweg (=0.2).

Berekenen:

- maximale effectafstand rookgassen/warmte bij een letselbrand vrachtauto met niet brandbare lading in tunnel met ventilatie [m] (= tunnel lengte indien er geen PA systeem is, anders maximaal 1500 m).
- maximale effectafstand rookgassen/warmte bij een letselbrand vrachtauto met niet brandbare lading in tunnel zonder ventilatie [m] (=min (tunnel lengte, 600) bij hittewerende bekleding, anders min (tunnel lengte, 350)).
- kans op overlijden vluchtenden bij een letselbrand vrachtauto met niet brandbare lading in tunnel met ventilatie.
- kans op overlijden vluchtenden bij een letselbrand vrachtauto met niet brandbare lading in tunnel zonder ventilatie.
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij door ongeval geblokkeerde vluchtdeur in tunnel met ventilatie ten gevolge van de langere vluchtweg.
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij door ongeval geblokkeerde vluchtdeur in tunnel zonder ventilatie ten gevolge van de langere vluchtweg.
- de aantallen doden onder de vluchtenden.

10.2.3.5 **Brand in een vrachtwagen met brandbare lading ten gevolge van letselongeval** (niet vrachtwagens geladen met explosieven)

Modellering als in bijlage 10.2.3.3.

Invoer alleen wijzigen bij nieuwe inzichten:

- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen vluchten in een tunnel zonder ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 100)).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen vluchten in een tunnel met ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 50)).
- kans op overlijden overige vluchtenden in een tunnel zonder ventilatie (=0.6).
- kans op overlijden overige vluchtenden in een tunnel met ventilatie (=0.6).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij een geblokkeerde vluchtdeur ten gevolge van de langere vluchtweg (=0.2).

Berekenen:

- maximale effectafstand rookgassen/warmte bij een letselbrand vrachtauto met brandbare lading in tunnel met ventilatie [m] (= tunnel lengte indien er geen PA systeem is, anders maximaal 1500 m).
- maximale effectafstand rookgassen/warmte bij een letselbrand vrachtauto met brandbare lading in tunnel zonder ventilatie [m] (=min (tunnel lengte, 600) bij hittewerende bekleding, anders min (tunnel lengte, 350)).
- kans op overlijden vluchtenden bij een letselbrand vrachtauto met brandbare lading in tunnel met ventilatie.
- kans op overlijden vluchtenden bij een letselbrand vrachtauto met brandbare lading in tunnel zonder ventilatie.

- extra kans op overlijden vluchtenden nabij door ongeval geblokkeerde vluchtdeur in tunnel met ventilatie ten gevolge van de langere vluchtweg.
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij door ongeval geblokkeerde vluchtdeur in tunnel zonder ventilatie ten gevolge van de langere vluchtweg.
- de aantallen doden onder de vluchtenden.

10.2.3.6 Brand in een vrachtwagen geladen met explosieven ten gevolge van letselongeval

Bij een brand in een vrachtwagen geladen met explosieven zullen de explosieven ten gevolge van de brand ontstoken worden. Hierdoor zal een drukgolf zich naar beide uiteinden van de tunnel bewegen; de gevolgen zijn dus onafhankelijk van de ventilatie en zullen altijd voor en achter het ongeval optreden. De hoogte van de overdruk van deze drukgolf is afhankelijk van de hoeveelheid en soort explosieven die ontstoken worden. Aangenomen wordt dat de ontsteking van de explosieven korte tijd na het ontstaan van de brand plaatsvindt.

Buiten de tunnel zullen ten gevolge van de uittredende schokgolf ook slachtoffers kunnen vallen. (De gevolgen van deze schokgolf zijn vergelijkbaar met de gevolgen van een detonatie).

Invoer alleen wijzigen bij nieuwe inzichten:

- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen vluchten (= min (h.o.h. afstand, 0)).
- kans op overlijden overige vluchtenden (=1).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij een geblokkeerde vluchtdeur ten gevolge van de langere vluchtweg (=0).
- kans op overlijden aanwezigen ten gevolge van de schokgolf buiten de tunnel (=1).
- maximale effectafstand schokgolf buiten de tunnel [m] (=100; in [22] staat dat de 0.3 bar overdruk tot 70-150 m kan reiken van de tunnelopening).

Berekenen:

- kans op overlijden vluchtenden bij een letselbrand vrachtauto met explosieven.
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij door ongeval geblokkeerde vluchtdeur ten gevolge van de langere vluchtweg.
- de aantallen doden onder de vluchtenden.

10.2.3.7 0.5 m3 uitstroming van een toxische vloeistof ten gevolge van letselongeval

Bij een kleine continue uitstroming uit een tankwagen met toxische vloeistof wordt er vooralsnog vanuit gegaan dat deze uitstroming, net als op de open weg, geen effecten oplevert voor de in (en buiten) de tunnel aanwezige personen.

10.2.3.8 5 m3 uitstroming van een toxische vloeistof ten gevolge van letselongeval

Bij een grote continue uitstroming van een toxische vloeistof zal er in de tunnel een vloeistofplas gevormd worden. Op het horizontale deel zal de helft van deze plas zich voor en de helft achter het ongeval vormen, waarbij aangenomen wordt dat de plas de gehele breedte van de tunnel vult. Op het neergaande deel van de tunnel zal de plas zich voor en op het opgaande deel achter het ongeval vormen, hierbij zal de plas eerst de gehele breedte van de tunnel vullen en daarna qua breedte afnemen (in de richting van de riolering). De lengte van het deel van de plas over de hele breedte en het deel van de plas met afnemende breedte is voor het op- en neergaande tunneldeel gelijk verondersteld en afhankelijk van de gemiddelde helling van het op- en neergaande tunneldeel en het afschot. Deze plas (op de hellende tunneldelen) wordt gemodelleerd als een plas over de hele breedte van de tunnel met een lengte gelijk aan de lengte van het deel van de plas over de hele breedte van de tunnel en de helft van de lengte van het deel van de plas met afnemende breedte.

Indien er ventilatie in de tunnel is zal de verdamping [kg/s/m^2] uit de plas door de ventilatiesnelheid bepaald worden. De verdampte vloeistof wordt door de ventilatielucht

meegevoerd en verdund, totdat de doorsnede van de zo gevormde gaswolk gelijk is aan de doorsnede van de tunnel. Daarna zal de concentratie in de gaswolk niet veranderen en wordt de wolk als een plug door de tunnel "geduwd".

Indien er geen ventilatie is zal de verdamping uit de plas in het algemeen veel lager zijn (bepaald door de "windsnelheid" in de tunnel). Aangenomen wordt dat de gevormde gaswolk zich naar beide zijden van het ongeval zal verspreiden. Deze verspreiding zal echter veel langzamer gaan dan in een tunnel met ventilatie.

Aangenomen wordt dat de gaswolk buiten de tunnel geen extra slachtoffers meer zal veroorzaken (de gaswolk zal aan het uiteinde van de tunnel snel dispergeren onder invloed van aldaar heersende meteorologische condities).

Indien het incident de toegang tot een vluchtdeur versperd zullen de aanwezigen in de nabijheid van het ongeval een langere vluchtweg moeten afleggen. Zij hebben hierdoor ten opzichte van de overige aanwezigen een iets grotere kans om niet tijdig te kunnen vluchten. Bij de uitwerking is in dit geval aangenomen dat aan de kant van de vloeistofplas de lengte van de langere vluchtweg gelijk is aan de grootte van de vloeistofplas (aan de kant van het ongeval waar geen vloeistofplas is, is de lengte van de langere vluchtweg gelijk aan de halve tussenafstand van de vluchtdeuren).

Invoer alleen wijzigen bij nieuwe inzichten:

- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van gaswolk in tunnel met ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 20)).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van gaswolk in tunnel zonder ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 15)).
- kans op overlijden overige vluchtenden in gaswolk in tunnel met ventilatie (=1).
- kans op overlijden overige vluchtenden in gaswolk in tunnel zonder ventilatie (=1).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van plas in tunnel met ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 30)).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van plas in tunnel zonder ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 20)).
- kans op overlijden overige vluchtenden in de plas in tunnel met ventilatie (=0.75).
- kans op overlijden overige vluchtenden in de plas in tunnel zonder ventilatie (=0.75).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij door ongeval geblokkeerde vluchtdeur ten gevolge van de langere vluchtweg (=0.15).
- lengte plas (over hele breedte tunnel) op het horizontale deel van de tunnel [m] (=15).
- lengte plas (over hele breedte tunnel) op het op- of neergaande deel van de tunnel [m] (=25).
- maximale effectafstand gaswolk in tunnel zonder ventilatie vanaf rand vloeistofplas [m] (= min (4500, tunnel lengte)).
- maximale effectafstand gaswolk in tunnel met ventilatie vanaf rand vloeistofplas [m] (= min (900, tunnel lengte)).

Berekenen:

- kans op overlijden vluchtenden ten gevolge van de gevormde gaswolk bij een continu uitstromende toxische vloeistof in tunnel met ventilatie.
- kans op overlijden vluchtenden ten gevolge van de gevormde gaswolk bij een continu uitstromende toxische vloeistof in tunnel zonder ventilatie.
- de aantallen doden onder de vluchtenden.

10.2.3.9 Instantane uitstroming van een toxische vloeistof ten gevolge van letselongeval

Bij een instantane uitstroming van een toxische vloeistof zal er in de tunnel ook een vloeistofplas gevormd worden. In de huidige tunnels zal deze vloeistofplas niet in zijn geheel opgevangen kunnen worden in de riolering (deze hebben hiervoor een te klein debiet), waardoor het mogelijk is dat een dikkere laag vloeistof gevormd wordt op het horizontale deel van de tunnel (of ter plaatse van de overgang van het op- en

neergaande deel van de tunnel bij tunnels zonder horizontaal deel). Hier wordt bij de modellering van de effecten geen rekening mee gehouden, maar dient te worden verwerkt in de invoer voor dit scenario (lengte van de plas en percentage aanwezigen dat overlijdt in de plas). De modellering van de plas vindt verder op dezelfde wijze plaats als beschreven in bijlage 10.2.3.8.

De verdamping uit de plas en de wijze waarop de zo gevormde gaswolk zich door de tunnel verplaatst is ook identiek aan bijlage 10.2.3.8.

In het geval van de instantane uitstroming zal de gevormde gaswolk een hogere concentratie hebben, waardoor mogelijk ook buiten de tunnel slachtoffers kunnen vallen. De modellering van een door het ongeval geblokkeerde vluchtdeur vindt op dezelfde wijze plaats als in bijlage 10.2.3.8.

Berekening van de aantallen doden gebeurt op dezelfde wijze als in bijlage 10.2.3.8, maar nu moet ook rekening gehouden worden met de effecten die buiten de tunnel kunnen optreden.

Invoer alleen wijzigen bij nieuwe inzichten:

- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van gaswolk in tunnel met ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 0)).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van gaswolk in tunnel zonder ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 4)).
- kans op overlijden overige vluchtenden in gaswolk in tunnel met ventilatie (=1).
- kans op overlijden overige vluchtenden in gaswolk in tunnel zonder ventilatie (=1).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van plas in tunnel met ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 10)).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van plas in tunnel zonder ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 20)).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij door ongeval geblokkeerde vluchtdeur ten gevolge van de langere vluchtweg (=0.2).
- kans op overlijden overige vluchtenden in de plas van de continu uitstromende toxische vloeistof in tunnel zonder ventilatie (=0.8).
- kans op overlijden overige vluchtenden in de plas van de continu uitstromende toxische vloeistof in tunnel met ventilatie (=0.8).
- kans op overlijden aanwezigen buiten de tunnel ten gevolge van de uittredende gaswolk van een instantane uitstroming (=0.5).
- lengte plas (over hele breedte tunnel) van de continu uitstromende toxische vloeistof op het horizontale deel van de tunnel [m] (=200).
- lengte plas (over hele breedte tunnel) van de continu uitstromende toxische vloeistof op het op- of neergaande deel van de tunnel [m] (=300).
- maximale effectafstand buiten tunnel zonder ventilatie [m] (=10).
- maximale effectafstand buiten tunnel met ventilatie [m] (=20).
- maximale effectafstand gaswolk in tunnel zonder ventilatie vanaf rand vloeistofplas [m] (= min (900, tunnel lengte)).
- maximale effectafstand gaswolk in tunnel met ventilatie vanaf rand vloeistofplas [m] (= min (4500, tunnel lengte)).

Berekenen:

- kans op overlijden vluchtenden ten gevolge van de gevormde gaswolk bij een continu uitstromende toxische vloeistof in tunnel zonder ventilatie.
- kans op overlijden vluchtenden ten gevolge van de gevormde gaswolk bij een continu uitstromende toxische vloeistof in tunnel met ventilatie.
- de aantallen doden onder de vluchtenden.

10.2.3.10 Continue uitstroming van een toxisch gas ten gevolge van letselondeval

Bij een continue uitstroming van een toxisch gas, zal er een mengsel van gas en vloeistofdruppeltjes als een jet uit de tankwagens spuiten. Hierbij wordt ten behoeve van

het verschil in effecten onderscheid gemaakt in een uitstroming naar voren en naar achteren (de betreffende takken zijn dus tweemaal in de gebeurtenissenboom opgenomen, eenmaal met de uitstroming naar achter en eenmaal met de uitstroming naar voren). Dit gas zal een gaswolk vormen, die nadat de doorsnede van de gaswolk gelijk is aan de doorsnede van de tunnel niet verder verdund zal worden en als een plug door de tunnel stroomt. Indien de uitstroming naar achteren plaatsvindt kunnen er in een tunnel met ventilatie ook slachtoffers achter het ongeval vallen. In een tunnel zonder ventilatie zal het gas zich naar beide zijden door de tunnel verspreiden. Bij uitstroming van de gaswolk uit de tunnel kunnen extra slachtoffers vallen onder de aanwezigen in een file buiten de tunnel.

Indien het incident de toegang tot een vluchtdeur versperd zullen de aanwezigen in de nabijheid van het ongeval een langere vluchtweg moeten afleggen. Zij hebben hierdoor ten opzichte van de overige aanwezigen een grotere kans om niet tijdig te kunnen vluchten. Bij de uitwerking is in dit geval aangenomen dat aan de kant van de uitstroming de lengte van de langere vluchtweg gelijk is aan de lengte van de uit de tankwagen spuitende jet (aan de andere kant van het ongeval is de lengte van de langere vluchtweg gelijk aan de halve tussenafstand van de vluchtdeuren).

Invoer alleen wijzigen bij nieuwe inzichten:

- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van gaswolk in tunnel met ventilatie (= (h.o.h. afstand, 7)).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van gaswolk in tunnel zonder ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 2)).
- kans op overlijden overige vluchtenden in gaswolk in tunnel met ventilatie (=1).
- kans op overlijden overige vluchtenden in gaswolk in tunnel zonder ventilatie (=1).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van jet (= min (h.o.h. afstand, 0)).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij door ongeval geblokkeerde vluchtdeur ten gevolge van de langere vluchtweg (=0).
- kans op overlijden overige vluchtenden in de jet in tunnel (=1).
- kans op overlijden aanwezigen buiten de tunnel ten gevolge van de uittredende gaswolk (=0.5).
- lengte jet (over hele breedte tunnel) [m] (=15) (Indien een hele korte tunnel wordt doorgerekend is het mogelijk dat een deel van de jet buiten de tunnel komt, bij het berekenen van de effecten echter is geen rekening gehouden met mogelijke aanwezigen buiten de tunnel in de jet. Hierdoor zal bij dergelijke korte tunnels een iets te optimistisch aantal slachtoffers berekend kunnen worden bij dit scenario).
- maximale effectafstand gaswolk buiten tunnel zonder ventilatie [m] (=200).
- maximale effectafstand gaswolk buiten tunnel met ventilatie [m] (=100).
- maximale effectafstand gaswolk in tunnel zonder ventilatie vanaf ongeval [m] (= min (900, tunnel lengte)).
- maximale effectafstand gaswolk in tunnel met ventilatie vanaf ongeval [m] (= min (4500, tunnel lengte)).

Berekenen:

- kans op overlijden vluchtenden ten gevolge van de gevormde gaswolk bij een continu uitstromend toxisch gas in tunnel zonder ventilatie.
- kans op overlijden vluchtenden ten gevolge van de gevormde gaswolk bij een continu uitstromend toxisch gas in tunnel met ventilatie.
- de aantallen doden onder de vluchtenden bij uitstroming naar voor/achter.

10.2.3.11 Instantane uitstroming van een toxisch gas ten gevolge van letselongeval

Bij een instantane uitstroming van een toxisch gas, zal er een BLEVE ontstaan waarbij het tot vloeistof verdichte toxische gas een mengsel van gas en vloeistofdruppeltjes zal

vormen dat zich door de tunnel zal verspreiden. Zodra de doorsnede van de gaswolk gelijk is aan de doorsnede van de tunnel zal de gaswolk niet verder verdund worden en als een plug door de tunnel stromen. De gaswolk zal zich ten gevolge van de bij de BLEVE ontstane overdruk in eerste instantie altijd naar beide zijden van het ongeval verspreiden. Er wordt aangenomen dat ook in een tunnel met ventilatie de gaswolk altijd beiden tunneluiteinden bereikt (dit is conservatief). Bij uitstroming van de gaswolk uit de tunnel kunnen extra slachtoffers vallen onder de aanwezigen in een file buiten de tunnel. Indien het incident de toegang tot een vluchtdoor versperd zullen de aanwezigen in de nabijheid van het ongeval een langere vluchtweg moeten afleggen. Zij hebben hierdoor ten opzichte van de overige aanwezigen een iets grotere kans om niet tijdig te kunnen vluchten.

Invoer alleen wijzigen bij nieuwe inzichten:

- afstand tot vluchtdoor waarin 100% van de aanwezigen vluchten (= min (h.o.h. afstand, 0)).
- kans op overlijden overige vluchtenden (=1).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij een geblokkeerde vluchtdoor ten gevolge van de langere vluchtweg (=0).
- kans op overlijden vluchtenden ten gevolge van de schokgolf en gaswolk buiten de tunnel (=1).
- maximale effectafstand schokgolf en gaswolk buiten de tunnel [m] (=40; in het [22] is alleen opgenomen dat de afstand tot waar de effecten van een schokgolf van een BLEVE reiken veel kleiner zijn dan die van een detonatie of een deflagratie).

Berekenen:

- kans op overlijden vluchtenden.
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij door ongeval geblokkeerde vluchtdoor ten gevolge van de langere vluchtweg.
- de aantallen doden onder de vluchtenden.

10.2.3.12 0.5 m³ uitstroming van een brandbare vloeistof ten gevolge van letselongeval

Bij een kleine continue uitstroming uit een tankwagen met brandbare vloeistof wordt er vooralsnog vanuit gegaan dat deze uitstroming, net als op de open weg, geen effecten oplevert voor de in (en buiten) de tunnel aanwezige personen.

10.2.3.13 Plasbrand van een 5 m³ uitstroming van een brandbare vloeistof ten gevolge van letselongeval

Bij een grote continue uitstroming van een brandbare vloeistof zal er in de tunnel een vloeistofplas gevormd worden, net zoals bij de uitstroming van een toxische vloeistof (bijlage 10.2.3.8). Alleen zal het in dit geval een brandende vloeistofplas betreffen, zodat de kans op overlijden voor de aanwezigen in de plas groot is (1 indien de plas direct ontstoken wordt).

Indien er ventilatie in de tunnel is zullen de bij de plasbrand gevormde rookgassen zich alleen in de ventilatierichting verspreiden. Indien er geen ventilatie is zullen de rookgassen zich naar beide zijden van het ongeval verspreiden.

Buiten de tunnel zullen de rookgassen direct opstijgen, zodat er buiten de tunnel geen extra slachtoffers meer zullen vallen.

Indien het incident de toegang tot een vluchtdoor versperd zullen de aanwezigen in de nabijheid van het ongeval een langere vluchtweg moeten afleggen. Zij hebben hierdoor ten opzichte van de overige aanwezigen een iets grotere kans om niet tijdig te kunnen vluchten. Bij de uitwerking is in dit geval aangenomen dat aan de kant van de vloeistofplas de lengte van de langere vluchtweg gelijk is aan de grootte van de vloeistofplas (aan de kant van het ongeval dat er geen vloeistofplas is, is de lengte van de langere vluchtweg gelijk aan de halve tussenafstand van de vluchtdooren).

Invoeren alleen wijzigen bij nieuwe inzichten:

- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van rookgassen in tunnel met ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 20)).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van rookgassen in tunnel zonder ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 40)).
- kans op overlijden overige vluchtenden in rookgassen in tunnel met ventilatie (=0.6).
- kans op overlijden overige vluchtenden in rookgassen in tunnel zonder ventilatie (=0.6).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van plas (= min (h.o.h. afstand, 5); gemiddelde van plasbrand met directe ontsteking -0 m- en zonder directe ontsteking -10 m-).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij door ongeval geblokkeerde vluchtdeur ten gevolge van de langere vluchtweg (=0.05).
- kans op overlijden overige vluchtenden in de plasbrand in de tunnel (=0.95).
- lengte effectgebied plasbrand (over hele breedte tunnel) op het horizontale deel van de tunnel [m] (=15).
- lengte effectgebied plasbrand (over hele breedte tunnel) op het op- of neergaande deel van de tunnel [m] (=25).
- maximale effectafstand rookgassen in tunnel zonder ventilatie vanaf rand vloeistofplas [m] (= min (1500, tunnel lengte) bij PA systeem, anders tunnel lengte).
- maximale effectafstand rookgassen in tunnel met ventilatie vanaf rand vloeistofplas [m] (= min (tunnel lengte, 600) bij hittewerende bekleding, anders min (tunnel lengte, 350)).

Berekenen:

- kans op overlijden vluchtenden ten gevolge van de rookgassen bij een plasbrand van een continu uitstromende brandbare vloeistof in tunnel zonder ventilatie.
- kans op overlijden vluchtenden ten gevolge van de rookgassen bij een plasbrand van een continu uitstromende brandbare vloeistof in tunnel met ventilatie.
- de aantallen doden onder de vluchtenden.

10.2.3.14 5 m3 uitstroming van een brandbare vloeistof ten gevolge van letselongeval

Ook wanneer de grote continue uitstroming van een brandbare vloeistof niet direct ontstoken wordt zal er in de tunnel een vloeistofplas gevormd worden, net zoals bij de uitstroming van een toxische vloeistof (bijlage 10.2.3.8). Ten gevolge van de wind/ventilatie zal een deel van de vloeistof verdampen. In het algemeen zullen hierbij niet zulke hoge concentraties van de brandbare stof ontstaan in een gaswolk dat hierdoor aanwezigen in de tunnel zullen overlijden. Wel is het mogelijk dat bij indirecte ontsteking van de gaswolk alsnog een plasbrand ontstaat. Dit is in de gebeurtenissenboom gemodelleerd bij de plasbrand in bijlage 10.2.3.13 (aangezien voor de kans op een brand de kans op indirecte + directe ontsteking is ingevoerd). In werkelijkheid zal de kans voor de aanwezigen in de plas om te overlijden ten gevolge van de plasbrand in dit geval iets lager zijn dan in bijlage 10.2.3.13, maar aan de andere kant zullen er nu ook aanwezigen in de gaswolk na de indirecte ontsteking kunnen overlijden. Aangenomen wordt dat deze twee effecten elkaar opheffen (zodat de modellering uit bijlage 10.2.3.13 ook voor de indirecte ontsteking gebruikt kan worden). Ten gevolge van de gaswolk zonder ontsteking zullen geen slachtoffers vallen, zodat voor het huidige scenario geen effecten bepaald hoeven te worden.

10.2.3.15 Plasbrand van een instantane uitstroming van een brandbare vloeistof ten gevolge van letselongeval

Bij een instantane uitstroming van een brandbare vloeistof zullen de uitstroming en de daarop volgende fysische verschijnselen en effecten gelijk zijn als voor een plas van 5 m³ (zie bijlage 10.2.3.13), alleen zal de plas nu veel groter zijn.

Invoer alleen wijzigen bij nieuwe inzichten:

- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van rookgassen in tunnel met ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 20)).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van rookgassen in tunnel zonder ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 40)).
- kans op overlijden overige vluchtenden in rookgassen in tunnel met ventilatie (=0.6).
- kans op overlijden overige vluchtenden in rookgassen in tunnel zonder ventilatie (=0.6).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van plas (= min (h.o.h. afstand, 5); als bij 5 m³ plas).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij door ongeval geblokkeerde vluchtdeur ten gevolge van de langere vluchtweg (=0.05).
- kans op overlijden overige vluchtenden in de plasbrand in de tunnel (=0.95).
- lengte effectgebied plasbrand (over hele breedte tunnel) op het horizontale deel van de tunnel [m] (=200).
- lengte effectgebied plasbrand (over hele breedte tunnel) op het op- of neergaande deel van de tunnel [m] (=300).
- maximale effectafstand rookgassen in tunnel met ventilatie vanaf rand vloeistofplas [m] (= min (1500, tunnel lengte bij PA systeem, anders tunnel lengte)).
- maximale effectafstand rookgassen in tunnel zonder ventilatie vanaf rand vloeistofplas [m] (= min (tunnel lengte, 600) bij hittewerende bekleding, anders min (tunnel lengte, 300)).

Berekenen:

- kans op overlijden vluchtenden ten gevolge van de rookgassen bij een plasbrand van een instantaan uitstromende brandbare vloeistof in tunnel zonder ventilatie.
- kans op overlijden vluchtenden ten gevolge van de rookgassen bij een plasbrand van een instantaan uitstromende brandbare vloeistof in tunnel met ventilatie.
- de aantallen doden onder de vluchtenden.

10.2.3.16 Instantane uitstroming van een brandbare vloeistof ten gevolge van letselongeval

Net als bij de grote continue uitstroming van een brandbare vloeistof, zijn de effecten van de indirecte ontsteking van de vloeistofplas gemodelleerd bij de plasbrand van de uitstroming (kans op brand is indirecte + directe ontstekingskans). De effecten hiervan zijn in bijlage 10.2.3.15 gemodelleerd, zodat de hier alleen de gevolgen van de instantane uitstroming zonder ontsteking van de plas en/of gaswolk gemodelleerd hoeven te worden. Deze effecten zijn verwaarloosbaar, omdat de concentratie van de brandbare stof in de gaswolk te laag zal zijn om gevolgen voor de aanwezigen in de tunnel te hebben.

10.2.3.17 BLEVE van een instantane uitstroming van een brandbaar gas ten gevolge van letselongeval

Bij een BLEVE van een instantane uitstroming van brandbaar gas ontstaat een BLEVE plus een vuurbal. Hierbij moeten twee situaties onderscheiden worden: een BLEVE die direct na het ongeval (ten gevolge van de aanrijding) ontstaat en een BLEVE die enige tijd later ontstaat ten gevolge van een plasbrand onder de tankwagen (bijv. ten gevolge van de bij het ongeval uitgestroomde en ontstoken motorbrandstof van de tankwagen zelf). Dit omdat in de eerste situatie geen der aanwezigen in de tunnel de BLEVE zal overleven (er is geen tijd om te vluchten) en in de tweede situatie zullen de effecten van de brand in de tunnel bepalend zijn voor de kans op succesvol vluchten van de aanwezigen (oftewel er wordt aangenomen dat de BLEVE pas optreedt nadat alle aanwezigen dood of gevlucht zijn voor de brand), maar buiten de tunnel zullen de gevolgen van de BLEVE domineren (omdat deze aanwezigen minder makkelijk geïnstrueerd kunnen worden, dat ze moeten vluchten).

In beide situaties zal het wel/niet aanwezig zijn van een ventilatie in de tunnel geen verschil maken voor de effecten en kunnen buiten de tunnel ten gevolge van de uittredende schokgolf en brandende gaswolk ook slachtoffers vallen onder de aanwezigen.

Invoer alleen wijzigen bij nieuwe inzichten:

- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen vluchten bij directe BLEVE (= min (h.o.h. afstand, 0)).
- kans op overlijden overige vluchtenden bij directe BLEVE (=1).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij een geblokkeerde vluchtdeur ten gevolge van de langere vluchtweg bij directe BLEVE (=0).
- kans op overlijden vluchtenden t.g.v. de schokgolf en brandende gaswolk in de tunnel bij directe BLEVE (=1 voor de aanwezigen in de brandende gaswolk die uit de tunnel komt).
- maximale effectafstand schokgolf en brandende gaswolk buiten de tunnel bij directe BLEVE [m] (=150; de gaswolk zal vrijwel geheel pas buiten de tunnel ontbranden).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen vluchten bij vertraagde BLEVE (= min (h.o.h. afstand, 40)).
- kans op overlijden overige vluchtenden bij vertraagde BLEVE (=0.6).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij een geblokkeerde vluchtdeur ten gevolge van de langere vluchtweg bij vertraagde BLEVE (=0.2).
- kans op overlijden vluchtenden t.g.v. de schokgolf en brandende gaswolk buiten de tunnel bij vertraagde BLEVE (=0.9; hierbij is aangenomen dat 10% van de aanwezigen buiten de tunnel tijdig gevlucht zijn).
- maximale effectafstand schokgolf en brandende gaswolk buiten de tunnel [m] bij vertraagde BLEVE (=150).

Berekenen:

- extra kans op overlijden vluchtenden nabij door ongeval geblokkeerde vluchtdeur ten gevolge van de langere vluchtweg bij directe BLEVE.
- kans op overlijden vluchtenden ten gevolge van de schokgolf en brandende gaswolk buiten de tunnel bij directe BLEVE.
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij door ongeval geblokkeerde vluchtdeur ten gevolge van de langere vluchtweg bij vertraagde BLEVE.
- kans op overlijden vluchtenden ten gevolge van de schokgolf en brandende gaswolk buiten de tunnel bij vertraagde BLEVE.
- de aantallen doden onder de vluchtenden bij directe/vertraagde BLEVE.

10.2.3.18 Instantane uitstroming van een brandbaar gas ten gevolge van letselongeval

Bij een instantane uitstroming van brandbaar gas zal een BLEVE en een gaswolk ontstaan. Deze gaswolk kan ontstoken worden door indirecte ontsteking. Net als op de open weg wordt aangenomen dat er altijd indirecte ontsteking van de gaswolk optreedt, waarbij in dit geval ook aangenomen wordt dat de gaswolk altijd in de tunnel zal worden ontstoken. Ten gevolge van deze ontsteking zal een deflagratie en mogelijk een detonatie ontstaan in de tunnel, die zich altijd naar beide zijden van de tunnel zal verplaatsen en effecten onder de aanwezigen buiten de tunnel zal veroorzaken.

Invoer alleen wijzigen bij nieuwe inzichten:

- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen vluchten (= min (h.o.h. afstand, 5)).
- kans op overlijden overige vluchtenden (=0.9).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij een geblokkeerde vluchtdeur ten gevolge van de langere vluchtweg (=0.1).

- kans op overlijden vluchtenden ten gevolge van de schokgolf en brandende gaswolk in de tunnel (=1; hierbij is aangenomen dat 10% van de aanwezigen op tijd gevlucht is).
 - maximale effectafstand schokgolf en brandende gaswolk buiten de tunnel [m] (=150).
- Berekenen:
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij door ongeval geblokkeerde vluchtdeur ten gevolge van de langere vluchtweg.
 - kans op overlijden vluchtenden ten gevolge van de schokgolf en brandende gaswolk buiten de tunnel.
 - de aantallen doden onder de vluchtenden.

10.2.3.19 Fakkelbrand van een continue uitstroming van brandbaar gas ten gevolge van letselongeval

Bij een continue uitstroming van een brandbaar gas, zal net als bij een toxisch gas een mengsel van gas en vloeistofdruppeltjes als een jet uit de tankwagen spuiten. In dit geval wordt deze uitstroming direct ontstoken, waardoor de jet een fakkel wordt. Dus ook hier moet een onderscheid gemaakt worden in een uitstroming naar voren en naar achteren en verspreiding van de rookgassen van de brand (in plaats van de gaswolk) in een tunnel met en zonder ventilatie (de betreffende takken zijn dus tweemaal in de gebeurtenissenboom opgenomen, eenmaal met de uitstroming naar achter en eenmaal met de uitstroming naar voren). De uittredende rookgassen zullen echter geen extra slachtoffers veroorzaken onder de aanwezigen in een file buiten de tunnel. Indien het incident de toegang tot een vluchtdeur versperd zullen ook hier de aanwezigen in de nabijheid van het ongeval een langere vluchtweg moeten afleggen, waarbij in de uitwerking is aangenomen dat aan de kant van de uitstroming de lengte van de langere vluchtweg gelijk is aan de lengte van de fakkel (aan de andere kant van het ongeval is de lengte van de langere vluchtweg gelijk aan de halve tussenafstand van de vluchtdeuren).

Invoer alleen wijzigen bij nieuwe inzichten:

- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van rookgassen in tunnel met ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 20)).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van rookgassen in tunnel zonder ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 40)).
- kans op overlijden overige vluchtenden in rookgassen in tunnel met ventilatie (=0.6).
- kans op overlijden overige vluchtenden in rookgassen in tunnel zonder ventilatie (=0.6).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van fakkel (= min (h.o.h. afstand, 0)).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij door ongeval geblokkeerde vluchtdeur ten gevolge van de langere vluchtweg (=0).
- kans op overlijden overige vluchtenden in de fakkel in tunnel (=1).
- lengte effectgebied fakkel (over hele breedte tunnel) [m] (=30) (Indien een hele korte tunnel wordt doorgerekend is het mogelijk dat een deel van de fakkel buiten de tunnel komt, bij het berekenen van de effecten echter is geen rekening gehouden met mogelijke aanwezigen buiten de tunnel in de fakkel. Hierdoor zal bij dergelijke korte tunnels een iets te optimistisch aantal slachtoffers berekend kunnen worden bij dit scenario).
- maximale effectafstand rookgassen van de fakkel in tunnel zonder ventilatie vanaf ongeval [m] (= min (tunnel lengte, 600) bij hittewerende bekleding, anders min (tunnel lengte, 350)).
- maximale effectafstand rookgassen van de fakkel in tunnel met ventilatie vanaf ongeval [m] (= min (1500, tunnel lengte) bij PA systeem, anders tunnel lengte)).

Berekenen:

- kans op overlijden vluchtenden ten gevolge van de rookgassen van de fakkel in tunnel zonder ventilatie.
- kans op overlijden vluchtenden ten gevolge van de rookgassen van de fakkel in tunnel met ventilatie.
- de aantallen doden onder de vluchtenden bij uitstroming naar voor/achter.

10.2.3.20 Continue uitstroming van een brandbaar gas ten gevolge van letselongeval

Ook bij de continue uitstroming van een brandbaar gas zonder directe ontsteking, zal er een mengsel van gas en vloeistofdruppeltjes als een jet uit de tankwag en spuiten, waarbij onderscheid gemaakt wordt in een uitstroming naar voren en naar achteren. Echter: in dit geval zal de hierdoor gevormde gaswolk altijd door indirecte ontsteking ontstoken worden, waardoor een deflagratie of zelfs een detonatie in de tunnel zal optreden. Hierdoor zullen de effecten van deze uitstroming gelijk zijn aan de instantane uitstroming van een brandbaar gas met indirecte ontsteking, waarbij de effecten naar beiden zijden van de tunnel zullen optreden en mogelijk ook effecten buiten de tunnel veroorzaken.

Invoer alleen wijzigen bij nieuwe inzichten:

- afstand tot vluchtdoer waarin 100% van de aanwezigen vluchten (= min (h.o.h. afstand, 10)).
- kans op overlijden overige vluchtenden (=0.7).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij een geblokkeerde vluchtdoer ten gevolge van de langere vluchtweg (=0.1).
- kans op overlijden vluchtenden ten gevolge van de schokgolf en brandende gaswolk in de tunnel (=0.9; kans op overlijden in de brandende gaswolk onder de aanname dat 10% van de aanwezigen tijdig kan vluchten).
- maximale effectafstand schokgolf en brandende gaswolk buiten de tunnel [m] (=150; gemiddelde lengte van de brandende gaswolk buiten de tunnel).

Berekenen:

- extra kans op overlijden vluchtenden nabij door ongeval geblokkeerde vluchtdoer ten gevolge van de langere vluchtweg.
- kans op overlijden vluchtenden ten gevolge van de schokgolf en brandende gaswolk buiten de tunnel.
- de aantallen doden onder de vluchtenden.

10.3 Invoer tunnelmodel voor de Leidsche Rijn overkappingen

De voor de overkappingen van de Leidsche Rijn gebruikte invoer in het tunnelmodel is hieronder weergegeven. Indien niet anders is aangegeven wordt de invoerwaarde voor alle overkappingen gebruikt.

Invoer tunnelmodel voor Leidsche Rijn overkappingen:

- aantal uren per etmaal dat het spits is: **4** (uit Tabel 12).
- aantal uren per etmaal dat het nacht is: **8** (uit Tabel 12).
- percentage van de totale verkeersintensiteit dat in de spits gemiddeld per uur de overkapping inrijdt/ 100 %: **0.074125** (= percentage van de verkeersintensiteit dat in de spits door de overkapping gaat (29.65%) uit Tabel 12/ 100% / aantal uur dat het spits is (4) uit Tabel 12).
- percentage van de totale verkeersintensiteit dat in de nacht gemiddeld per uur de overkapping inrijdt/ 100 %: **0.012563** (= percentage van de verkeersintensiteit dat in de nacht door de overkapping gaat (10.05%) uit Tabel 12/ 100% / aantal uur dat het nacht is (8) uit Tabel 12).
- aantal ongevallen per jaar per buis waarbij tegenverkeer wordt ingesteld: **0**.
- gemiddelde duur van tegenverkeer situatie [duur/ ongeval]: **0**.
- gemiddelde duur van het nachtelijk onderhoud per tunnelbuis [uur/jaar]: **0**.
- gemiddelde snelheid van personenauto's onder de overkapping [km/uur]: **120** op de hoofdrijbaan en **100** op de parallelbaan.
- gemiddelde snelheid van bussen en vrachtauto's onder de overkapping [km/uur]: **80**.
- lengte van de hele overkapping [m]: **200** voor wegdeel A, **450** voor wegdeel C, **300** voor wegdeel E en **2000** voor de geheel overkapte parallelbaan bij variant 3.

- lengte van het horizontale deel van de overkapping [m]: **200** voor wegdeel A, **450** voor wegdeel C, **300** voor wegdeel E en **2000** voor de geheel overkapte parallelbaan bij variant 3.
- aantal tunnelbuizen: **2** (de parallelbaan en hoofdrijbaan zijn in aparte runs van het tunnelmodel berekend zodat per berekening 2 tunnelbuizen zijn doorgerekend).
- aantal rijstroken per tunnelbuis: **3** voor de hoofdrijbaan en **2** voor de parallelbaan.
- percentage verkeer dat bij tegenverkeer beschikbaar is voor verkeer in één richting / 100%: **0** (er ontstaat geen tegenverkeer situatie).
- verkeersintensiteit van de hele overkapping [vtg/jaar]: **37,631,500** voor de hoofdrijbaan (= (52,600 + 50,500 uit Tabel 10) * 365) en **14,298,500** voor de parallelbaan (= (20,000 + 20,900) uit Tabel 10 * 365).
- reactietijd operator (afsluiten tunnelbuis) bij detectie ongeval [min]: **5**.
- reactietijd operator (afsluiten tunnelbuis) bij ernstig ongeval of CO-detectie [min]: **15**.
- tussenafstanden (h.o.h.) vluchtdeuren [m]: **50**.
- gemiddeld aantal inzittenden in een personenauto: **1.355** (= (1.28 persoon in de spits * 4 uren spits + 1.37 persoon in dag en nacht * (12 uur dag + 8 uur nacht)) / 24 uur).
- aantal (volle) tankwagens met brandbare vloeistof (LF) per jaar: **2703** voor de hoofdrijbaan (= 1/13 * 3161 LF1 + 2460 LF2 -beiden uit Tabel 38-) en **1072** voor de parallelbaan (= 1/13 * 1254 LF1 + 976 LF2 -beiden uit Tabel 38-).
- aantal (volle) tankwagens met toxische vloeistof (LT) per jaar: **473** voor de hoofdrijbaan (= 345 LT1 + 128 LT2 -beiden uit Tabel 38-) en **188** voor de parallelbaan (= 137 LT1 + 51 LT2 -beiden uit Tabel 38-).
- aantal (volle) tankwagens met brandbaar gas (GF) per jaar: **1019** voor de hoofdrijbaan categorie 0 (= 36 GF2 + 983 GF3 -beiden uit Tabel 38-) en **1425** bij categorie I (= 51 GF2 + 1374 GF3 -beiden uit Tabel 38-) en **404** voor de parallelbaan categorie 0 (= 14 GF2 + 390 GF3 -beiden uit Tabel 38-) en **0** bij categorie I (= 0 GF2 + 0 GF3 - beiden uit Tabel 38-).
- aantal (volle) tankwagens met toxisch gas (GT) per jaar: **0**.
- aantal vrachtwagens met explosieven (E) per jaar: **0**.
- aanwezigheid ventilatie onder de overkapping: **1** (=ja) voor wegdeel C en de overkapte parallelbaan van variant 3 en **0** (=nee) voor de wegdelen A en E.
- aanwezigheid PA-systeem onder de overkapping: **1** (=ja).
- aanwezigheid hittewerende bekleding onder de overkapping: **1** (=ja).
- aanwezigheid CO-detectiesysteem onder de overkapping: **1** (=ja) voor wegdeel C en de overkapte parallelbaan van variant 3 en **0** (=nee) voor de wegdelen A en E.
- aantal malen dat een file in één tunnelbuis ontstaat in de spits periode zonder tegenverkeer: **0**.
- aantal malen dat een file in één tunnelbuis ontstaat in de dag periode zonder tegenverkeer: **0**.
- aantal malen dat een file in één tunnelbuis ontstaat in de nacht periode zonder tegenverkeer: **0**.
- pech, UMS en letselongevalsfrequenties op de hellende delen: **0** (de overkappingen hebben geen hellende delen).
- pechfrequentie op het horizontale wegdeel: **$3.85 \cdot 10^{-6}$** /vtg/km/jr (= 5 maal de ongevals -UMS- frequentie).
- UMS frequentie voor het horizontale wegdeel (gebruikt voor alle perioden en wel/geen tegenverkeer): **$7.7 \cdot 10^{-7}$** /vtg/km/jr.
- letselongevalsfrequentie voor het horizontale wegdeel (gebruikt voor alle perioden en wel/geen tegenverkeer): **$5.2 \cdot 10^{-8}$** /vtg/km/jr.

- percentage licht verkeer (personenauto's en motoren) van het totale verkeer / 100%: **0.876** (= (100% - percentage bussen (zie hieronder) - percentage vrachtauto's (11.4% uit Tabel 12) / 100%).
- percentage bussen van het totale verkeer / 100%: **0.01** (= 1% (gemiddelde van Nederland) / 100%).

10.4 **Aanpassing parameters tunnelmodel voor de wegdelen met langssleuven**

De wijzigingen ten opzichte van de geheel gesloten tunnel zijn vet weergegeven in deze paragraaf.

10.4.1 **Lengte file voor en achter ongeval**

De lengte van de file na een ongeval in een tunnel met langssleuven zal gelijk zijn aan de filelengte in de geheel gesloten tunnel.

10.4.2 **Gevolgen voor vluchtenden van branden bij pech en personenauto-letselondeval**

Door de aanwezigheid van de langssleuven zullen de rookgassen (en hitte van de brand) onbelemmerd kunnen opstijgen, zodat ook de minder validen in de tunnel veilig kunnen vluchten. De parameters voor de berekening van de gevolgen in de tunnel met langssleuven worden dan:

- kans op minder validen / invaliden in het verkeer (=0.05).
- kans op overlijden van de minder validen / invaliden binnen de effectafstand (=0).
- effectafstand bij een brand door pech [m] (=0).
- effectafstand bij een brand in een personenauto na een letselondeval in een tunnel zonder ventilatie [m] (=0).

10.4.3 **Brand in een bus ten gevolge van letselondeval**

Ook hier zullen de rookgassen (en hitte van de brand) onbelemmerd kunnen opstijgen, zodat iedereen in de tunnel veilig kan vluchten. Dit wordt gemodelleerd door parameters effectafstand van de brand te wijzigen. De parameters voor de berekening van de gevolgen in de tunnel met langssleuven worden dan:

- afstand tot vluchtdoor waar 100% van de aanwezigen vluchten in een tunnel zonder ventilatie (=h.o.h. afstand).
- afstand tot vluchtdoor waar 100% van de aanwezigen vluchten in een tunnel met ventilatie (=h.o.h. afstand).
- kans op overlijden overige vluchtenden in een tunnel zonder ventilatie (=0).
- kans op overlijden overige vluchtenden in een tunnel met ventilatie (=0).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij een geblokkeerde vluchtdoor ten gevolge van de langere vluchtweg (=0).
- maximale effectafstand rookgassen/warmte bij een letselbrand bus in tunnel met ventilatie [m] (= 0).
- maximale effectafstand rookgassen/warmte bij een letselbrand bus in tunnel zonder ventilatie [m] (=0).

10.4.4 **Brand in een vrachtwagen zonder of met niet brandbare lading ten gevolge van letselondeval** (ook tankwagens geladen met toxische stoffen in bulk)

Ook hier zullen de rookgassen (en hitte van de brand) onbelemmerd kunnen opstijgen, zodat iedereen in de tunnel veilig kan vluchten. Dit wordt gemodelleerd door parameters effectafstand van de brand te wijzigen. De parameters voor de berekening van de gevolgen in de tunnel met langssleuven worden dan:

- afstand tot vluchtdoor waar 100% van de aanwezigen vluchten in een tunnel zonder ventilatie (= h.o.h. afstand).

- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen vluchten in een tunnel met ventilatie (=h.o.h. afstand).
- kans op overlijden overige vluchtenden in een tunnel zonder ventilatie (=0).
- kans op overlijden overige vluchtenden in een tunnel met ventilatie (=0).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij een geblokkeerde vluchtdeur t.g.v. de langere vluchtweg (=0).
- maximale effectafstand rookgassen/warmte bij een letselbrand vrachtauto met niet brandbare lading in tunnel met ventilatie [m] (= 0).
- maximale effectafstand rookgassen/warmte bij een letselbrand vrachtauto met niet brandbare lading in tunnel zonder ventilatie [m] (= 0).

10.4.5 **Brand in een vrachtwagen met brandbare lading ten gevolge van letselongeval (niet vrachtwagens geladen met explosieven)**

Ook hier zullen de rookgassen (en hitte van de brand) onbelemmerd kunnen opstijgen, zodat iedereen in de tunnel veilig kan vluchten. Dit wordt gemodelleerd door parameters effectafstand van de brand te wijzigen. De parameters voor de berekening van de gevolgen in de tunnel met langssleuven worden dan:

- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen vluchten in een tunnel zonder ventilatie (= h.o.h. afstand).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen vluchten in een tunnel met ventilatie (= h.o.h. afstand).
- kans op overlijden overige vluchtenden in een tunnel zonder ventilatie (=0).
- kans op overlijden overige vluchtenden in een tunnel met ventilatie (=0).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij een geblokkeerde vluchtdeur ten gevolge van de langere vluchtweg (=0).
- maximale effectafstand rookgassen/warmte bij een letselbrand vrachtauto met brandbare lading in tunnel met ventilatie [m] (= 0).
- maximale effectafstand rookgassen/warmte bij een letselbrand vrachtauto met brandbare lading in tunnel zonder ventilatie [m] (= 0).

10.4.6 **Brand in een vrachtwagen geladen met explosieven ten gevolge van letselongeval**

Bij een brand in een vrachtwagen geladen met explosieven zullen de explosieven ten gevolge van de brand ontstoken worden. In een tunnel met langssleuven zal de drukgolf die zich naar beide uiteinden van de tunnel beweegt in kracht (overdruk) afnemen. Buiten de tunnel zullen geen slachtoffers vallen. De parameters voor de berekening van de gevolgen in de tunnel met langssleuven worden dan:

- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen vluchten (= min (h.o.h. afstand, 0)).
- kans op overlijden overige vluchtenden (=0.1).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij een geblokkeerde vluchtdeur ten gevolge van de langere vluchtweg (=0.9).
- kans op overlijden aanwezigen ten gevolge van de schokgolf buiten de tunnel (=0).
- maximale effectafstand schokgolf buiten de tunnel [m] (=0).

10.4.7 **0.5 m3 uitstroming van een toxische vloeistof ten gevolge van letselongeval**

Net als in de gesloten tunnel geen gevolgen voor de aanwezigen.

10.4.8 **5 m3 uitstroming van een toxische vloeistof ten gevolge van letselongeval**

Bij een grote continue uitstroming van een toxische vloeistof zullen de effecten in de vloeistofplas niet verschillen van de gevolgen in een geheel gesloten tunnel. Buiten de vloeistofplas zal de gaswolk door de inmenging van lucht snel opstijgen en door de langssleuven uit de tunnel verdwijnen, zodat buiten de vloeistofplas geen effecten voor de aanwezigen in de tunnel zullen optreden. De parameters voor de berekening van de gevolgen in de tunnel met langssleuven worden dan:

- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van gaswolk in tunnel met ventilatie (=h.o.h. afstand).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van gaswolk in tunnel zonder ventilatie (=h.o.h. afstand).
- kans op overlijden overige vluchtenden in gaswolk in tunnel met ventilatie (=0).
- kans op overlijden overige vluchtenden in gaswolk in tunnel zonder ventilatie (=0).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van plas in tunnel met ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 30)).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van plas in tunnel zonder ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 20)).
- kans op overlijden overige vluchtenden in de plas in tunnel met ventilatie (=0.75).
- kans op overlijden overige vluchtenden in de plas in tunnel zonder ventilatie (=0.75).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij door ongeval geblokkeerde vluchtdeur ten gevolge van de langere vluchtweg (=0.15).
- lengte plas (over hele breedte tunnel) op het horizontale deel van de tunnel [m] (=15).
- lengte plas (over hele breedte tunnel) op het op- of neergaande deel van de tunnel [m] (=25).
- maximale effectafstand gaswolk in tunnel zonder ventilatie vanaf rand vloeistofplas [m] (= 0).
- maximale effectafstand gaswolk in tunnel met ventilatie vanaf rand vloeistofplas [m] (= 0).

10.4.9 Instantane uitstroming van een toxische vloeistof ten gevolge van letselongeval

Bij een instantane uitstroming van een toxische vloeistof zullen de aanwezigen ook alleen in de plas de effecten van de toxische gaswolk ondervinden. De parameters voor de berekening van de gevolgen in de tunnel met langssleuven worden dan:

- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van gaswolk in tunnel met ventilatie (=h.o.h. afstand).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van gaswolk in tunnel zonder ventilatie (=h.o.h. afstand).
- kans op overlijden overige vluchtenden in gaswolk in tunnel met ventilatie (=0).
- kans op overlijden overige vluchtenden in gaswolk in tunnel zonder ventilatie (=0).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van plas in tunnel met ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 10)).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van plas in tunnel zonder ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 20)).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij door ongeval geblokkeerde vluchtdeur ten gevolge van de langere vluchtweg (=0.2).
- kans op overlijden overige vluchtenden in de plas van de continu uitstromende toxische vloeistof in tunnel zonder ventilatie (=0.8).
- kans op overlijden overige vluchtenden in de plas van de continu uitstromende toxische vloeistof in tunnel met ventilatie (=0.8).
- kans op overlijden aanwezigen buiten de tunnel ten gevolge van de uittredende gaswolk van een instantane uitstroming (=0).
- lengte plas (over hele breedte tunnel) van de continu uitstromende toxische vloeistof op het horizontale deel van de tunnel [m] (=200).

- lengte plas (over hele breedte tunnel) van de continu uitstromende toxische vloeistof op het op- of neergaande deel van de tunnel [m] (=300).
- maximale effectafstand buiten tunnel zonder ventilatie [m] (=0).
- maximale effectafstand buiten tunnel met ventilatie [m] (=0).
- maximale effectafstand gaswolk in tunnel zonder ventilatie vanaf rand vloeistofplas [m] (=0).
- maximale effectafstand gaswolk in tunnel met ventilatie vanaf rand vloeistofplas [m] (= 0).

10.4.10 Continue uitstroming van een toxisch gas ten gevolge van letselongeval

Bij een continue uitstroming van een toxisch gas, zullen de effecten in de jet gelijk zijn aan de gevolgen in een geheel gesloten tunnel. Buiten de jet zal de gaswolk zich door de tunnel verplaatsen totdat genoeg lucht is ingemengd om de dichtheid van de initieel zware gaswolk gelijk te maken aan de omgevingslucht. De gaswolk zal dan door de langssleuven kunnen opstijgen. Buiten de tunnel zullen geen effecten meer optreden voor de aanwezigen (dit is wellicht optimistisch voor korte tunnels). De parameters voor de berekening van de gevolgen in de tunnel met langssleuven worden dan:

- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van gaswolk in tunnel met ventilatie (= (h.o.h. afstand, 7)).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van gaswolk in tunnel zonder ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 2)).
- kans op overlijden overige vluchtenden in gaswolk in tunnel met ventilatie (=1).
- kans op overlijden overige vluchtenden in gaswolk in tunnel zonder ventilatie (=1).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van jet (= min (h.o.h. afstand, 0)).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij door ongeval geblokkeerde vluchtdeur ten gevolge van de langere vluchtweg (=0).
- kans op overlijden overige vluchtenden in de jet in tunnel (=1).
- kans op overlijden aanwezigen buiten de tunnel ten gevolge van de uittredende gaswolk (=0).
- lengte jet (over hele breedte tunnel) [m] (=15).
- maximale effectafstand gaswolk buiten tunnel zonder ventilatie [m] (=0).
- maximale effectafstand gaswolk buiten tunnel met ventilatie [m] (=0).
- maximale effectafstand gaswolk in tunnel zonder ventilatie vanaf ongeval [m] (= min (100, tunnel lengte)).
- maximale effectafstand gaswolk in tunnel met ventilatie vanaf ongeval [m] (= min (500, tunnel lengte)).

10.4.11 Instantane uitstroming van een toxisch gas ten gevolge van letselongeval

Bij een instantane uitstroming van een toxisch gas zullen de effecten in de tunnel ook minder ernstig zijn dan in een geheel gesloten tunnel. Aangenomen wordt dat ook hier geen effecten buiten de tunnel zullen optreden. De parameters voor de berekening van de gevolgen in de tunnel met langssleuven worden dan:

- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen vluchten (= min (h.o.h. afstand, 0)).
- kans op overlijden overige vluchtenden (=0.7).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij een geblokkeerde vluchtdeur ten gevolge van de langere vluchtweg (=0.3).
- kans op overlijden vluchtenden ten gevolge van de schokgolf en gaswolk buiten de tunnel (=0).
- maximale effectafstand schokgolf en gaswolk buiten de tunnel [m] (=0).

10.4.12 0.5 m³ uitstroming van een brandbare vloeistof ten gevolge van letselongeval

Net als in de gesloten tunnel geen gevolgen voor de aanwezigen.

10.4.13 Plasbrand van een 5 m3 uitstroming van een brandbare vloeistof ten gevolge van letselongeval

Bij een grote continue uitstroming van een brandbare vloeistof zullen de gevolgen in de plas niet verschillen van de gevolgen in de geheel gesloten tunnel. Buiten de plas zal er een klein effectgebied overblijven waarin de aanwezigen ten gevolge van de hitte van de plasbrand kunnen overlijden. Buiten de tunnel zullen geen effecten optreden. De parameters voor de berekening van de gevolgen in de tunnel met langssleuven worden dan:

- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van rookgassen in tunnel met ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 20)).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van rookgassen in tunnel zonder ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 40)).
- kans op overlijden overige vluchtenden in rookgassen in tunnel met ventilatie (=0.6).
- kans op overlijden overige vluchtenden in rookgassen in tunnel zonder ventilatie (=0.6).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van plas (= min (h.o.h. afstand, 5)).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij door ongeval geblokkeerde vluchtdeur ten gevolge van de langere vluchtweg (=0.05).
- kans op overlijden overige vluchtenden in de plasbrand in de tunnel (=0.95).
- lengte effectgebied plasbrand (over hele breedte tunnel) op het horizontale deel van de tunnel [m] (=15).
- lengte effectgebied plasbrand (over hele breedte tunnel) op het op- of neergaande deel van de tunnel [m] (=25).
- maximale effectafstand rookgassen in tunnel zonder ventilatie vanaf rand vloeistofplas [m] (= min (50, tunnel lengte)).
- maximale effectafstand rookgassen in tunnel met ventilatie vanaf rand vloeistofplas [m] (= min (tunnel lengte, 75)).

10.4.14 5 m3 uitstroming van een brandbare vloeistof ten gevolge van letselongeval

Net als in de tunnel zijn de gevolgen voor de aanwezigen gemodelleerd in bijlage 10.4.13.

10.4.15 Plasbrand van een instantane uitstroming van een brandbare vloeistof ten gevolge van letselongeval

Bij een instantane uitstroming van een brandbare vloeistof zullen de uitstroming en de daarop volgende fysische verschijnselen en effecten gelijk zijn als voor een plas van 5 m³ (zie bijlage 10.4.13), alleen zal de plas nu veel groter zijn. De parameters voor de berekening van de gevolgen in de tunnel met langssleuven worden dan:

- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van rookgassen in tunnel met ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 20)).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van rookgassen in tunnel zonder ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 40)).
- kans op overlijden overige vluchtenden in rookgassen in tunnel met ventilatie (=0.6).
- kans op overlijden overige vluchtenden in rookgassen in tunnel zonder ventilatie (=0.6).
- afstand tot vluchtdeur waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van plas (= min (h.o.h. afstand, 5); als bij 5 m³ plas).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij door ongeval geblokkeerde vluchtdeur ten gevolge van de langere vluchtweg (=0.05).

- kans op overlijden overige vluchtenden in de plasbrand in de tunnel ($=0.95$).
- lengte effectgebied plasbrand (over hele breedte tunnel) op het horizontale deel van de tunnel [m] ($=200$).
- lengte effectgebied plasbrand (over hele breedte tunnel) op het op- of neergaande deel van de tunnel [m] ($=300$).
- maximale effectafstand rookgassen in tunnel met ventilatie vanaf rand vloeistofplas [m] ($= \min(\text{tunnel lengte}, 75)$).
- maximale effectafstand rookgassen in tunnel zonder ventilatie vanaf rand vloeistofplas [m] ($= \min(50, \text{tunnel lengte})$).

10.4.16 **Instantane uitstroming van een brandbare vloeistof ten gevolge van letselongeval**

Net als in de tunnel zijn de gevolgen voor de aanwezigen gemodelleerd in bijlage 10.4.15.

10.4.17 **BLEVE van een instantane uitstroming van een brandbaar gas ten gevolge van letselongeval**

Bij een BLEVE van een instantane uitstroming van brandbaar gas ontstaat een BLEVE plus een vuurbal. In een tunnel met langssleuven zullen de effecten bij zowel de directe als de vertraagde BLEVE gedomineerd worden door de brandende gaswolk (alhoewel de effecten ten opzichte van de geheel gesloten tunnel minder erg zullen zijn omdat een deel van de gaswolk zich door de langssleuven naar buiten zal verplaatsen; buiten de tunnel zullen geen effecten optreden. De parameters voor de berekening van de gevolgen in de tunnel met langssleuven worden dan:

- afstand tot vluchtdoor waar 100% van de aanwezigen vluchten bij directe BLEVE ($= \min(\text{h.o.h. afstand}, 0)$).
- kans op overlijden overige vluchtenden bij directe BLEVE ($=0.8$).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij een geblokkeerde vluchtdoor ten gevolge van de langere vluchtweg bij directe BLEVE ($=0.2$).
- kans op overlijden vluchtenden ten gevolge van de schokgolf en brandende gaswolk in de tunnel bij directe BLEVE ($=0$).
- maximale effectafstand schokgolf en brandende gaswolk buiten de tunnel bij directe BLEVE [m] ($=0$).
- afstand tot vluchtdoor waar 100% van de aanwezigen vluchten bij vertraagde BLEVE ($= \min(\text{h.o.h. afstand}, 40)$).
- kans op overlijden overige vluchtenden bij vertraagde BLEVE ($=0.4$).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij een geblokkeerde vluchtdoor ten gevolge van de langere vluchtweg bij vertraagde BLEVE ($=0.2$).
- kans op overlijden vluchtenden ten gevolge van de schokgolf en brandende gaswolk buiten de tunnel bij vertraagde BLEVE ($=0$).
- maximale effectafstand schokgolf en brandende gaswolk buiten de tunnel [m] bij vertraagde BLEVE ($=0$).

10.4.18 **Instantane uitstroming van een brandbaar gas ten gevolge van letselongeval**

Ook hier zullen de gevolgen van de uitstroming alleen bepaald worden door de brandende gaswolk (en niet door de overdruk-effecten). Buiten de tunnel kunnen in dit geval nog wel slachtoffers vallen door de uittredende brandende gaswolk (ook al zijn de effecten in en buiten de tunnel lager dan in een geheel gesloten tunnel). De parameters voor de berekening van de gevolgen in de tunnel met langssleuven worden dan:

- afstand tot vluchtdoor waar 100% van de aanwezigen vluchten ($= \min(\text{h.o.h. afstand}, 5)$).
- kans op overlijden overige vluchtenden ($=0.5$).

- extra kans op overlijden vluchtenden nabij een geblokkeerde vluchtdoor ten gevolge van de langere vluchtweg (=0.5).
- kans op overlijden vluchtenden ten gevolge van de schokgolf en brandende gaswolk in de tunnel (=0.5).
- maximale effectafstand schokgolf en brandende gaswolk buiten de tunnel [m] (=75).

10.4.19 Fakkelflam van een continue uitstroming van brandbaar gas ten gevolge van letselongeval

Bij een continue uitstroming van een brandbaar gas, zullen de effecten in de jet niet verschillen van de gevolgen in een geheel gesloten tunnel. Buiten de jet zullen allen die direct in de buurt van de jet aanwezige personen kunnen overlijden ten gevolge van de hitte van de fakkelflam. De parameters voor de berekening van de gevolgen in de tunnel met langssleuven worden dan:

- afstand tot vluchtdoor waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van rookgassen in tunnel met ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 20)).
- afstand tot vluchtdoor waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van rookgassen in tunnel zonder ventilatie (= min (h.o.h. afstand, 40)).
- kans op overlijden overige vluchtenden in rookgassen in tunnel met ventilatie (=0.6).
- kans op overlijden overige vluchtenden in rookgassen in tunnel zonder ventilatie (=0.6).
- afstand tot vluchtdoor waarin 100% van de aanwezigen kan vluchten ten gevolge van fakkelflam (= min (h.o.h. afstand, 0)).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij door ongeval geblokkeerde vluchtdoor ten gevolge van de langere vluchtweg (=0).
- kans op overlijden overige vluchtenden in de fakkelflam in tunnel (=1).
- lengte effectgebied fakkelflam (over hele breedte tunnel) [m] (=30).
- maximale effectafstand rookgassen van de fakkelflam in tunnel zonder ventilatie vanaf ongeval [m] (= min (tunnel lengte, 50)).
- maximale effectafstand rookgassen van de fakkelflam in tunnel met ventilatie vanaf ongeval [m] (= min (75, tunnel lengte)).

10.4.20 Continue uitstroming van een brandbaar gas ten gevolge van letselongeval

In dit geval zal de brandende gaswolk die ontstaat na de vertraagde ontsteking bepalend zijn voor de gevolgen van de aanwezigen in de tunnel. Buiten de tunnel zullen geen effecten optreden. De parameters voor de berekening van de gevolgen in de tunnel met langssleuven worden dan:

- afstand tot vluchtdoor waarin 100% van de aanwezigen vluchten (= min (h.o.h. afstand, 10)).
- kans op overlijden overige vluchtenden (=0.7).
- extra kans op overlijden vluchtenden nabij een geblokkeerde vluchtdoor ten gevolge van de langere vluchtweg (=0.1).
- kans op overlijden vluchtenden ten gevolge van de schokgolf en brandende gaswolk in de tunnel (=0).

10.5 Invoer tunnelmodel voor de Leidsche Rijn overkappingen met langssleuven

De voor de Leidsche Rijn overkappingen met langssleuven gebruikte invoer in het tunnelmodel is gelijk aan de invoer uit bijlage 10.3 alleen de hieronder weergegeven invoer wijkt hiervan af:

- aanwezigheid ventilatie onder de overkapping: 0 (=nee) voor alle wegdelen.
- aanwezigheid CO-detectiesysteem onder de overkapping: 0 (=nee) voor de alle wegdelen.

Bijlage

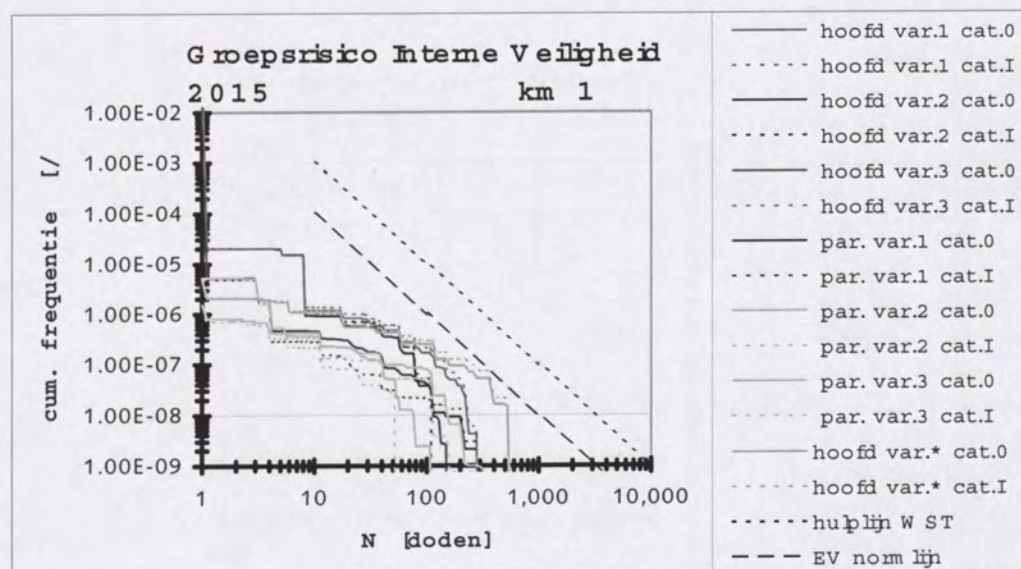
11. Variant *: Geheel gesloten hoofd- en parallelbaan

Op basis van de resultaten van de varianten 1 tot en met 3 is tijdens het project op verzoek van de directie Utrecht een vierde variant (variant *, zie ook bijlage 2) aan het onderzoek toegevoegd. Dit betreft de variant waarbij zowel de hoofd- als de parallelbaan geheel overkapt worden (bij beide rijbanen wordt ventilatie aangebracht).

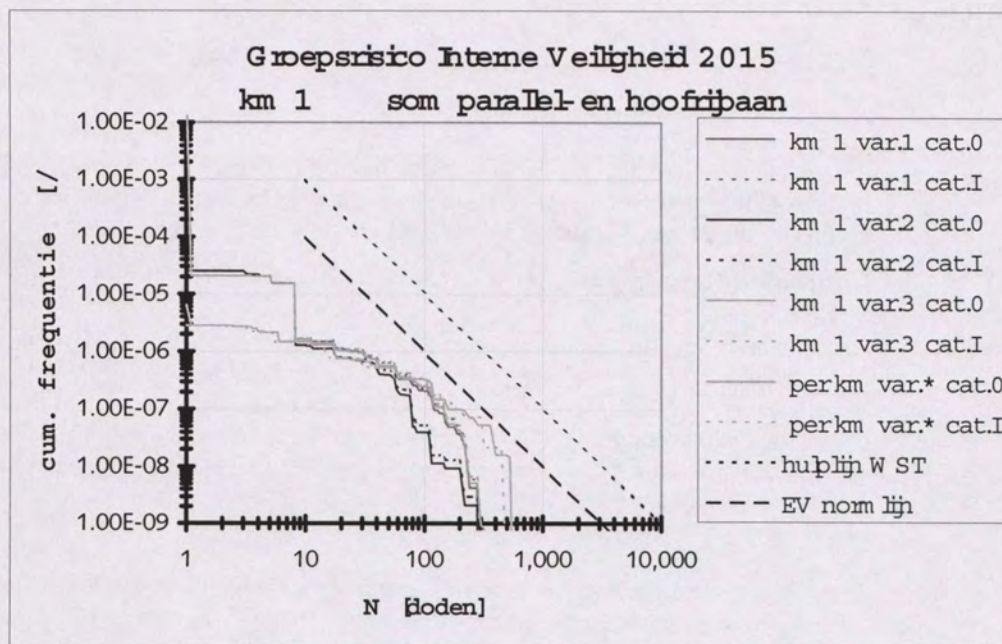
11.1 Interne veiligheid variant *

De berekeningen van de interne veiligheid zijn met het tunnelmodel TunPrim.xls uitgevoerd voor een 2 km lange overkapping op de hoofdrijbaan. De resultaten van deze berekeningen zijn (tezamen met de resultaten van de hoofdrijbanen van de varianten 1 tot en met 3) opgenomen in Tabel 46 en Figuur 22 tot en met Figuur 26. (De parallelbaan van variant * is identiek aan de parallelbaan van variant 3, zodat de resultaten van de parallelbaan variant 3 ook voor de parallelbaan van variant * gebruikt worden).

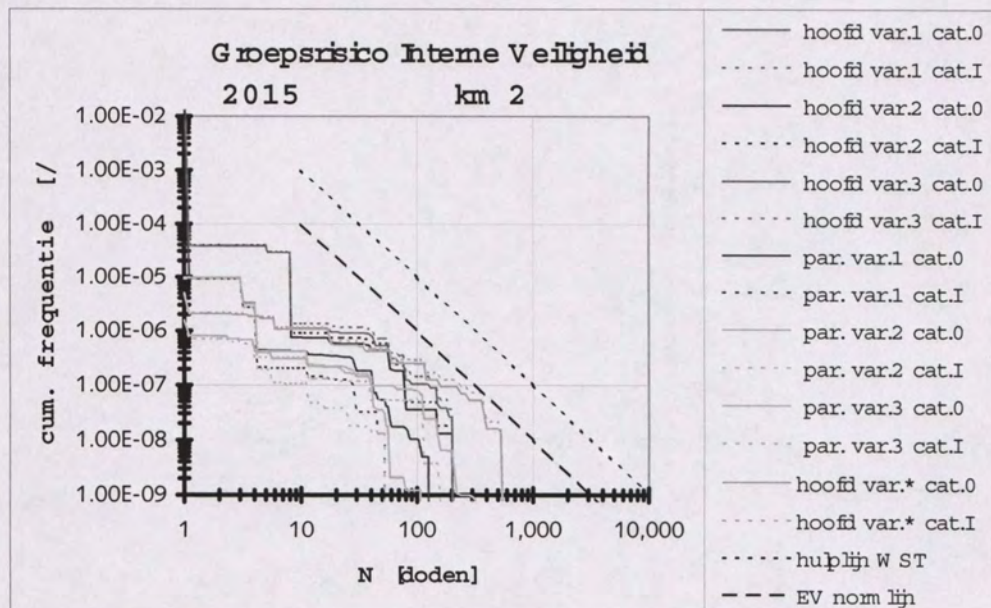
Tabel 46 Verwachtingswaarden aantal doden ten gevolge van branden onder de overkapping en het transport van gevaarlijke stoffen in de toekomstige situatie (2015).



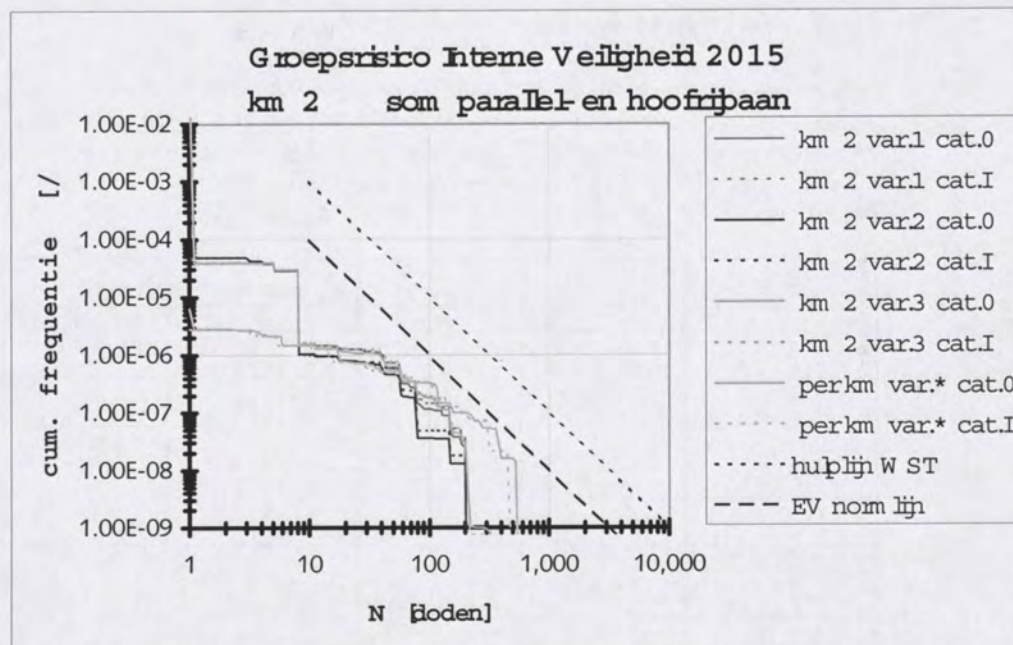
Figuur 22 Interne groepsrisico in 2015 op de hoofdrijbaan van kilometer 1.



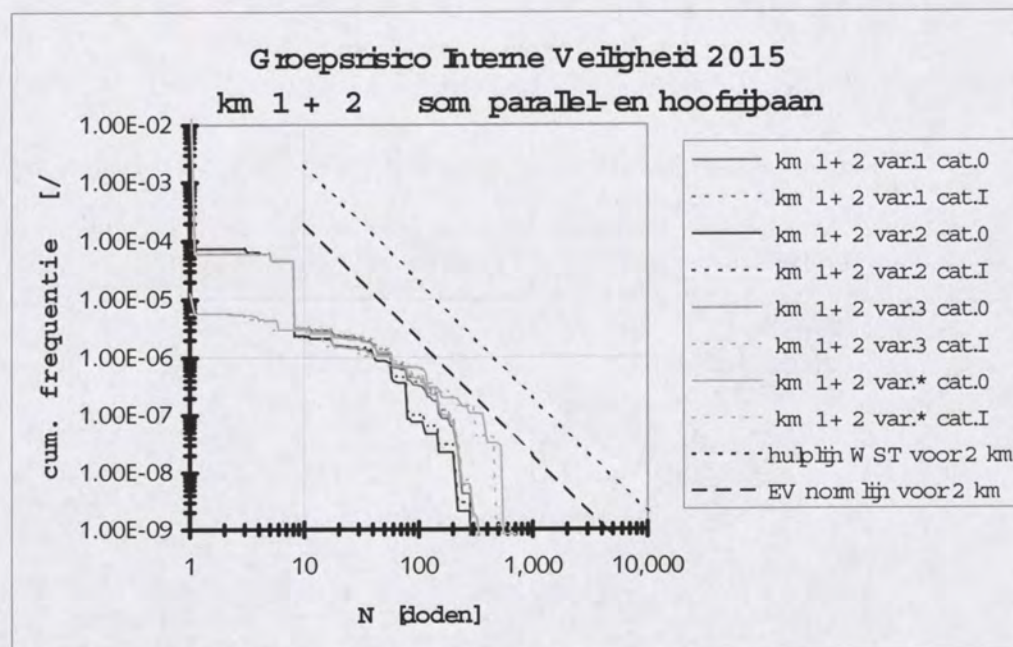
Figuur 23 Interne groepsrisico in 2015 op kilometer 1 (hoofdrij- én parallelbaan).



Figuur 24 Interne groepsrisico in 2015 op de hoofdrijbaan kilometer 2.



Figuur 25 Interne groepsrisico in 2015 op kilometer 2 (hoofdrij- én parallelbaan).



Figuur 26 Interne groepsrisico in 2015 op kilometer 1 + 2 (hoofdrij- én parallelbaan).

Op basis van de verwachtingswaarden is variant * qua verwachtingswaarde de meest veilige variant. Doordat de korte overkappingen (wegdeel A en E) van variant 1 en 3 en de overkappingen met langssleuven van variant 2 geen ventilatie hebben is dit een enigszins vertekend beeld (zie ook bijlage 12). Bij het interne groepsrisico neemt door de aanwezigheid van de ventilatie het lage aantal slachtoffers bij variant * af ten opzichte van de overige varianten, terwijl het maximum aantal mogelijke slachtoffers toeneemt (dit is duidelijk te zien in de groepsrisicocurven van Figuur 22 tot en met Figuur 26).

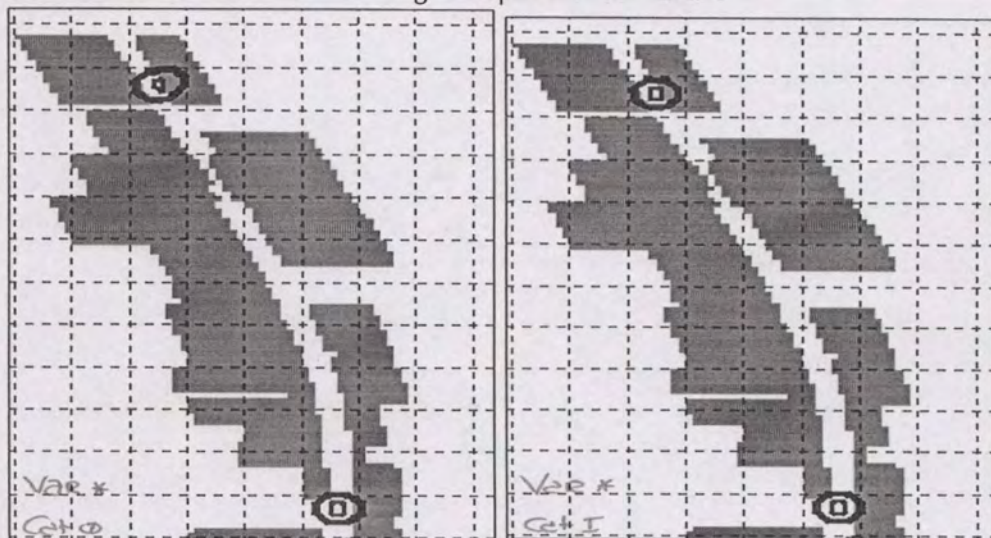
11.2 Externe veiligheid variant *

De externe veiligheid van variant * wordt op dezelfde wijze berekend als de externe veiligheid van de overkapte wegdelen (punt 4 van bijlage 9.1); er wordt dus gebruik gemaakt van de scenario's van Tabel 27 en de ongevalslocaties aan de uiteinden van de overkappingen en de ongevalsfrequenties voor de dag (spits + dag) en nacht zijn voor de externe veiligheid van variant * opgenomen in Tabel 47.

ong. freq. per jaar	wegd. A-F cat. 0	wegd. A-F cat. I	ongevals locatie	X	Y
parallel AO			begin km 1	bevolkingsfile noord	
GF2 d+s	4.5E-09	0	parallel AO	20	85
GF2 nacht	9.63E-10	0	hoofdb AO	20	85
GF3 d+s	1.22E-07	0	hoofdb OA	21	85
GF3 nacht	2.62E-08	0	parallel OA	22	86
hoofdb AO			eind km 2	bevolkingsfile zuid	
GF2 d+s	1.18E-08	1.63E-08	parallel AO	45	34
GF2 nacht	2.53E-09	3.5E-09	hoofdb AO	45	34
GF3 d+s	3.22E-07	4.44E-07	hoofdb OA	46	34
GF3 nacht	6.89E-08	9.51E-08	parallel OA	47	34
hoofdb OA					
GF2 d+s	1.14E-08	1.61E-08			
GF2 nacht	2.43E-09	3.44E-09			
GF3 d+s	3.09E-07	4.37E-07			
GF3 nacht	6.61E-08	9.35E-08			
parallel OA					
GF2 d+s	4.7E-09	0			
GF2 nacht	1.01E-09	0			
GF3 d+s	1.28E-07	0			
GF3 nacht	2.74E-08	0			

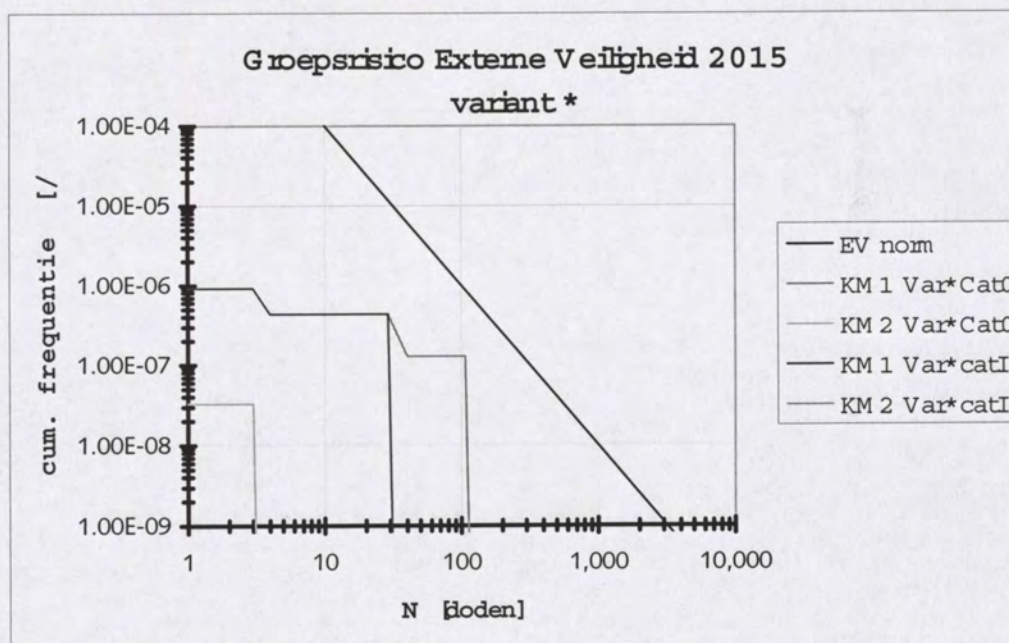
Tabel 47 De ongevalslocaties en -frequenties externe veiligheid aan het einde van de 2 kilometer overkappingen.

Het individueel risico van variant * is weergegeven in Figuur 27. Zoals te verwachten viel beperkt dit risico zich tot de uiteinden van de overkapping. De 10^{-6} contour ligt ook in dit geval niet over de bebouwing, zodat er geen overschrijding van de norm van het individueel risico van de externe veiligheid optreedt voor variant *.



Figuur 27 Individueel risico variant * in 2015 (links: beide rijbanen categorie 0; rechts: hoofdrijbaan categorie 0 en parallelbaan categorie I).

Het externe groepsrisico van variant *, zie Figuur 28, ligt veel lager dan het groepsrisico voor de overige varianten doordat alleen aan de overkappingseinden gevolgen voor de aanwezigen in de omgeving van de weg kunnen optreden. Dit groepsrisico voldoet dan ook voor alle kilometervakken aan de norm.



Figuur 28 Externe groepsrisico in 2015 op kilometer 1 en 2.
(Het risico van KM2 variant * categorie I is zo laag dat deze lijn niet in de figuur te zien is)

Bijlage

12. Invloed van de kans op file en wel/niet aanwezig zijn ventilatie

Op verzoek van de directie Utrecht is voor de interne veiligheid bekeken wat het effect van de aan/afwezigheid van een ventilatiesysteem onder de korte overkappingen (wegdelen A en E) is en wat het effect van het al dan niet optreden van een file voor het ongeval (ten gevolge van een ongeval en/of hoge verkeersintensiteit) is.

Deze berekeningen zijn uitgevoerd voor:

1. de 200 m overkapping (wegdeel A) op de hoofdrijbaan van variant 1 categorie 0 (kans op file is gelijk aan het eenmaal per 2 etmalen optreden van een file tijdens de spits, dus 0.5).
2. de 300 m overkapping (wegdeel E) op de hoofdrijbaan van variant 1 categorie 0 (kans op file is gelijk aan het eenmaal per etmaal optreden van een file tijdens de spits, dus 1).
3. de 2000 m overkapping (wegdeel O tot en met P) op de hoofdrijbaan van variant * categorie 0 (kans op file is gelijk aan het eenmaal per 2 etmalen optreden van een file tijdens de spits, dus 0.5).
4. de 2000 m overkapping (wegdeel O tot en met P) op de parallelbaan van variant * categorie 0 (kans op file is gelijk aan het eenmaal per etmaal optreden van een file tijdens de spits, dus 1).

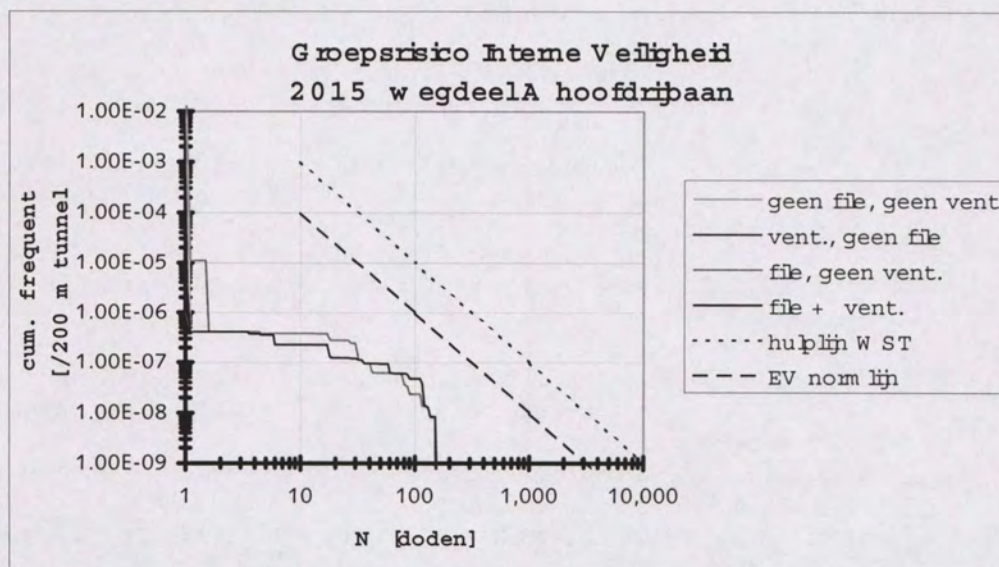
In Figuur 29 zijn de verwachtingswaarden voor de overkappingen met/zonder ventilatiesysteem en met/zonder file opgenomen. Op basis van deze resultaten kan geconcludeerd worden dat:

- het ontbreken van een ventilatiesysteem onder de korte overkappingen (wegdelen A en E) tot de hoogste verwachtingswaarden leidt. Hetgeen veroorzaakt wordt doordat in afwezigheid van een ventilatiesysteem zowel de aanwezigen voor als achter het ongeval onder de overkapping mogelijk slachtoffer kunnen worden van een uitstroming van gevaarlijke stoffen of een voertuigbrand.
- de aanwezigheid van een file voor het ongeval onder een korte overkapping zonder een ventilatiesysteem (wegdelen A en E) niet veel invloed heeft op de verwachtingswaarde. Aangezien de file voor het ongeval in deze modelleringen (0.5-1 maal het ontstaan van een file tijdens de spits periode per etmaal) slechts een beperkt deel van de tijd aanwezig is en de mogelijke slachtoffers door het ontbreken van een ventilatiesysteem zowel voor als achter het ongeval aanwezig kunnen zijn, is de bijdrage van deze file voor het ongeval gering.
- de aanwezigheid van een ventilatiesysteem onder de korte overkappingen (wegdeel A en E) de verwachtingswaarde met minimaal een factor 1000 verminderd. Dit wordt veroorzaakt doordat bij de aanwezigheid van een ventilatiesysteem de aanwezigen achter het ongeval (vrijwel altijd) geen slachtoffer zullen worden van een uitstroming van gevaarlijke stoffen of een voertuigbrand.
- de aanwezigheid van een file voor het ongeval onder de overkappingen met een ventilatiesysteem de verwachtingswaarde merkbaar verhoogd. Dit komt doordat de aanwezigen in de file voor het ongeval altijd mogelijke slachtoffers zijn na een uitstroming van gevaarlijke stoffen of een voertuigbrand.

Aangezien de verwachtingswaarde naast de aanwezigheid van een file en/of ventilatiesysteem ook afhankelijk is van o.a. de lengte van de overkapping, de lengte van de file achter het ongeval (die afhankelijk is van de tijd die de operator nodig heeft om de toegang tot de overkapping te sluiten/af te kruisen), de verkeersintensiteit, enz. is er in Figuur 29 geen vaste trend te ontdekken in de variatie van de verwachtingswaarden met/zonder file en ventilatiesysteem.

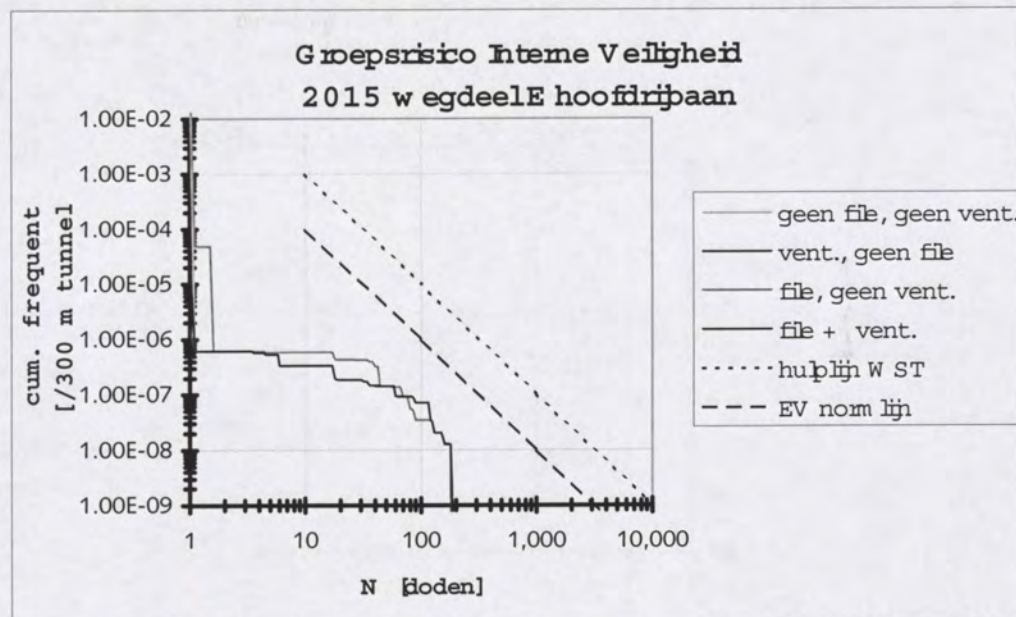
EV /tunnel/jaar	A hoofd var1cat0	E hoofd var1cat0	EV /tunnel/jaar	2 km hoofd var*cat0	2 km parallel var*cat0
geen file, geen vent.	5.11E-02	7.67E-02	geen file	1.66E-04	3.96E-05
vent., geen file	1.33E-05	2.08E-05	file	9.98E-04	7.80E-04
file, geen vent.	5.12E-02	7.69E-02	file =	0.5*per spits	1*per spits
file + vent.	2.16E-05	5.80E-05			
file =	0.5*per spits	1*per spits			

Figuur 29 De verwachtingswaarden (= EV = Expected Value) in 2015 van de overkappingen met/zonder ventilatie en/of file.

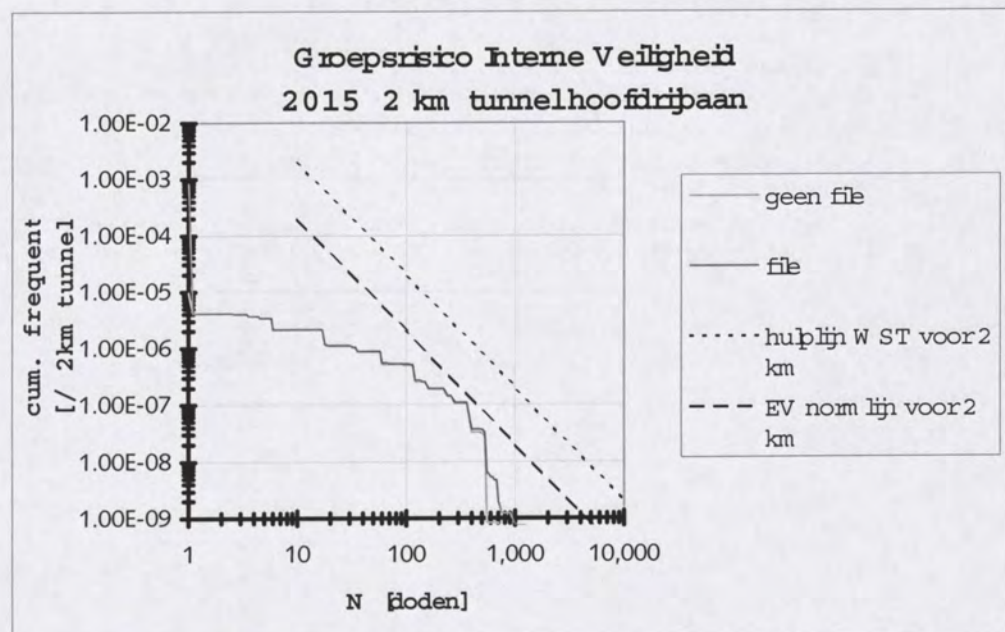


Figuur 30 Het interne groepsrisico in 2015 van wegedeel A op de hoofdrijbaan van variant 1 categorie 0 met/zonder ventilatie en/of file.

In Figuur 30 zijn de interne groepsrisico's onder de overkapping op de hoofdrijbaan van wegedeel A opgenomen. Hierbij liggen de groepsrisico's onder de overkappingen zonder ventilatie vrijwel gelijk. Onder de overkapping met een ventilatiesysteem liggen de groepsrisico's voor slachtofferaantallen vanaf 1.6 gelijk, voor kleinere slachtofferaantallen ligt het groepsrisico onder de overkapping met een file voor het ongeval hoger. De interne groepsrisico's op de hoofdrijbaan van wegedeel E in Figuur 31 vertonen dezelfde trend.



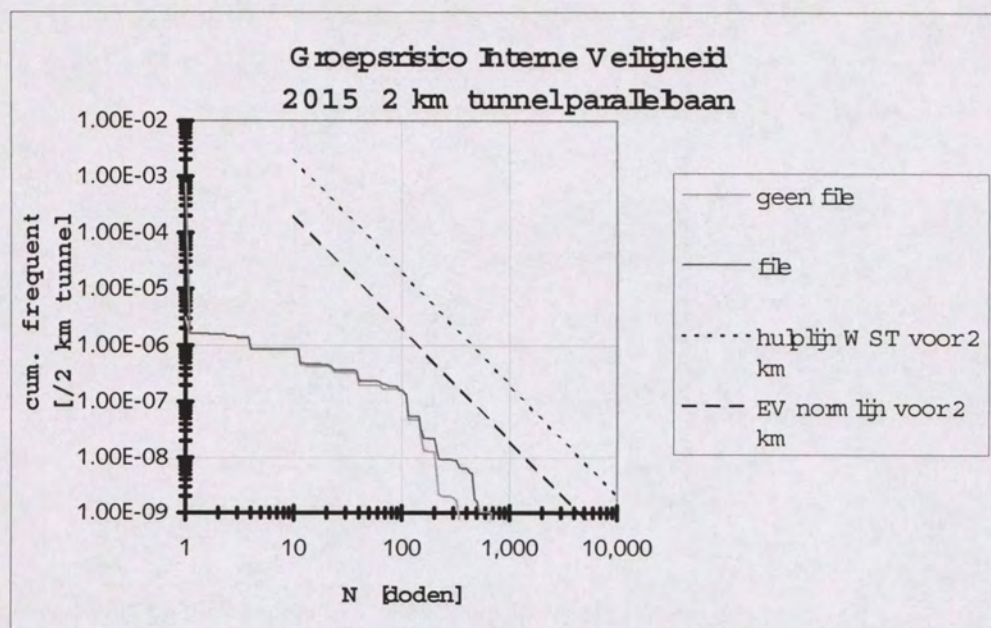
Figuur 31 Het interne groepsrisico in 2015 van wegdeel E op de hoofdrijbaan van variant 1 categorie 0 met/zonder ventilatie en/of file.



Figuur 32 Het interne groepsrisico in 2015 van de 2 km overkapping op de hoofdrijbaan van variant * categorie 0 met/zonder file.

Voor de interne groepsrisico's onder de 2 km lange overkapping op de hoofdrijbaan van variant *, zie Figuur 32, liggen de groepsrisico's tot circa 500 slachtoffers gelijk. Boven dit slachtofferaantal ligt het groepsrisico onder de overkapping met een file voor het ongeval hoger.

Dezelfde trend treedt op bij het interne groepsrisico van de 2 km lange overkapping op de parallelbaan van variant *, zie Figuur 33, alhoewel de beide curve in deze figuur bij slachtofferaantallen groter dan 150 uiteen gaan lopen.



Figuur 33 Het interne groepsrisico in 2015 van de 2 km overkapping op de parallelbaan van variant * categorie 0 met/zonder file.

Overall kan geconcludeerd worden dat:

- de aanwezigheid van een file voor het ongeval alleen tot een noemenswaardige verhoging van de risico's leidt onder overkappingen met een ventilatiesysteem.
- het ontbreken van een ventilatiesysteem tot een drastische verhoging van het risico leidt.
- het risico toeneemt met de lengte van de overkapping (bij een verder vergelijkbare situatie onder de overkapping qua verkeersintensiteit, aan/afwezigheid ventilatie, enz.).

Bijlage

13. Invloed van het verplaatsen van het atriumgebouw

Op verzoek van de directie Utrecht is onderzocht wat het effect is van het "verplaatsen" van het atriumgebouw (het geplande kantoorcomplex rondom het open wegdeel B). Hiertoe zijn de bevolkingsfiles van de Leidsche Rijn veiligheidsstudie aangepast door ter hoogte van het atriumgebouw (lengte 200 m) de bevolking 25, 50 en 75 meter verder vanaf de wegas te modelleren. Hierna zijn de berekeningen van de externe veiligheid voor variant 2 categorie 0 (die het hoogste groepsrisico op kilometervak 1 oplevert) opnieuw uitgevoerd.

13.1 Interne veiligheid

Het "verplaatsen" van het atriumgebouw heeft geen effecten voor de interne veiligheid, omdat de aanwezige bebouwing geen effecten heeft voor het wel/niet aanwezig zijn van weggebruikers.

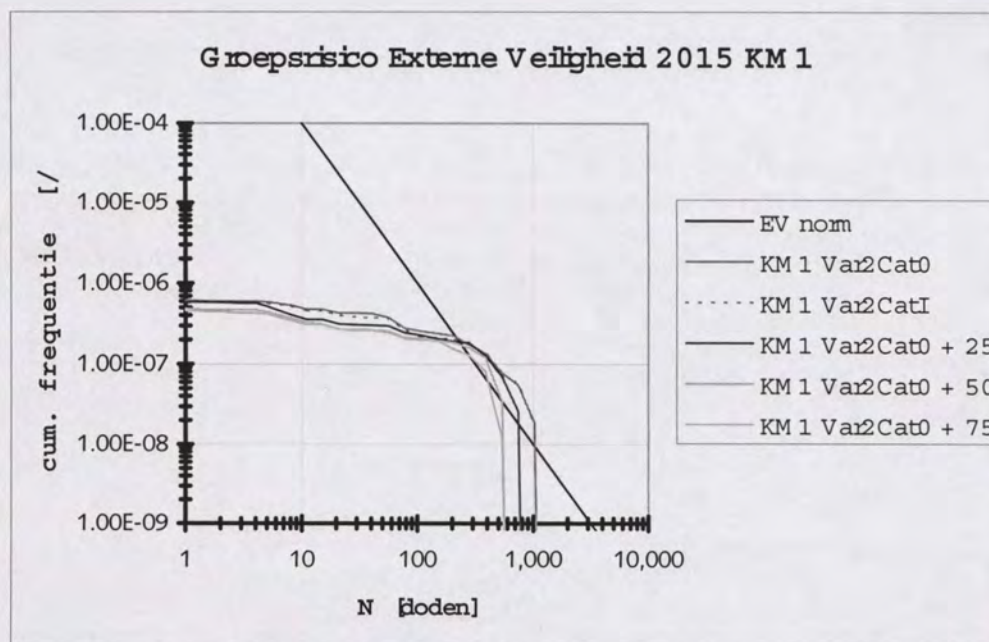
13.2 Externe veiligheid

Het "verplaatsen" van het atriumgebouw heeft voor het individueel risico weinig effecten; het individueel risico wordt immers berekend voor een fictief aanwezige persoon, zodat de ligging van het individueel risico voor alle berekeningen ongewijzigd blijft (zie Figuur 14). Wel zullen de berekende risicocontour ten gevolge van de verschuiving van het atriumgebouw ter hoogte van wegdeel B minder (bij een verplaatsing van 25 meter) of niet meer (bij een verplaatsing van 50 en 75 meter) over de bebouwing komen te liggen, omdat de bebouwing verder van de weg af komt te liggen.

De effecten van de "verplaatsing" van het atriumgebouw op het externe groepsrisico zijn berekend voor variant 2 categorie 0, dat in de nu geplande situatie van de bebouwing het hoogste groepsrisico heeft (zie Figuur 16). De resultaten van de berekening van het groepsrisico van een verschuiving van het atriumgebouw 25, 50 en 75 meter verder vanaf de wegas zijn, tezamen met de oorspronkelijke groepsrisico's van variant 2, opgenomen in Figuur 34.

Op basis van deze figuur kan worden geconcludeerd dat alleen het verschuiven van het atriumgebouw tot 75 meter verder vanaf de wegas het probleem met het groepsrisico op kilometervak 1 van variant 2 niet zal oplossen. Dit wordt deels veroorzaakt doordat het groepsrisico (en dus ook de overschrijding van de norm) met name veroorzaakt wordt door uitstroming van de brandbare gassen; de effectafstanden van deze scenario's zijn tientallen tot enkele honderden meters (bijv. de vuurbal van een BLEVE heeft een diameter van circa 180 m). Deels wordt de overschrijding van het groepsrisico ook veroorzaakt door de ter hoogte van wegdeel O en de uiteinden van de overkappingen (wegdelen A en C) relatief hoge concentraties van de bevolking.

Om die reden wordt geconcludeerd kilometervak 1 van variant 2 alleen aan de norm van het groepsrisico kan voldoen indien naast een eventuele verschuiving van het atriumgebouw ook een verschuiving van de overige bebouwing langs kilometervak 1 van de snelweg en/of een verlaging van de bevolkingsconcentratie wordt doorgevoerd.



Figuur 34 Externe groepsrisico op kilometervak 1 van variant 2 categorie 0 met en zonder verschuiving van het atriumgebouw (0, 25, 50 en 75 meter uit de wegas).

Voor de varianten 1 en 3 (die een lager groepsrisico hebben dan variant 2, zie ook Figuur 16) is het effect van het verschuiven van het atriumgebouw niet apart berekend, maar op basis van de resultaten van de berekeningen van variant 2 en de ligging van de groepsrisico's van deze varianten kan wel het volgende opgemerkt worden:

- door het verschuiven van het atriumgebouw 25 meter verder vanaf de wegas neemt de hoogte van het groepsrisico iets af (met name tussen de 3 en 100 slachtoffers) en daalt (bij gelijkblijvende cumulatieve frequentie) het maximaal aantal slachtoffers van circa 1000 naar 750. Op kilometervak 1 van de varianten 1 en 3 zal een dergelijke verschuiving van het groepsrisico nog steeds een kleine overschrijding van de groepsrisiconorm opleveren, alhoewel het mogelijk de overschrijding van de norm van variant 3 categorie 0 geheel zal oplossen.
- door het verschuiven van het atriumgebouw 50 meter verder vanaf de wegas neemt ten opzichte van de verschuiving van 25 meter de hoogte van het groepsrisico nog iets verder af en verschuift (bij gelijkblijvende cumulatieve frequentie) het maximaal aantal slachtoffers van circa 750 naar 540. Een dergelijke verschuiving van de groepsrisico's zal tot gevolg hebben dat het groepsrisico op kilometervak 1 van variant 3 categorie 0 zeker en mogelijk ook de groepsrisico's van de andere varianten 1 en 3 onder de norm komen te liggen.
- door het verschuiven van het atriumgebouw 75 meter verder vanaf de wegas blijft ten opzichte van de verschuiving van 50 meter het groepsrisico vrijwel gelijk, alleen daalt de hoogte van de cumulatieve frequentie voor slachtofferaantallen tussen 180 en 500. Deze verschuiving van het groepsrisico zal ertoe leiden dat het groepsrisico op kilometervak 1 van zowel variant 1 als variant 3 geheel onder de norm komt te liggen.

Daarnaast geldt natuurlijk ook voor de varianten 1 en 3 dat door een verschuiving en/of verlaging van de bevolkingsconcentratie van de bebouwing langs de wegdelen O, A en C het groepsrisico (nog) lager zal worden.

Bijlage

14. Aanvullende vragen directie Utrecht

In aanvulling op de in de bijlagen 11 tot en met 13 besproken en kwantitatief bepaalde risico's van variant *, het optreden van een file onder een overkapping, de aanwezigheid van een ventilatiesysteem onder de overkapping en het verder van de wegas plaatsen van het atriumgebouw, heeft de directie Utrecht tijdens het project ook de volgende aanvullende vragen gesteld aan de Bouwdienst:

1. Wat is het effect van het (geheel of gedeeltelijk) wel beschouwen van de "niet-relevante" uitstromingen > 100 kg op het risico; dit betreft immers 70% van de uitstromingen van brandbare gassen.
2. Wat is het effect van het niet aanbrengen van een scheidingswand onder de overkapping tussen de parallel- en hoofdrijbaan.
3. Wat is het effect van het verhogen van de verkeersintensiteit voor alle voertuigen en/of de intensiteit van het transport van gevaarlijke stoffen.

Deze vragen zijn niet nader kwantitatief bepaald, maar het effect van deze wijzigingen wordt in de tekst hieronder ingeschat.

1. De niet-relevante uitstromingen > 100 kg vertegenwoordigen aan de ene kant een groot deel van alle uitstromingen (70%), maar deze uitstromingen zijn beperkt van omvang (minimaal 100 kg en maximaal gelijk aan het continue scenario). Hierdoor zouden in een tunnel/overkapping mogelijk extra slachtoffers kunnen ontstaan (de "term" niet-relevante uitstromingen is op basis van de externe veiligheid afgeleid en er is tot op heden niet in detail onderzocht of dit ook voor tunnels/overkappingen zo is). Echter: het aantal slachtoffers dat bij een dergelijk scenario maximaal kan optreden is veel lager dan de maximale aantallen slachtoffers die in de interne groepsrisico figuren in dit rapport zijn opgenomen. Verwacht wordt dat een dergelijk scenario (indien het wordt beschouwd) tot maximaal 10 slachtoffers (voor de meest gevaarlijke stofcategorie) zou kunnen leiden. Indien de (nog te kiezen) norm voor het interne groepsrisico net als de norm voor het externe groepsrisico voor slachtofferaantallen van 10 en groter gaat gelden, zullen deze scenario's niet "meetellen" voor toetsing aan de norm. Maar zelfs wanneer de norm voor het interne groepsrisico gaat gelden voor slachtofferaantallen vanaf 1 zullen deze scenario's naar verwachting slechts tot een kleine verhoging van het groepsrisico tussen de 1 en 10 leiden. Daarnaast zou het wel beschouwen van dit scenario ook tot een verhoging van de verwachtingswaarde kunnen leiden (dit omdat de verwachtingswaarde met name bepaald wordt door de scenario's met een relatief hoge kans en kleine slachtofferaantallen).
2. Indien onder de overkappingen de scheidingswand tussen de hoofdrij- en parallelbaan wordt weggelaten zullen enkele tegengestelde effecten gaan optreden (ervan uitgaande dat de overige parameters als ongevalsrisico's, verkeersintensiteiten, e.d. ongewijzigd blijven):
 - ten eerste zal bij een uitstroming of een brand de concentratie van de gevaarlijke stoffen en/of rook lager zijn, omdat de overkapping breder is en de stoffen zich dus over een groter (breder) gebied kunnen verspreiden. Dit zal leiden tot een lagere kans op overlijden van de aanwezigen leiden.
 - ten tweede zullen bij ongevallen op de ene rijbaan nu ook slachtoffers kunnen vallen op de naastgelegen rijbaan, waardoor de kans om betrokken te raken bij een ongeval met uitstroming en/of brand voor alle aanwezigen onder de overkapping groter wordt. Dit zal leiden tot een hoger risico.
 - daarnaast zullen de vluchtmogelijkheden van de aanwezigen onder de overkapping drastisch afnemen (de aanwezigen op de parallelbaan moeten eerst de hoofdrijbaan oversteken voordat zij gebruik kunnen maken van de tussen de beide

hoofdrijbanen aanwezige vluchtdeuren). Hierdoor zal de afstand (in lengterichting) vanaf de vluchtdeur waarbinnen alle aanwezige weggebruikers veilig kunnen vluchten afnemen, hetgeen tot een hoger aantal slachtoffers per scenario (en dus risico) zal leiden.

- het maximale aantal slachtoffers zal drastisch toenemen (in plaats van 2 of 3 rijstroken zijn er nu 5 rijstroken aanwezig).

Ook al zal de uiteindelijke ligging van het risico afhangen van de specifieke situatie onder de overkapping, wordt verwacht dat het verwijderen van de scheidingswand eerder tot hogere risico's (en meer slachtoffers per scenario) zal leiden.

3. Het verhogen van de verkeersintensiteit op de A2 zal tot verschillende effecten kunnen leiden:
 - Indien de verkeersintensiteit voor alle voertuigen in gelijke mate stijgt (inclusief het transport van gevaarlijke stoffen) bij gelijkblijvende (letsel)ongevalskans, zal het risico stijgen. Hierbij treedt mogelijk ook een verschuiving in het aantal slachtoffers op (er zijn immers meer weggebruikers aanwezig, maar in geval van een file onder de overkapping zal het aantal aanwezigen, en dus aantal mogelijke slachtoffers, - dat al maximaal is- niet verder stijgen wanneer de filelengte gelijk blijft).
 - Bij een stijging van de verkeersintensiteit is het echter ook mogelijk dat de (letsel)ongevalskans zal wijzigen. Hierbij is het mogelijk dat deze kans hoger of lager wordt. Een voorspelling hiervoor is op voorhand moeilijk te geven. Indien het verkeersbeeld door de toename in verkeersintensiteit minder overzichtelijk wordt zal de (letsel)ongevalskans in het algemeen groter worden. Indien de verkeersintensiteit zo groot wordt dat de ontwerpcapaciteit van de weg wordt overschreden (en er dus files ontstaan) zal de (letsel)ongevalskans mogelijk dalen, omdat de gemiddelde snelheid van de voertuigen zal afnemen, de bestuurders alerter zullen zijn en de gevolgen van een ongeval bij lagere snelheden minder ernstig zullen zijn.
 - Indien alleen de verkeersintensiteit van de transporten van gevaarlijke stoffen stijgt zal voor de onderzochte weg het risico toenemen. In het algemeen is het zo dat het risico onder een overkapping bepaald wordt door de (gewone) vrachtwagenbranden. Daar de overkappingen in deze studie een h.o.h. afstand van de vluchtdeuren van 50 m hebben (bij de overige tunnels in Nederland is dit 100 m of meer), is bij de modellering aangenomen dat er bij ventilatie onder de overkapping geen slachtoffers zullen vallen ten gevolge van de warmte en rook van de brand. Het risico wordt in deze studie daarom bepaald door het transport van gevaarlijke stoffen. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat de bijdrage van de brandbare en toxische vloeistoffen aan dit risico klein zijn. Het risico op de A2 wordt met name veroorzaakt door het transport van de brandbare gassen. Dus een toename in de intensiteit van het transport van brandbare en/of toxische vloeistoffen zal tot geen of slechts een kleine toename van het risico leiden, terwijl een toename in de intensiteit van het transport van brandbare gassen zal leiden tot een toename van het risico (het aantal slachtoffers zal hierbij, bij een niet wijzigende verkeersintensiteit van de overige voertuigen, gelijk blijven).

Bijlage

15. Contra expertise TNO

Op verzoek van het projectbureau Leidsche Rijn heeft TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie een contra expertise [27] uitgevoerd op het eindrapport Leidsche Rijn (versie 6). Deze contra expertise is op de volgende pagina's opgenomen.

Bijlage

16. Reactie op contra expertise TNO externe veiligheid

16.1 Aangepaste berekening van de externe veiligheid

Op basis van de contra expertise van TNO is de in dit rapport opgenomen berekening van de externe veiligheid aangepast.

Voor de open wegdelen (de wegdelen O en P op de hoofdrijbanen van alle varianten en op de parallelbanen van variant 1 en 2) zijn de volgende aanpassingen aangebracht:

- **Brandbare vloeistoffen:** Wanneer de vloeistofplas niet direct ontstoken wordt, zal de vloeistofplas deels verdampen en een gaswolk vormen, die later (vertraagd) ontstoken kan worden. Deze gaswolk kan vanaf wegdeel O bij W-N wind en vanaf wegdeel P bij ZO-ZW wind de tunnel ingeblazen worden. Bij vertraagde ontsteking zal naast de brandende gaswolk (geen overdruk) echter ook de vloeistofplas op de wegdelen O of P ontstoken worden; de brandende vloeistofplas zal de effecten domineren voor de aanwezigen naast de weg. Daarom worden de scenario's LF gewoon met de hele windroos berekend.
- **Toxische vloeistoffen:** Bij verdamping van de vloeistofplas zal de gaswolk bij W-N wind (wegdeel O) en ZO-ZW wind (wegdeel P) de tunnel ingeblazen worden, waardoor geen effecten voor de in de omgeving van de weg aanwezige personen zullen optreden. Voor wegdeel O wordt voor de LT scenario's daarom gerekend met een windroos met wind in N-W richting en voor wegdeel P met een windroos met wind in ZW-ZO richting.
- **Brandbare gassen:** Wanneer het uitgestroomde gas niet direct ontstoken wordt, zal de gaswolk dispergeren en kan daarna vertraagd ontstoken worden. De gaswolk zal vanaf wegdeel O bij W-N wind en vanaf wegdeel P bij ZO-ZW wind de tunnel ingeblazen worden; bij vertraagde ontsteking zal dit resulteren in een explosie onder de overkapping van resp. wegdeel A en E. In [22] is onderzocht wat de mogelijke effecten zijn van LPG uitstromingen in een tunnel waar zich een open ruimte van circa 250 meter tussen twee tunneldelen bevindt. In dit rapport wordt geconcludeerd dat:
 - afhankelijk van de windrichting en windsnelheid een LPG-gaswolk ontstaat die zich van het ene tunneldeel tot ver in het andere tunneldeel kan uitstrekken.
 - de initiële dichtheid van een gaswolk in een tunnel door de beperkte hoeveelheid lucht veel groter is dan in de vergelijkbare "open" situatie.
 - het scenario BLEVE in de tunnel buiten de tunnel nauwelijks tot (warmte) stralingseffecten zal leiden, maar wel blasteffecten oplevert die kleiner zijn dan van een deflagratie.
 - bij een deflagratie afhankelijk van de vlamsnelheid 84-28% van het brandbare gas aan het einde van de tunnel naar buiten treedt en daar een secundaire explosie kan veroorzaken. Waarbij ter hoogte van de tunnelas een overdruk van 1 bar kan optreden tot op 40 m van het uiteinde van de overkapping, 0.3 bar tot op 150 meter en 0.1 bar tot op ca. 250 meter.
 - bij een detonatie geen onverbrand gasmengsel de tunnel uitgestoten wordt, omdat het vlamfront en de schokgolf van een detonatie samenvallen. De blasteffecten van een detonatie zijn vlak bij het uiteinde van de overkapping circa 7 bar (10 meter), maar nemen snel af (2.5 bar op 20 meter en 1 bar op 40 meter); op grotere afstand zijn de effecten van een deflagratie maatgevend.

De overdruk effecten van de scenario's ten gevolge van een BLEVE, deflagratie en detonatie van LPG aan het uiteinde van de tunnel in de richting van de wegas uit [22] zijn opgenomen in Tabel 48 (er is aangenomen dat deze overdrukken ook voor de stofcategorie GF2 gelden).

afstand tot overkapping [m]	overdruk blastgolf [kPa]	duur blastgolf [s]
10	670	20
20	250	50
40	100	100
70	90	80
100	50	80
150	30	90
200	18	100

Tabel 48 Maatgevende schade bepalende overdrukeffecten van een BLEVE, deflagratie en detonatie van LPG in relatie tot de afstand tot het uiteinde van de overkapping [22].

Daar in het SAVE II computerprogramma overdruk effecten van een explosie niet apart gemodelleerd kunnen worden, worden deze overdruk effecten gemodelleerd met behulp van het scenario BLEVE. Bij de schadebepaling ten gevolge van overdrukken dient gerekend te worden met een overlijdenskans van 100% binnen de 0.3 bar overdruk contour en 2.5% in het gebied tussen de 0.1 en 0.3 bar overdruk [24]. De 0.3 bar overdruk contour ligt op 150 meter van het uiteinde van de overkapping, de 0.1 bar overdruk contour op circa 250 meter. Daar deze effecten in richtingen niet loodrecht op de tunnelas snel afnemen (zie [22]), worden de hiervoor genoemde afstanden gehalveerd voor de bepaling van de schade naast de weg. In het SAVE II computerprogramma wordt de schade ten gevolge van een BLEVE als volgt gemodelleerd: 100% van de binnen de vuurbal aanwezige personen zal overlijden en dit aantal neemt geleidelijk af tot 1% bij de 1% letaliteitsgrens ten gevolge van het instorten van gebouwen [25].

Voor de stofcategorie GF3 wordt de equivalente BLEVE voor deze overdruk effecten als een BLEVE van 2300 kg propaan gemodelleerd op 40 meter van het uiteinde van de overkapping. (Hierbij treedt 100% sterfte op tot op 80.2 meter vanaf het uiteinde van de overkapping, de 1% letaliteitsgrens ligt binnen de vuurbal -op 66.3 meter van de ongevalslocatie-. Er is dus bij de modellering een iets grotere vuurbal gemodelleerd dan de 0.3 bar overdruk contour ter compensatie van het niet berekenen van de mogelijke slachtoffers tussen de 0.1 en 0.3 bar overdruk contouren. Het uiteinde van de overkapping is voor de modellering 40 meter "verschoven", omdat de overdruk effecten zich alleen vanaf het einde van de overkapping zullen manifesteren).

Voor de stofcategorie GF2 wordt de equivalente BLEVE gemodelleerd als een BLEVE van 2350 kg butaan op 40 meter van het uiteinde van de overkapping. Deze scenario's zijn in Tabel 49 weergegeven; de RDM-coördinaten en SAVE II grids (voor stationaire scenario's worden in SAVE II de nummers van de X en Y grids als invoer opgegeven) van de "verschoven" ongevalslocaties van de overkappingen zijn opgenomen in Tabel 50.

scenario-modellering	dimensie	GF2	GF3
bronsterkte	kg, kg/s	2300	2350
dichtheid	kg/m ³	0	0
bronhoogte	m	0	0
straal plas	m	0	0
entrainment	kg, kg/s	0	0
bronduur	s	0	0
"frequentie	/km/jr	$p_0 \cdot 3.744E-$	$p_0 \cdot 3.744E-3$
opp.	m	3	3

Tabel 49 Scenario's aan de uiteinden van de overkapte wegdelen ten gevolge van een BLEVE, deflagratie en detonatie op de overkapte wegdelen.

RDM coördinaten	parallelbaan A'dam-Oudenrijn		hoofdrijbaan A'dam-Oudenrijn		hoofdrijbaan Oudenrijn-A'dam		parallelbaan Oudenrijn-A'dam	
bevolkingNoord	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
begin tunnel 1	133029	456836	133046	456843	133066	456853	133083	456861
eind tunnel 1	133148	456581	133165	456588	133185	456598	133201	456606
begin tunnel 2	133198	456474	133215	456481	133235	456491	133251	456499
eind tunnel 2	133421	455993	133438	455999	133458	456009	133475	456017
bevolkingZuid	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
begin tunnel 3	133557	455605	133574	455610	133596	455616	133614	455620
eind tunnel 3	133620	455239	133638	455241	133660	455242	133678	455244
SAVE coördinaten	parallelbaan A'dam-Oudenrijn		hoofdrijbaan A'dam-Oudenrijn		hoofdrijbaan Oudenrijn-A'dam		parallelbaan Oudenrijn-A'dam	
bevolkingNoord	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
begin tunnel 1	21	81	21	81	22	82	23	82
eind tunnel 1	25	71	26	71	27	71	28	72
begin tunnel 2	27	66	28	67	29	67	30	67
eind tunnel 2	36	47	37	47	38	48	39	48
bevolkingZuid	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
begin tunnel 3	42	60	42	60	43	60	44	60
eind tunnel 3	44	45	45	45	46	45	47	45

Tabel 50 De RDM-coördinaten en SAVE II grids van de "vershoven" ongevalslocaties t.b.v. de scenario's uit Tabel 49.

De GF scenario's met directe ontsteking worden met de hele windroos berekend. De GF scenario's met dispersie worden in twee delen gemodelleerd. De dispersie van de GF scenario's in de omgeving wordt voor wegdeel O berekend met een windroos met wind in N-W richting en voor wegdeel P met een windroos met wind in ZW-ZO richting. De dispersie van de GF scenario's onder de overkapping van wegdeel A en E wordt gemodelleerd met de scenario's uit Tabel 49 (er wordt dus aangenomen dat de gaswolk onder de overkapping disperseert, daar vertraagd ontstoken wordt en effecten aan beide tunneleinden oplevert; deze modellering wordt zowel voor de dichte tunneldelen als de tunneldelen met langssleuven gebruikt) en de frequentie van de scenario's is gelijk aan de som van de instantane en continue scenario's zonder directe ontsteking vermenigvuldigt met de kans op wind in W-N richting (0.2520 gedurende de dag en 0.1650 gedurende de nacht) voor wegdeel O en ZO-ZW richting (0.2580 gedurende de dag en 0.3320 gedurende de nacht) voor wegdeel P en de lengte van het wegdeel (100 meter voor beide wegdelen). Voor variant 2 wordt hierbij, ten gevolge van het deels "open" karakter van de weg, uitgegaan van 75% van deze frequentie (zie ook: wegdelen met langssleuven)

Voor de GF scenario's met dispersie onder de overkappingen en ontsteking daar (resultierend in een deflagratie) wordt gebruikt gemaakt van de in Tabel 51 opgenomen frequenties.

Voor de wegdelen met een geluidsscherm (de wegdelen B, D en F van variant 1 en 2) zijn de volgende aanpassingen toegepast.

- **Brandbare vloeistoffen:** De dispersie van de brandbare gaswolken kan ten gevolge van optredende wervelingen, bij windrichtingen loodrecht op de geluidsschermen, er toe leiden dat een deel van de gaswolk over het geluidsscherm verspreid wordt. Daar de geluidsschermen 7 meter hoog zijn, zal dit echter nauwelijks gevolgen hebben voor de in de omgeving aanwezige personen; achter het geluidsscherm bevindt de gaswolk zich op zo'n hoogte om geen gevolgen voor de omwonenden op te leveren. Uitstromingen van brandbare vloeistoffen zullen bij de wegdelen met geluidsschermen grenzend aan twee overkappingen derhalve niet tot effecten

in de omgeving leiden, wel zal bij wind in W-O richting de gaswolk van wegdeel F in de omgeving verspreid kunnen worden. Daarom worden alleen de scenario's zonder directe ontsteking uit Tabel 18 en Tabel 19 op wegdeel F bij windrichting W-O beschouwd (met de frequentie uit Tabel 26 tot en met Tabel 29).

Scenario [/jaar]	parallelbaan AO	hoofddrijbaan AO	hoofddrijbaan OA	parallelbaan OA
wegdeel O				
GF2 d + s	2.36E-11	6.21E-11	5.97E-11	2.47E-11
GF2 nacht	3.30E-12	8.71E-12	8.35E-12	3.46E-12
GF3 d + s	6.43E-10	1.69E-09	1.62E-09	6.71E-10
GF3 nacht	9.01E-11	2.37E-10	2.27E-10	9.42E-11
Cat. I GF2 d + s	0	8.57E-11	8.44E-11	0
Cat. I GF2 nacht	0	1.20E-11	1.18E-11	0
Cat. I GF3 d + s	0	2.33E-09	2.30E-09	0
Cat. I GF3 nacht	0	3.27E-10	3.22E-10	0
wegdeel P				
GF2 d + s	2.42E-11	6.35E-11	6.11E-11	2.53E-11
GF2 nacht	6.65E-12	1.75E-11	1.68E-11	6.95E-12
GF3 d + s	6.58E-10	1.73E-09	1.66E-09	6.87E-10
GF3 nacht	1.81E-10	4.76E-10	4.57E-10	1.90E-10
Cat. I GF2 d + s	0	8.77E-11	8.64E-11	0
Cat. I GF2 nacht	0	2.42E-11	2.38E-11	0
Cat. I GF3 d + s	0	2.39E-09	2.35E-09	0
Cat. I GF3 nacht	0	6.58E-10	6.48E-10	0

Tabel 51 Frequenties van de scenario's zonder directe ontsteking op de wegdelen O en P resulterend in een deflagratie onder de overkappingen van de wegdelen A en E.

- Toxische vloeistoffen: Wanneer de wind dwars op de weg waait zullen de aanwezigen in de omgeving pas effecten ondervinden van de verdampte vloeistof, wanneer de wolkhoogte hoger is dan de hoogte van de geluidsschermen (dit zal pas op enige afstand van de uitstroomlocatie het geval zijn) of wanneer de gaswolk over het geluidsscherm wervelt (zie de tekst bij de brandbare vloeistoffen hierover). Vanwege de hoogte van het geluidsscherm wordt ook hier geconcludeerd dat deze scenario's, behalve op wegdeel F bij wind in W-O richting, geen significante bijdrage aan het risico van de naast de weg aanwezige personen opleveren. De scenario's uit Tabel 20 en Tabel 21 worden derhalve alleen beschouwd voor wegdeel F bij wind in W-O richting (met de frequentie uit Tabel 26 tot en met Tabel 29).
- Brandbare (tot vloeistof verdichte) gassen: De continue scenario's zullen niet tot verspreiding van gaswolken buiten de weg leiden. Deze gaswolken zullen zich dus verspreiden in de naastgelegen tunneldelen en daar vertraagd ontstoken worden, hetgeen leidt tot de scenario's uit Tabel 49. Uitzondering hierop is wegdeel F: daar dit wegdeel aan de zuidzijde niet aan een overkapping grenst, kan bij wind in de richting W-O de gaswolk in de omgeving verspreid worden. Van de scenario's uit Tabel 22 en Tabel 23 worden de instantane scenario's met en zonder directe ontsteking beschouwd, de continue scenario's met directe ontsteking worden alleen beschouwd voor wegdeel F bij wind in W-O richting (met de frequentie uit Tabel 26 tot en met Tabel 29) en de continue scenario's zonder directe ontsteking worden gemodelleerd met de scenario's uit Tabel 49. De frequenties van deze scenario's zijn opgenomen in Tabel 52, deze frequenties zijn als volgt berekend: de continu dispersie frequenties vermenigvuldigt met de weglengte van de wegdelen (200 meter wegdeel B, 500 meter wegdeel D - waarvan 50 meter op kilometer 1 en 450 meter op kilometer 2- en 150 meter wegdeel F) en de kans dat de gaswolk het tunneldeel ingeblazen wordt (De

gaswolk van de wegdelen B en D zullen bij windrichting ZW-NO -kans 0.575 tijdens dag en 0.448 tijdens nacht- onder de overkappingen van resp. wegdeel C en E geblazen worden; bij windrichting NO-ZW -kans 0.425 tijdens dag en 0.552 tijdens nacht- onder de overkappingen van resp. wegdeel A en C. De gaswolk van wegdeel F zal bij wind in O-W richting -kans 0.521 tijdens dag en 0.587 tijdens nacht) onder de overkapping van wegdeel E geblazen worden.

Scenario [/jaar]	parallelbaan AO	hoofddrijbaan AO	hoofddrijbaan OA	parallelbaan OA
explosie onder wegdeel A t.g.v. continue dispersie				
GF2 d + s	5.18E-11	1.36E-10	1.31E-10	5.41E-11
GF2 nacht	1.44E-11	3.79E-11	3.63E-11	1.50E-11
GF3 d + s	1.41E-09	3.71E-09	3.55E-09	1.47E-09
GF3 nacht	3.92E-10	1.03E-09	9.89E-09	4.10E-10
cat. I GF2 d + s	0	1.88E-10	1.85E-10	0
cat. I GF2 nacht	0	5.22E-11	5.14E-11	0
cat. I GF3 d + s	0	5.12E-09	5.03E-09	0
cat. I GF3 nacht	0	1.42E-09	1.40E-09	0
explosie onder wegdeel C t.g.v. continue dispersie				
GF2 d + s	1.99E-10	5.24E-10	5.04E-10	2.09E-10
GF2 nacht	5.92E-11	1.56E-10	1.50E-10	6.19E-11
GF3 d + s	5.44E-09	1.43E-08	1.37E-08	5.67E-09
GF3 nacht	1.62E-09	4.25E-09	4.08E-09	1.69E-09
cat. I GF2 d + s	0	7.24E-10	7.14E-10	0
cat. I GF2 nacht	0	2.15E-10	2.12E-10	0
cat. I GF3 d + s	0	1.97E-08	1.94E-08	0
cat. I GF3 nacht	0	5.87E-09	5.78E-09	0
explosie onder wegdeel E t.g.v. continue dispersie				
GF2 d + s	2.23E-10	5.85E-10	5.63E-10	2.33E-10
GF2 nacht	7.71E-11	2.03E-10	1.95E-10	8.07E-11
GF3 d + s	6.07E-09	1.59E-08	1.53E-08	6.33E-09
GF3 nacht	2.11E-09	5.53E-09	5.32E-09	2.20E-09
cat. I GF2 d + s	0	8.08E-10	7.97E-10	0
cat. I GF2 nacht	0	2.81E-10	2.76E-10	0
cat. I GF3 d + s	0	2.20E-08	2.16E-08	0
cat. I GF3 nacht	0	7.65E-09	7.53E-09	0

Tabel 52 Frequenties van explosies onder de overkappingen van de wegdelen A, C en E ten gevolge van continue dispersie vanaf de wegdelen A, D en F.

Voor de gedeeltelijk overkapte wegdelen (de hoofddrijbaan-wegdelen B, D en F van variant 3) wordt ook nu uitgegaan van de voor de wegdelen met geluidsschermen gebruikte modellering.

Voor de wegdelen met langssleuven (de wegdelen A, C en E van variant 2) worden de volgende aanpassingen doorgevoerd:

- Brandbare vloeistoffen: Geen aanpassingen.
- Toxische vloeistoffen: Geen aanpassingen.
- Brandbare (tot vloeistof verdichte) gassen: Voor de helft van de uitstromingen zal het effect van de uitstroming gelijk zal zijn aan de effecten bij een dichte overkapping (zie Tabel 53 voor de frequenties; hierbij is vanwege het "open" karakter van de weg, waardoor de kans op drukopbouw in de tunnel kleiner is, uitgegaan van 75% van de frequentie)
De instantane scenario's zonder directe ontsteking uit Tabel 22 en Tabel 23 worden meegenomen met de halve frequentie.
De continue scenario's zonder directe ontsteking worden niet beschouwd; de kans dat bij een incident een gat bovenin de tankwagen ontstaat is te verwaarlozen.

Scenario [/jaar]	parallelbaan AO	hoofddrijbaan AO	hoofddrijbaan OA	parallelbaan OA
explosie onder wegdeel A met langssleuven				
GF2 d + s	1.69E-10	4.43E-10	4.26E-10	1.76E-10
GF2 nacht	3.61E-11	9.50E-11	9.11E-11	3.77E-11
GF3 d + s	4.59E-09	1.21E-08	1.16E-08	4.79E-9
GF3 nacht	9.83E-10	2.58E-09	2.48E-09	1.03E-9
cat. I GF2 d + s	0	6.12E-10	6.02E-10	0
cat. I GF2 nacht	0	1.31E-10	1.29E-10	0
cat. I GF3 d + s	0	1.67E-08	1.64E-08	0
cat. I GF3 nacht	0	3.56E-09	3.51E-09	0
explosie onder wegdeel C met langssleuven				
GF2 d + s	3.79E-10	9.98E-10	9.58E-10	3.97E-10
GF2 nacht	8.12E-11	2.14E-10	2.05E-10	8.48E-11
GF3 d + s	1.03E-08	2.72E-08	2.61E-08	1.08E-08
GF3 nacht	2.21E-09	5.81E-09	5.58E-09	2.31E-09
cat. I GF2 d + s	0	1.38E-09	1.36E-09	0
cat. I GF2 nacht	0	2.95E-10	2.90E-10	0
cat. I GF3 d + s	0	3.76E-08	3.68E-08	0
cat. I GF3 nacht	0	8.02E-09	7.90E-09	0
explosie onder wegdeel E met langssleuven				
GF2 d + s	2.53E-10	6.65E-10	6.39E-10	2.64E-10
GF2 nacht	5.41E-11	1.43E-10	1.37E-10	5.65E-11
GF3 d + s	6.89E-09	1.81E-08	1.74E-08	7.19E-09
GF3 nacht	1.47E-09	3.88E-09	3.72E-09	1.54E-09
cat. I GF2 d + s	0	9.18E-10	9.03E-10	0
cat. I GF2 nacht	0	1.97E-10	1.93E-10	0
cat. I GF3 d + s	0	2.50E-08	2.45E-08	0
cat. I GF3 nacht	0	5.35E-09	5.27E-09	0

Tabel 53 Frequenties van explosies onder de overkappingen op de wegdelen A, C en E met langssleuven.

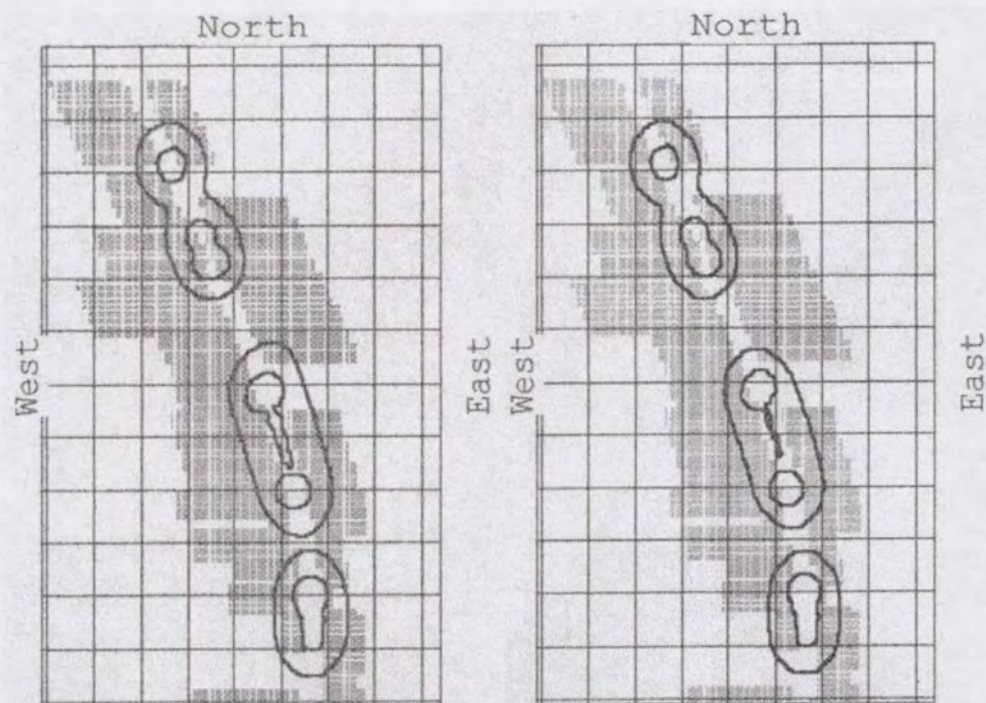
Voor de overkapte wegdelen (de wegdelen A, C en E van variant 1, het wegdeel A tot en met F op de parallelbaan van variant 3 en de wegdelen A, C en E op de hoofddrijbaan van variant 3) worden de volgende aanpassingen aangebracht:

- Brandbare vloeistoffen: Geen aanpassingen.
- Toxische vloeistoffen: Geen aanpassingen.
- Brandbare (tot vloeistof verdichte) gassen: De frequenties van de scenario's BLEVE en de instantane en continue uitstroming zonder directe ontsteking worden samen genomen (de effecten van de scenario's worden immers op dezelfde wijze gemodelleerd en vermenigvuldigt met de lengte van de overkapping ook al wordt hiermee het effect van een BLEVE buiten de tunnel enigszins overschat.

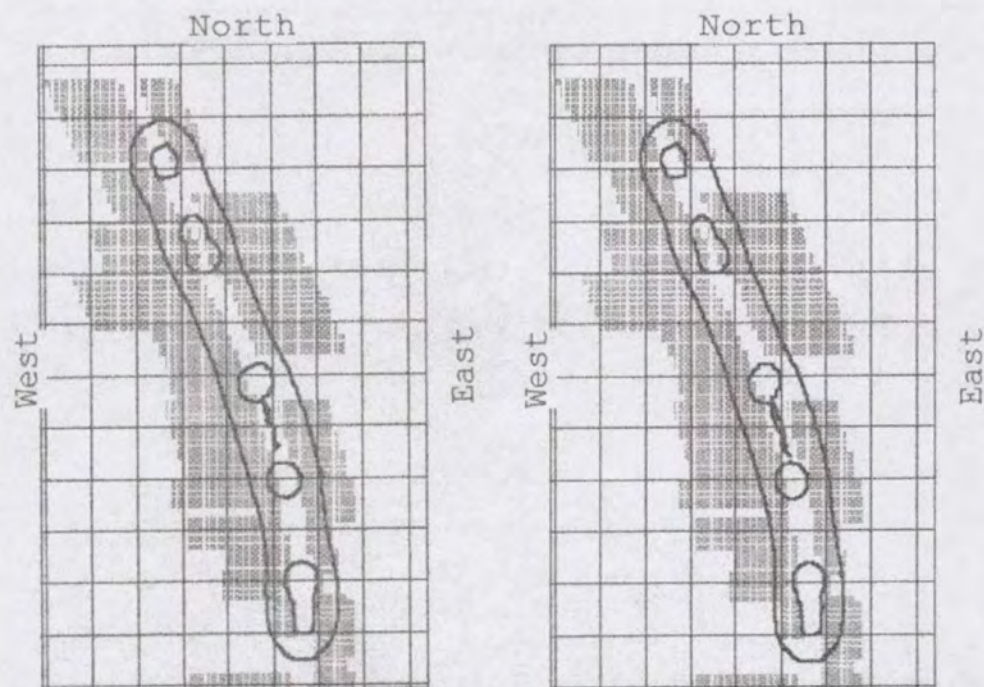
Met deze aanpassingen zijn de risico's van de externe veiligheid opnieuw berekend. De resultaten van deze berekening zijn opgenomen in Figuur 35 tot en met Figuur 42.

Hierdoor is er een miniem verschil in de conclusie:

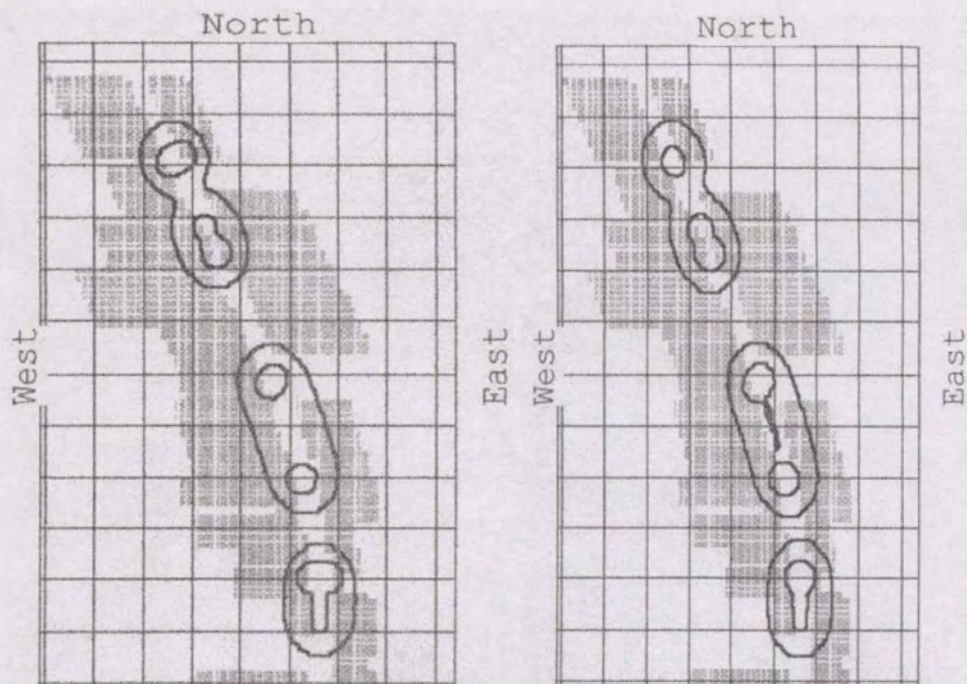
De externe risico's van de varianten 1 en 3 verschillen tot ca. 50 doden niet veel, bij grotere aantallen doden is het risico van variant 1 categorie 0 hoogst en van variant 3 categorie 0 het laagst. De externe risico's van beide categorie I varianten zijn gelijk voor 10 of meer doden; tot 10 doden heeft variant 3 een hoger risico.



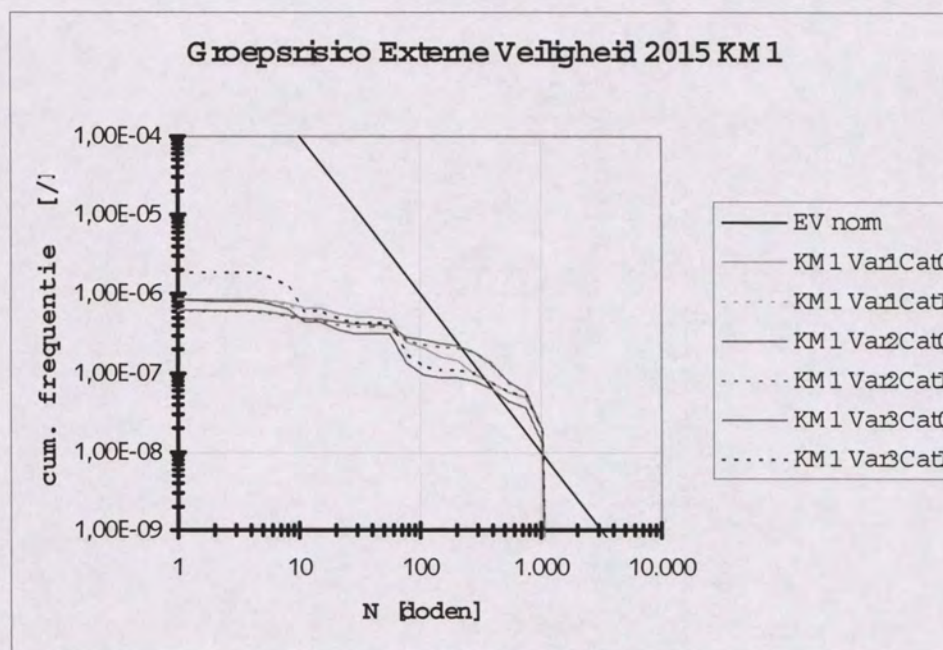
Figuur 35 Individueel risico variant 1 in 2015 (links: beide rijbanen categorie 0; rechts: hoofdrijbaan categorie 0 en parallelbaan categorie I).
(Grijs: de gemodelleerde bebouwing, witte deel ertussen is de A2, buitenste lijnen 10^{-8} contour, binnenste lijnen 10^{-7} contour).



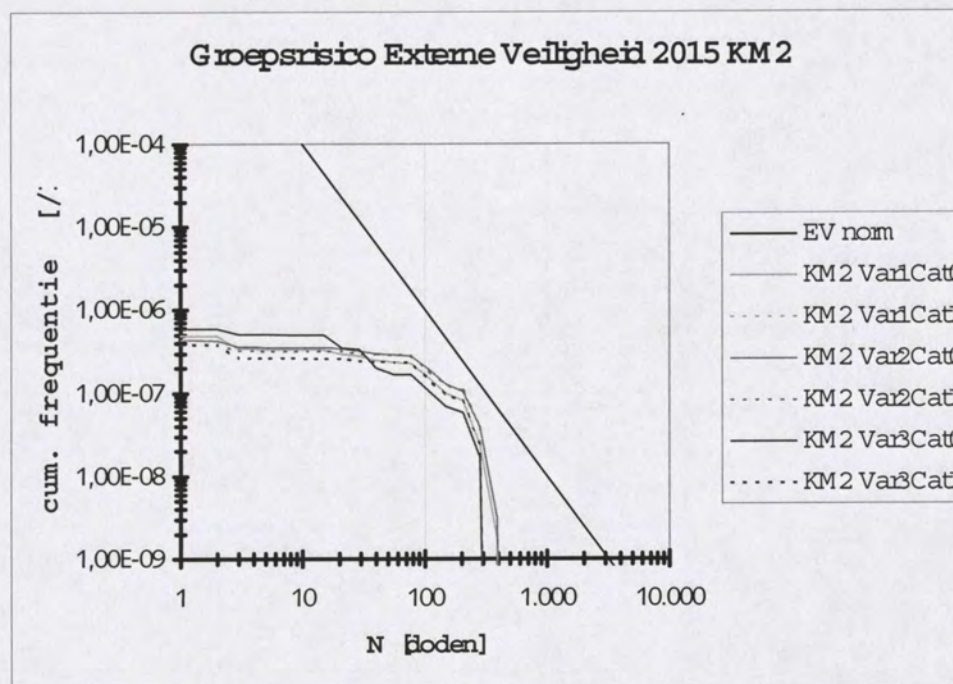
Figuur 36 Individueel risico variant 2 in 2015 (links: beide rijbanen categorie 0; rechts: hoofdrijbaan categorie 0 en parallelbaan categorie I).
(Grijs: de gemodelleerde bebouwing, witte deel ertussen is de A2, buitenste lijnen 10^{-8} contour, binnenste lijnen 10^{-7} contour).



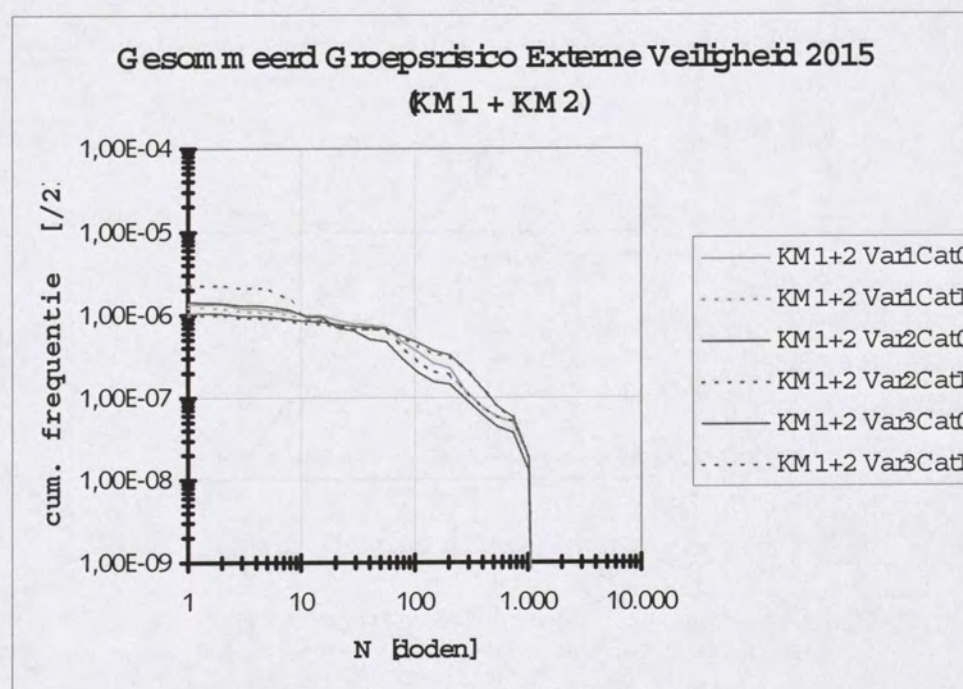
Figuur 37 Individueel risico variant 3 in 2015 (links: beide rijbanen categorie 0; rechts: hoofdrijbaan categorie 0 en parallelbaan categorie I).
(Grijs: de gemodelleerde bebouwing, witte deel ertussen is de A2, buitenste lijnen 10^{-8} contour, binnenste lijnen 10^{-7} contour).



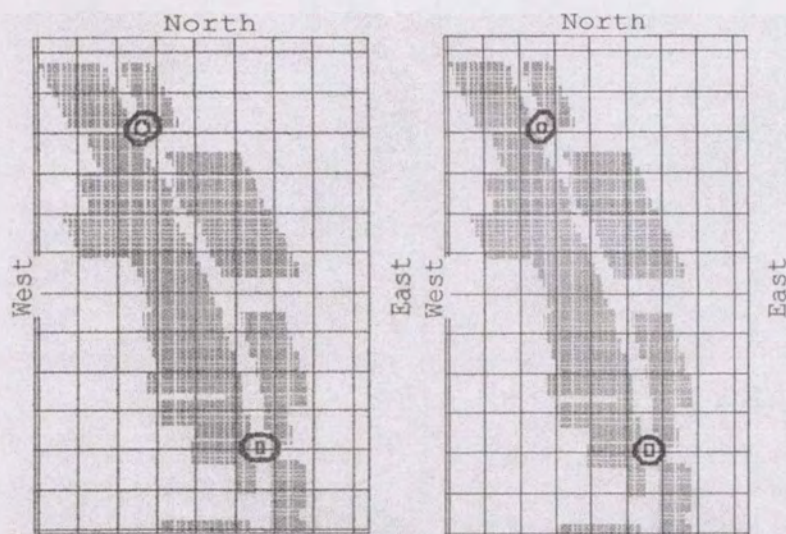
Figuur 38 Externe groepsrisico in 2015 op kilometer 1.



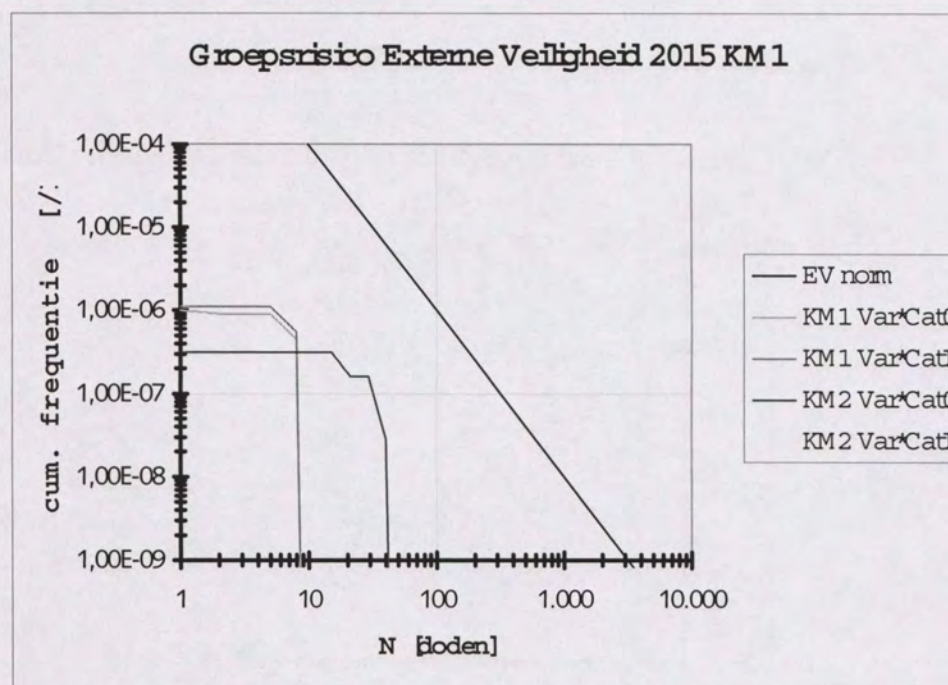
Figuur 39 Externe groepsrisico in 2015 op kilometer 2.



Figuur 40 Gesommeerde externe groepsrisico in 2015 (kilometer 1 en 2).



Figuur 41 Individueel risico variant * in 2015 (links: beide rijbanen categorie 0; rechts: hoofdrijbaan categorie 0 en parallelbaan categorie I).



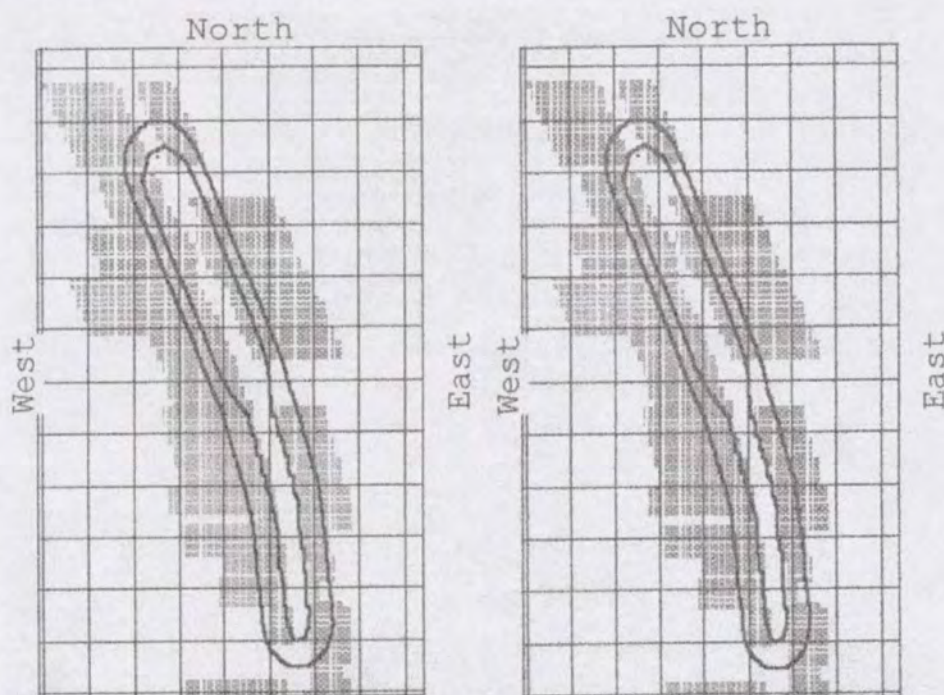
Figuur 42 Externe groepsrisico in 2015 op kilometer 1 en 2.
(Het risico van KM2 variant * categorie I is zo laag dat deze lijn niet in de figuur te zien is)

In bovenstaande berekeningen is geen rekening gehouden met de kans op falen van de overkappingen ten gevolge van een BLEVE of explosie. Hier wordt in bijlage 16.2 nader op ingegaan.

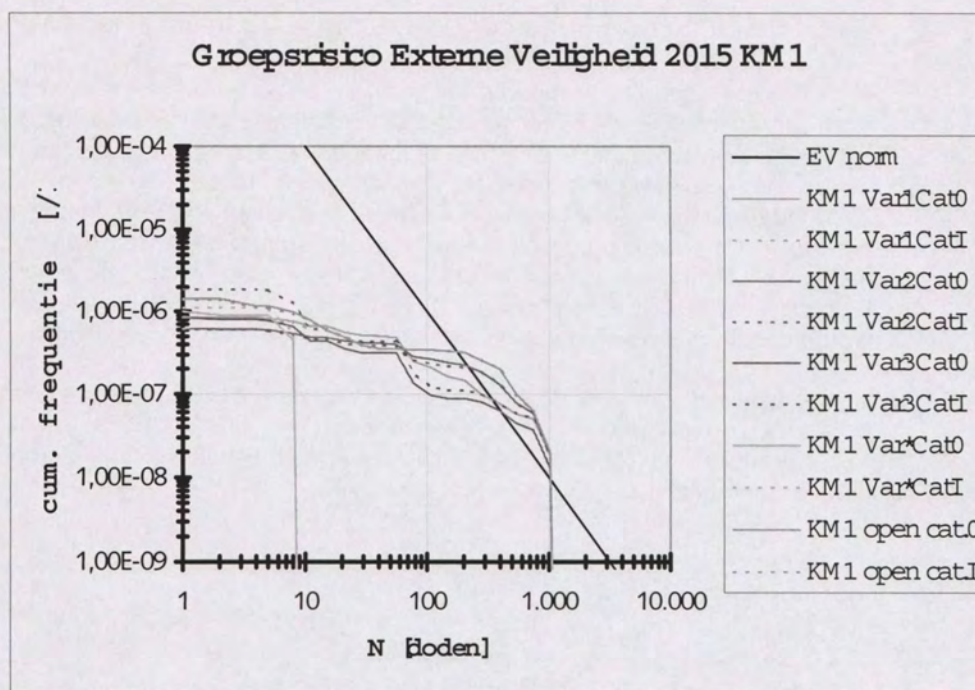
16.2 Aanvullende berekening voor de externe veiligheid (geheel open weg)

In de berekeningen van de externe veiligheid is geen rekening gehouden met de kans op falen van de overkappingen ten gevolge van een BLEVE of explosie, zodat geen rekening gehouden wordt met de kans dat aanwezigen naast de weg overlijden ten gevolge van wegslingerende brokstukken van de overkapping. Het modelleren van dit effect is niet goed mogelijk, omdat niet bekend is wanneer de overkapping faalt, in hoeveel brokstukken de overkapping zal breken en welke grootte deze brokstukken zullen hebben. Daarom is hier een extra berekening opgenomen, waarbij de gehele weg beschouwd wordt als een open weg. De resultaten van deze berekening kunnen gezien worden als de meest conservatieve benadering van de externe veiligheid.

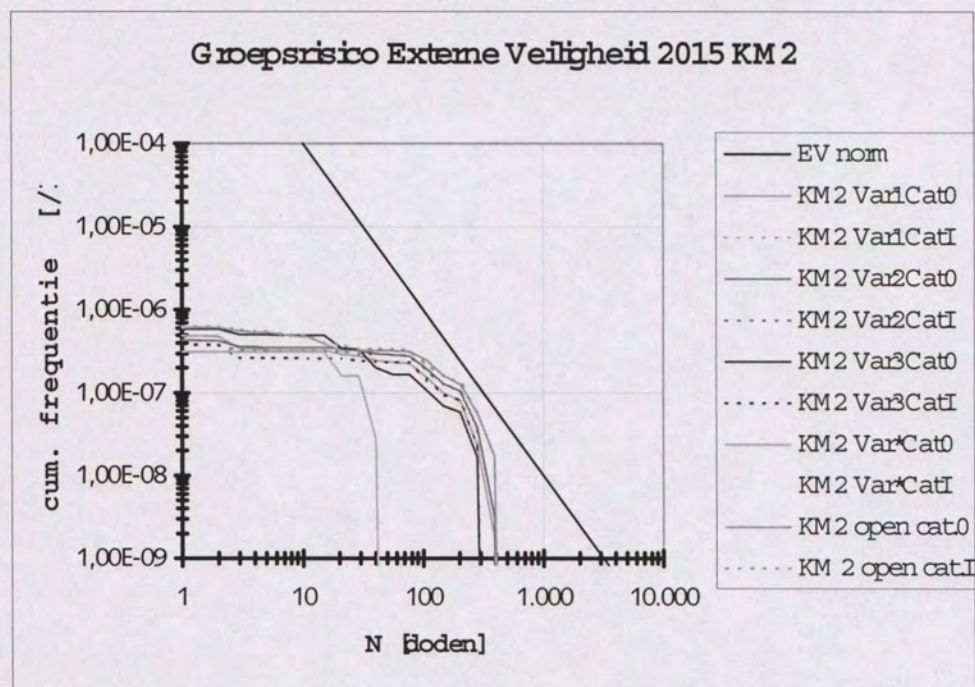
De berekeningen zijn voor de 2 kilometer weg uit deze studie uitgevoerd met de op de open weg geldende scenario's uit Tabel 18 tot en met Tabel 23 en de frequenties uit Tabel 29 tot en met Tabel 32. De resultaten van deze berekening zijn hieronder gepresenteerd in Figuur 43 tot en met Figuur 46.



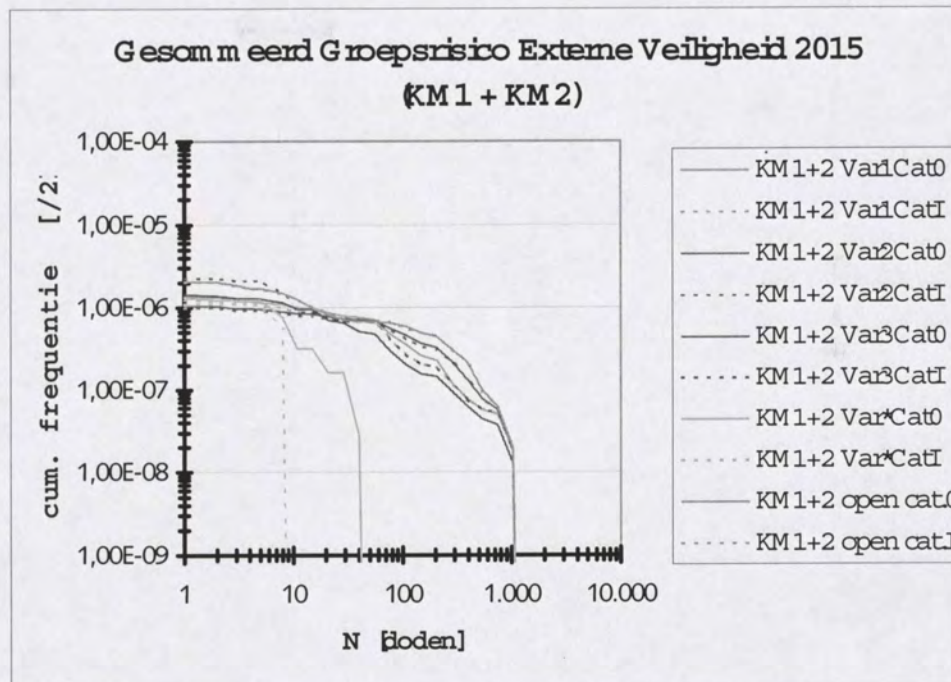
Figuur 43 Individueel risico geheel open weg in 2015 (links: beide rijbanen categorie 0; rechts: hoofdrijbaan categorie 0 en parallelbaan categorie I).
(Grijs: de gemodelleerde bebouwing, witte deel ertussen is de A2, buitenste lijnen 10^{-8} contour, binnenste lijnen 10^{-7} contour).



Figuur 44 Externe groepsrisico in 2015 op kilometer 1.



Figuur 45 Externe groepsrisico in 2015 op kilometer 2.



Figuur 46 Gesommeerd externe groepsrisico in 2015 (kilometer 1 en 2).

Het individueel risico wordt bij de modellering van de gehele weg als open weg niet overschreden; er wordt ook hier geen 10^{-6} contour berekend.

Het groepsrisico van de weg, gemodelleerd als open weg, ligt voor zowel kilometer 1 als 2 als het gesommeerde groepsrisico, voor ca. 70 en meer doden hoger dan het groepsrisico van de overige varianten. (Het hogere groepsrisico bij 70 of minder doden van de overige varianten wordt veroorzaakt door de kans op een uit een overkapping tredende BLEVE of explosie, zowel bij uitstromingen onder de overkapping als bij uitstromingen op de overige wegdelen die door de wind onder de overkapping geblazen worden). Het maximaal aantal doden wijzigt niet (en is alleen bij de geheel gesloten overkapping varianten lager). Net als bij variant 1 tot en met 3 wordt bij het doorrekenen van de weg als open weg het groepsrisico alleen op kilometer 1 overschreden.

Bijlage

17. Reactie op contra expertise TNO interne veiligheid

17.1 Reactie Bouwdienst op contra expertise interne veiligheid TNO

Onderstaand wordt ingegaan op het door TNO gegeven commentaar (zie bijlage 15).

Reactie op modelstructuur en toelichting:

De structuur en de toelichting zal in een latere versie van het model worden verbeterd, maar niet in het rapport Leidsche Rijn worden aangepast.

Onderschreven wordt dat, daar waar de huidige kennis te kort schiet, de uitgangspunten en parameters conservatief moeten zijn.

Reactie op brand in bus, vrachtwagen zonder gevaarlijke stoffen:

In het model wordt ervan uitgegaan dat in tunneldelen zonder ventilatie er tijdelijk stratificatie van de rook op zal treden waardoor er meer vluchttijd beschikbaar is; dit is gemodelleerd door de afstand vanaf een vluchtdeur waarbinnen men tijdig kan vluchten te vergroten (bij dit scenario van 50 naar 100 meter, echter maximaal tot de h.o.h. afstand van de vluchtdeuren). Dit heeft voor de berekeningen voor Leidsche Rijn bij dit scenario geen effect omdat als h.o.h. afstand van de vluchtdeuren 50 meter is aangehouden. Wel is conservatief aangenomen dat zonder ventilatie de rook beide kanten op gaat.

Overigens zijn wij van mening dat in korte tunnels zonder ventilatie mag worden gerekend op een gunstig effect van stratificatie.

Reactie op ongevallen met toxische stoffen:

De aannamen zijn inderdaad erg conservatief.

Reactie op ongevallen met brandbare vloeistoffen:

Voor de plas is, conservatief, aangenomen dat deze over de gehele breedte van het wegdek aanwezig is ongeacht het aantal rijstroken (dus uitstroming op het hoogste punt van de dwarsdoorsnede); indien met een vaste oppervlakte van de plas zou zijn gerekend zou dit voor de hoofdrijbanen leiden tot een iets kleiner aantal slachtoffers.

Reactie op brandbare gassen: BLEVE en BLEVE brandbaar gas:

Bij de 'koude' BLEVE is uitgegaan van 100% letaliteit in de betreffende tunnelbuis en geen slachtoffers in de andere tunnelbuis (in feite hebben we hiermee aangenomen dat de andere buis, waarin het verkeer nog rijdt, intact blijft; wij verwachten dat de druk die vrijkomt bij een 'koude' BLEVE is lager dan bij een warme BLEVE zodat ook de kans op het bezwijken van de constructie lager is). De warme BLEVE is gemodelleerd als een brand (vrije vluchtafstand 40m en een letaliteit van 60% van de blootgestelden aan de rookgassen). Als verhouding tussen koude en warme BLEVE is aangehouden 4 : 6. Het bezwijken van de naast liggende buis kan bij een warme BLEVE niet worden uitgesloten; maar omdat de BLEVE pas na enige tijd op zal treden (meer dan 10 minuten) kan er echter van uit worden gegaan dat het verkeer in die andere buis is gestopt (de buis wordt afgesloten). De aanname dat iedereen die tijdig kan vluchten (de aanwezigen bovenstrooms van het incident) dit ook doet, zoals in onze aanname impliciet is gedaan, legt een zware claim op de procedures voor ontruiming. Het scenario is daarom ook doorgerekend met de zeer conservatieve aanname dat bij dit scenario niemand vlucht en er dus 100% letaliteit optreedt (zie bijlage 17.2).

Reactie op brandbare gassen: fakkelbrand:

De gevolgen zijn als volgt gemodelleerd: 100% letaliteit in de fakkel. Rookgassen: als vloeistofbrand

Reactie op brandbare gassen: continue uitstroming:

Omdat bij brandbare gassen bij relevante uitstroming uitgegaan wordt van altijd ontsteking betreft dit scenario de relevante uitstromingen zonder directe ontsteking. Aangenomen is dat binnen 10 meter van een vluchtdeur iedereen tijdig kan vluchten. Het percentage letaliteit onder de overigen in de tunnel is geschat op 70% in de tunnel en 90% buiten de tunnel; dit verschil is gemaakt omdat mensen in de tunnel zich eerder bewust kunnen zijn van het vrijkomen van gevaarlijke stoffen dan mensen buiten de tunnel.

Reactie op afstand tussen vluchtdeuren:

De berekeningen zijn inderdaad uitgevoerd met een h.o.h. afstand van de vluchtdeuren van 50 meter de, op het moment dat de Leidsche Rijn studie door de Bouwdienst werd uitgevoerd, geldende h.o.h. afstand van het project (zoals ook in overleg met de begeleidingscommissie van deze studie is afgesproken en vastgelegd; zie paragraaf 4.1). Het lijkt ons niet zinvol om alsnog berekeningen te maken voor h.o.h. afstanden van 100 meter, omdat toepassing van het ALARA principe er ons inziens bij dit project toe zal leiden om een h.o.h. afstand van de vluchtdeuren van 50 meter toe te passen.

Reactie op zonering vluchtenden bij grote brand:

Bij een vluchtdeur afstand van 50 meter, zoals aangehouden bij de berekeningen vallen er bij ons uitgangspunt dus geen extra slachtoffers. Bij een h.o.h. afstand van 100 meter zou ons uitgangspunt bij dit scenario hebben geleid tot ca. 20 (parallelbaan) en 30 (hoofdbaan) slachtoffers in 80% van die gevallen waarbij mensen in de rook komen te staan.

Reactie op vloeistofbranden:

Voor een vergelijkbare situatie bij de tunnel Swalmen heeft TNO 100% letaliteit in de plas en 75% letaliteit t.g.v. verbrandingsgassen aangehouden. Wij hebben dus minder conservatief gerekend. Voor de tunneldelen zonder ventilatie is echter conservatief gesteld dat de rook altijd naar beide zijden zal verspreiden (wat naar verwachting meestal niet het geval zal zijn als gevolg van windinvloeden).

Door ons is het scenario met vertraagde ontsteking van de gevormde dampen qua kans opgeteld bij directe ontsteking. De gevolgen zijn gelijkgesteld; hierbij is gesteld dat de voordelen (meer beschikbare vluchttijd tot het tijdstip van ontsteken) ongeveer gelijk zijn aan de nadelen (op het moment van ontsteking is vluchten niet meer mogelijk voor aanwezigen in de gaswolk). Uiteraard is het benutten van de extra beschikbare vluchttijd afhankelijk van het tijdig geven van vluchtinstructies en het tijdig opvolgen daarvan. De voorzieningen voor het geven van vluchtinstructies zijn gepland (o.a. luidsprekers); in feite is door ons aangenomen dat een deel van de bedreigde personen (hier 40%) de vluchtinstructies tijdig opvolgt. Het is ons inziens niet realistisch ervan uit te gaan dat de voorzieningen geen effect hebben.

Het is mogelijk om de invloed van het percentage slachtoffers te variëren om de invloed hiervan in beeld te brengen.

Reactie op invloed aannames op berekeningsresultaat:

De onderschatting van het risico voor vrachtwagenbranden is beperkt. Hiervoor worden geen aanvullende berekeningen gemaakt.

Voor het BLEVE scenario zijn aangepaste berekeningen uitgevoerd (zie bijlage 17.2.1).

Het is mogelijk om de invloed van het percentage slachtoffers voor het scenario vloeistofbrand en fakkelbrand te variëren om de invloed hiervan in beeld te brengen. Dit

zal worden gedaan door, extreem, aan te nemen dat niemand tijdig kan vluchten en dus 100% letaliteit optreedt in het bedreigde gebied (zie bijlage 17.2.2).

Daarnaast is aanvullend op het commentaar van TNO ook nog een derde extra, erg conservatieve, berekening uitgevoerd, waarbij rekening gehouden wordt met de eerder niet beschouwde niet relevante gasuitstromingen (zie bijlage 17.2.3). Dit omdat uit recent onderzoek van TNO is gebleken dat ook dergelijke kleine uitstromingen, in tegenstelling tot de open weg, in tunnels mogelijk tot een explosie kunnen leiden.

17.2 Aanvullende berekeningen naar aanleiding van de contra expertise interne veiligheid

Naar aanleiding van de contra expertise van TNO-MEP op de interne veiligheid zijn extra berekeningen (kleine kans, grote gevolgen ongevallen) uitgevoerd voor de hoofdrijbanen, wanneer de hoofdrijbaan categorie 0 en de parallelbaan categorie I is, van variant 1 en 3 (deze varianten leveren hetzelfde resultaat op) en de geheel gesloten overkapping (2 km).

17.2.1 Aangepaste modellering warme BLEVE

In deze berekening wordt het effect van het commentaar op de effectmodellering van een warme BLEVE inzichtelijk gemaakt. Hierbij is tevens rekening gehouden met de discussie die reeds eerder met TNO-MEP gevoerd is over het A73 project (de vraag of de aanwezigen bovenstrooms van de file zullen vluchten; men waant zich immers veilig bovenstrooms van een brandend voertuig of een brandende plas wanneer de ventilatie gestart is).

In deze berekening hebben we aangenomen dat alle vluchtenden bij een warme BLEVE zullen overlijden (zowel voor als achter het incident in de file), hetgeen zeer conservatief is (de modellering is hiermee namelijk gelijk aan die van een koude BLEVE). Hiertoe zijn de volgende parameters van de effectmodellering van de warme GF BLEVE aangepast:

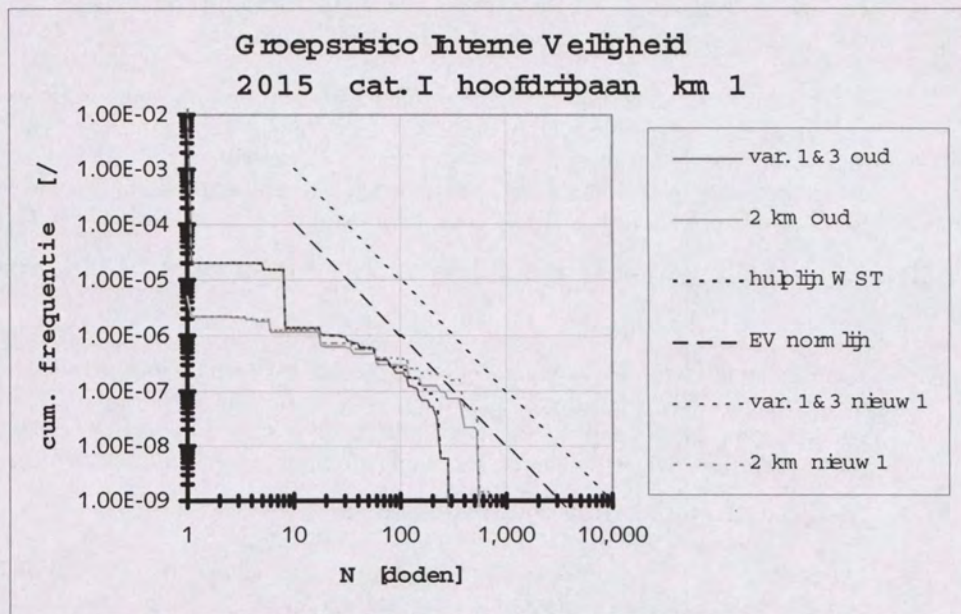
- vrije vluchtafstand van 40 meter nu 0 meter
- overlijdenskans van de vluchtenden van 0,6 nu 1,0
- extra overlijdenskans van de vluchtenden van 0,2 nu 0,0
- overlijdenskans buiten de tunnel van 0,9 nu 1,0

Bij deze berekeningen is aangenomen dat er geen LPG vervoer over de parallelbanen plaatsvindt. De resultaten van deze aangepaste berekening zijn opgenomen in Tabel 54 en Figuur 47 tot en met Figuur 49.

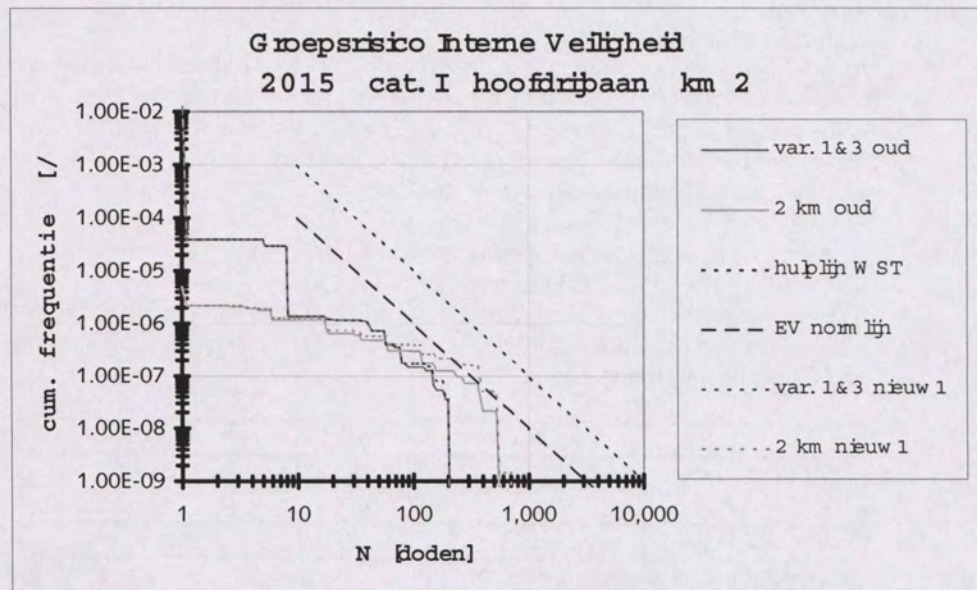
EV	var. 1&3 oud	var. 1&3 nieuw1	2 km oud	2 km nieuw1
hoofdrijb. km 1	5.13E-02	5.14E-02	9.82E-05	1.36E-04
hoofdrijb. km 2	7.71E-02	7.71E-02	9.82E-05	1.36E-04
hoofdrijb. km1+2	1.28E-01	1.28E-01	1.96E-04	2.71E-04

Tabel 54 Verwachtingswaarden zonder (oud) en met (nieuw1) aanpassing van de modellering van de warme BLEVE

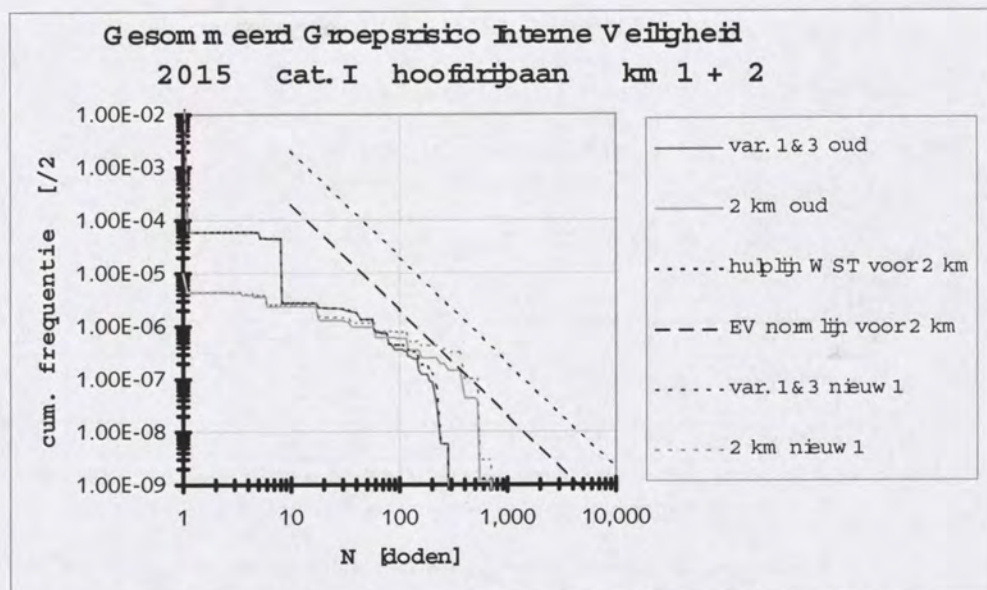
De verwachtingswaarde van variant 1 en 3 wijzigt dus nauwelijks, terwijl de verwachtingswaarde voor de geheel overkapte variant bijna 39% hoger wordt.



Figuur 47 Groepsrisico interne veiligheid kilometervak 1 zonder (oud) en met (nieuw1) aanpassing van de modellering van de warme BLEVE



Figuur 48 Groepsrisico interne veiligheid kilometervak 2 zonder (oud) en met (nieuw1) aanpassing van de modellering van de warme BLEVE



Figuur 49 Groepsrisico interne veiligheid op kilometer 1 + 2 zonder (oud) en met (nieuw1) aanpassing van de modellering van de warme BLEVE

Het groepsrisico van variant 1 en 3 is in de nieuwe berekening iets hoger, terwijl de geheel overkapte variant een duidelijke toename van het groepsrisico vertoont tussen de 100 en 700 slachtoffers. Bij de geheel overkapte variant ligt het risico tussen de 200 en 500 slachtoffers bij de nieuwe berekening boven de voor de externe veiligheid geldende normlijn (maar nog ruim onder de, bij de Westerschelde gebruikte, hulplijn voor de interne veiligheid).

17.2.2 Aangepaste modellering plasbranden en fakkels (en warme BLEVE)

In de deze berekening zijn naast de aanpassing van de BLEVE effectmodellering, zoals hierboven beschreven, ook de effectmodelleringen van de plasbranden van de brandbare vloeistof uitstromingen (zowel de 5 m³ als de instantane uitstroming) en de fakkel aangepast.

Aangepast parameters voor de effectmodellering van de plasbranden (zowel de 5 m³ als de instantane uitstroming van een brandbare vloeistof):

- vrije vluchtafstand in de plas van 5 meter nu 0 meter
- vrije vluchtafstand buiten de plas (t.g.v. rookgassen) met ventilatie van 20 meter nu 0 meter
- vrije vluchtafstand buiten de plas (t.g.v. rookgassen) zonder ventilatie van 40 meter nu 0 meter
- extra overlijdenskans in de plas van 0,05 nu 0
- overlijdenskans in de plas van 0,95 nu 1
- overlijdenskans buiten de plas (t.g.v. rookgassen) met ventilatie van 0,6 nu 1
- overlijdenskans buiten de plas (t.g.v. rookgassen) zonder ventilatie van 0,6 nu 1

Aangepast parameters voor de effectmodellering van de fakkel (bij continue gasuitstroming met ontsteking):

- vrije vluchtafstand in de fakkel 0 meter gebleven
- vrije vluchtafstand buiten de fakkel (t.g.v. rookgassen) met ventilatie van 20 meter nu 0 meter

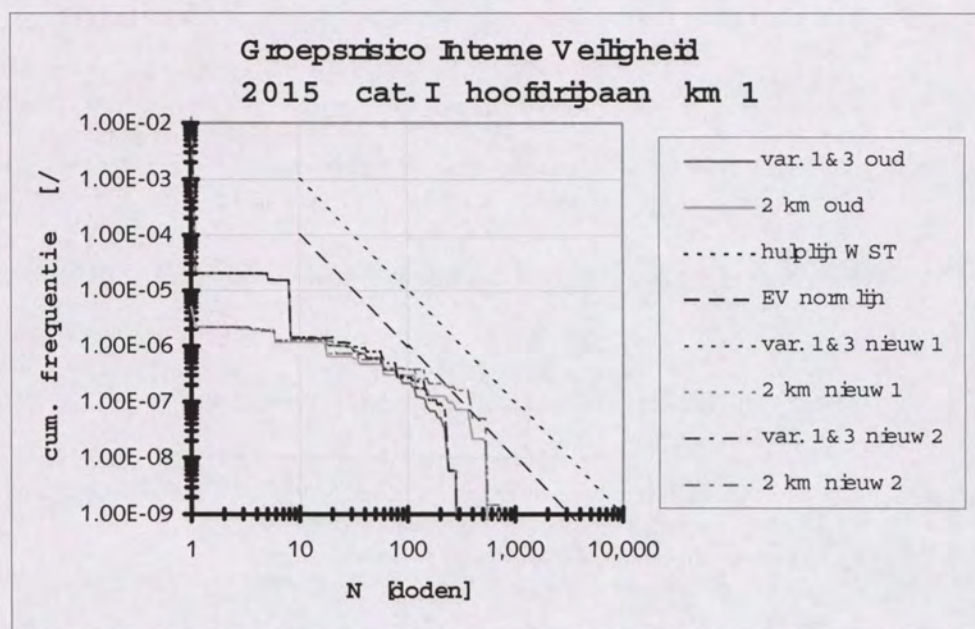
- vrije vluchtafstand buiten de fakkel (t.g.v. rookgassen) zonder ventilatie van 40 meter nu 0 meter
- extra overlijdenskans in de fakkel 0 gebleven
- overlijdenskans in de fakkel 1 gebleven
- overlijdenskans buiten de fakkel (t.g.v. rookgassen) met ventilatie van 0,6 nu 1
- overlijdenskans buiten de fakkel (t.g.v. rookgassen) zonder ventilatie van 0,6 nu 1

De resultaten van deze berekening zijn opgenomen in Tabel 55 en Figuur 50 tot en met Figuur 52.

EV	var. 1&3 oud	var. 1&3 nieuw2	2 km oud	2 km nieuw2
hoofdrijb. km 1	5.13E-02	5.14E-02	9.82E-05	1.40E-04
hoofdrijb. km 2	7.71E-02	7.71E-02	9.82E-05	1.40E-04
hoofdrijb. km1+2	1.28E-01	1.28E-01	1.96E-04	2.81E-04

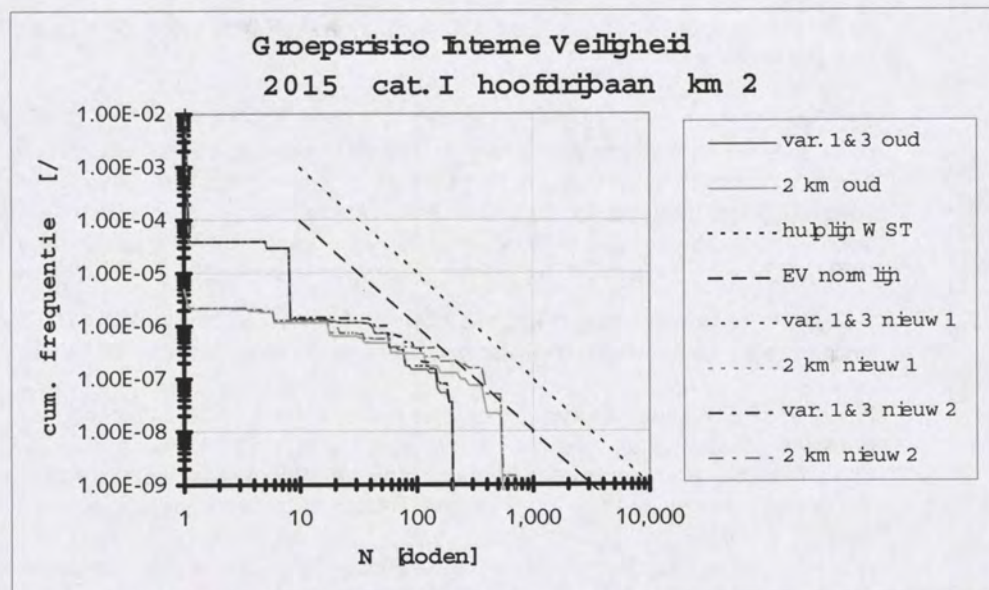
Tabel 55 Verwachtingswaarden zonder (oud) en met (nieuw2) aanpassing van de modellering van de plasbranden en fakkels (en warme BLEVE)

De verwachtingswaarde van variant 1 en 3 wijzigt dus nauwelijks, terwijl de verwachtingswaarde voor de geheel overkapte variant bijna 43% hoger wordt.



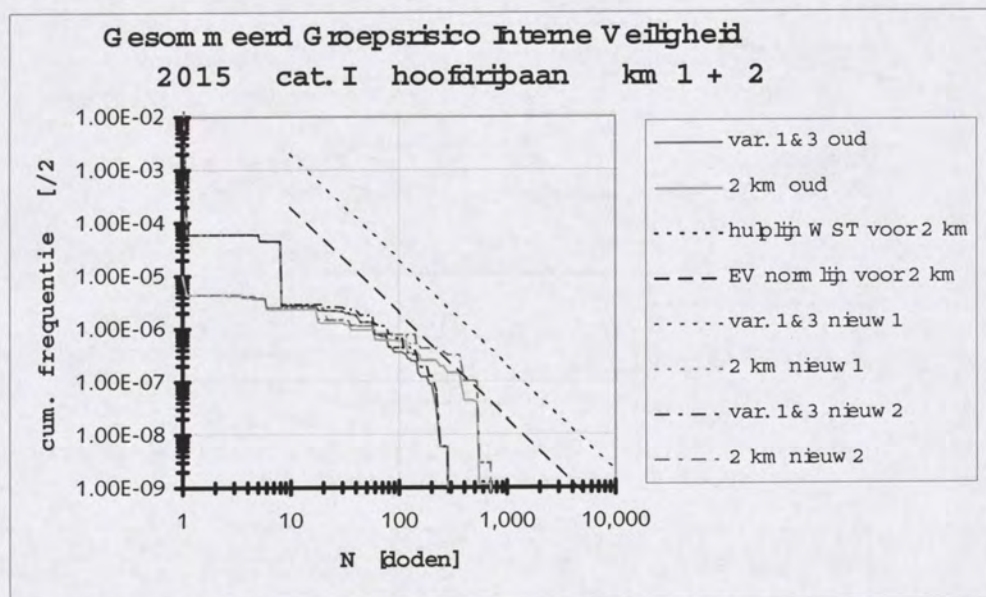
Figuur 50 Groepsrisico interne veiligheid kilometer 1 zonder (oud) en met (nieuw2) aanpassing van de modellering van de plasbranden en fakkels (en warme BLEVE)

Het groepsrisico op kilometer 1 neemt hierdoor ten opzichte van de eerdere aangepaste berekening van variant 1 en 3 iets toe tussen de 20 en 80 en tussen de 100 en 105 slachtoffers. Voor de geheel gesloten variant neemt het groepsrisico iets toe tussen de 20 en 30 en 100 en 105 slachtoffers.



Figuur 51 Groepsrisico interne veiligheid kilometer 2 zonder (oud) en met (nieuw2) aanpassing van de modellering van de plasbranden en fakkels (en warme BLEVE)

Het groepsrisico op kilometer 2 neemt hierdoor ten opzichte van de eerdere aangepaste berekening van variant 1 en 3 iets toe tussen de 20 en 105 slachtoffers. Voor de geheel gesloten variant neemt het groepsrisico iets toe tussen de 20 en 30 en 100 en 105 slachtoffers.



Figuur 52 Groepsrisico interne veiligheid kilometer 1 + 2 zonder (oud) en met (nieuw2) aanpassing van de modellering van de plasbranden en fakkels (en warme BLEVE)

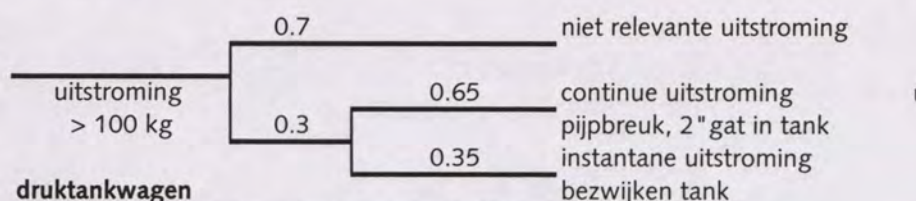
Het groepsrisico op kilometer 1 en 2 neemt hierdoor ten opzichte van de eerdere aangepaste berekening van variant 1 en 3 iets toe tussen de 20 en 105 slachtoffers. Voor

de geheel gesloten variant neemt het groepsrisico iets toe tussen de 20 en 30 en 100 en 105 slachtoffers.

Ten opzichte van de originele berekening is in deze berekening dus ook het groepsrisico van variant 1 en 3 iets hoger, terwijl de geheel overkapte variant een duidelijke toename van het groepsrisico vertoont tussen de 100 en 700 slachtoffers. Bij de geheel overkapte variant ligt het risico tussen de 200 en 500 slachtoffers bij de nieuwe berekening boven de voor de externe veiligheid geldende normlijn (maar nog ruim onder de, bij de Westerschelde gebruikte, hulplijn voor de interne veiligheid).

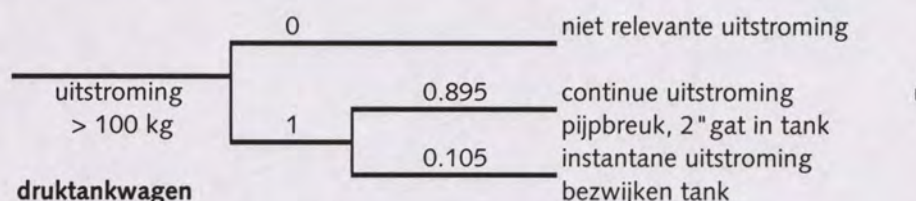
17.2.3 Aangepaste berekening rekening houdend met niet relevante gasuitstromingen (en aangepaste modellering plasbranden, fakkels en warme BLEVE)

Naast deze berekeningen is nog een zeer conservatieve berekening uitgevoerd, waarbij naast de bovenstaande aanpassingen in de effectmodellering van een BLEVE, plasbrand en fakkel ook rekening wordt gehouden met de 70% niet relevante uitstromingen van 100 kg of meer bij de brandbare gassen. Dit omdat uit een onderzoek van TNO-PML is gebleken dat ook de kleinere uitstromingen reeds tot een explosie kunnen leiden. In de, nog niet geheel operationele, nieuwe versie van TUNprim worden deze uitstromingen apart, als kleinere uitstromingen gemodelleerd, maar in de voor de Leidsche Rijn gebruikte versie van TUNprim is dit niet mogelijk. Daarom zijn deze uitstromingen nu gemodelleerd als uitstromingen uit een 2" gat (continue uitstroming). Hiertoe is de modellering van de uitstroombkans uit het Paarse Boek (zie Figuur 53) gewijzigd in de in Figuur 54 weergegeven modellering (de wijziging in de kans op een instantane uitstroming is gebeurd om de kans op een dergelijke uitstroming gelijk te houden, de toename in de kans op een uitstroming vindt dus alleen plaats voor de continue uitstromingen).



druktankwagen

Figuur 53 Modellering gasuitstroming conform Paarse Boek



druktankwagen

Figuur 54 Aangepaste modellering gasuitstroming (niet relevante uitstromingen gemodelleerd als continue uitstroming)

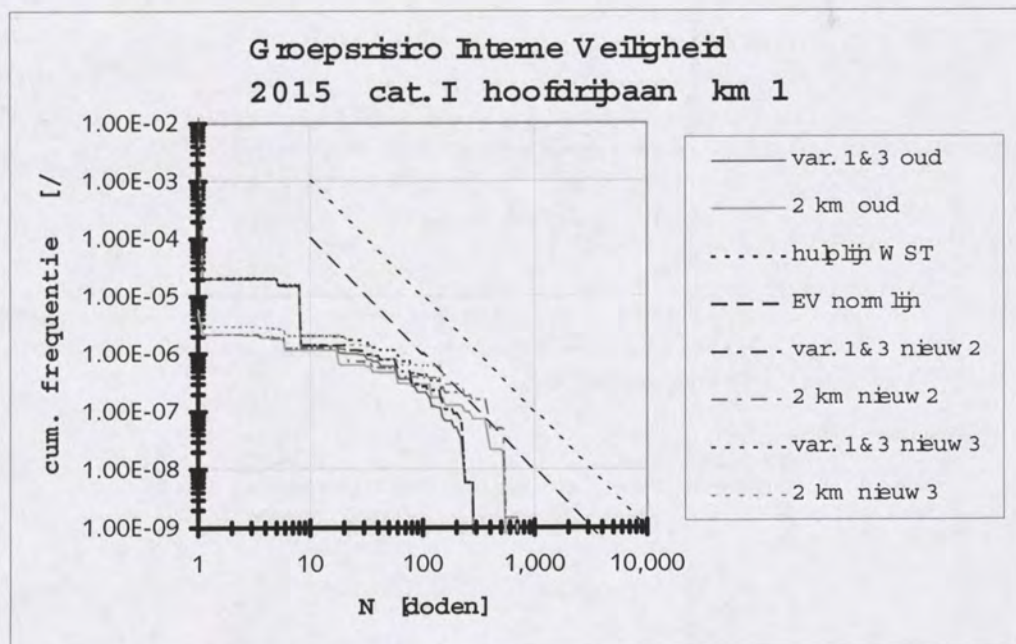
EV	var. 1&3 oud	var. 1&3 nieuw2	var. 1&3 nieuw3	2 km oud	2 km nieuw2	2 km nieuw3
hoofdrijb. km 1	5.13E-02	5.14E-02	5.14E-02	9.82E-05	1.40E-04	2.02E-04
hoofdrijb. km 2	7.71E-02	7.71E-02	7.71E-02	9.82E-05	1.40E-04	2.02E-04
hoofdrijb. km1+2	1.28E-01	1.28E-01	1.28E-01	1.96E-04	2.81E-04	3.00E-04

Tabel 56 Verwachtingswaarden zonder (oud) en met (nieuw2) aanpassing van de modellering van de plasbranden en fakkels (en warme BLEVE) en (nieuw3) nieuw2 plus modellering niet relevante uitstromingen als continue uitstromingen

Deze wijzigingen in TUNprim gelden zowel voor de toxische als brandbare gassen, maar bij Leidsche Rijn vindt geen transport van toxische gassen plaats.

De resultaten van deze berekening zijn opgenomen in Tabel 56 en Figuur 55 tot en met Figuur 57.

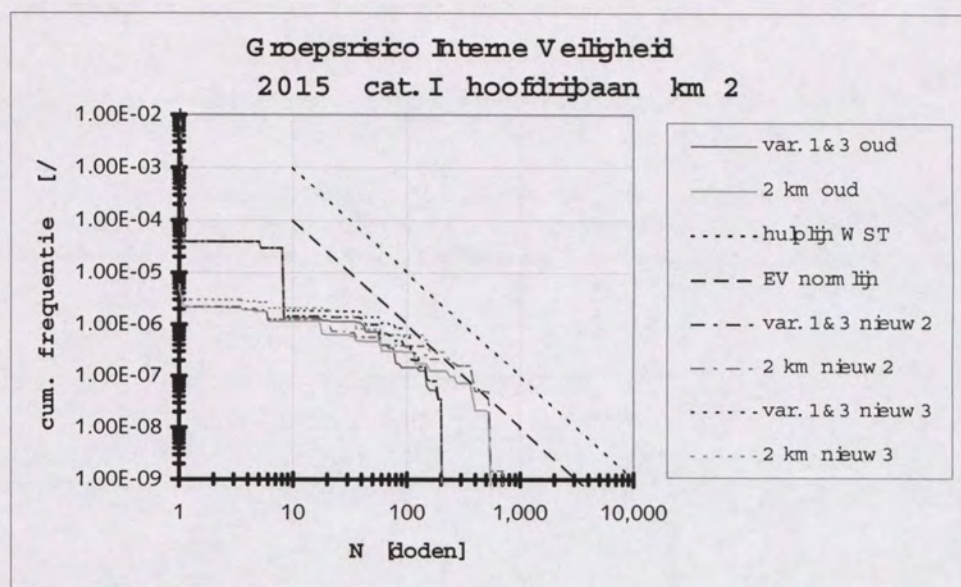
De verwachtingswaarde van variant 1 en 3 wijzigt dus nauwelijks, terwijl de verwachtingswaarde voor de geheel overkapte variant circa 53% hoger wordt (bijna 7% hoger dan bij berekening 2, zonder de aanpassing van de gasuitstroomkans van het Paarse Boek).



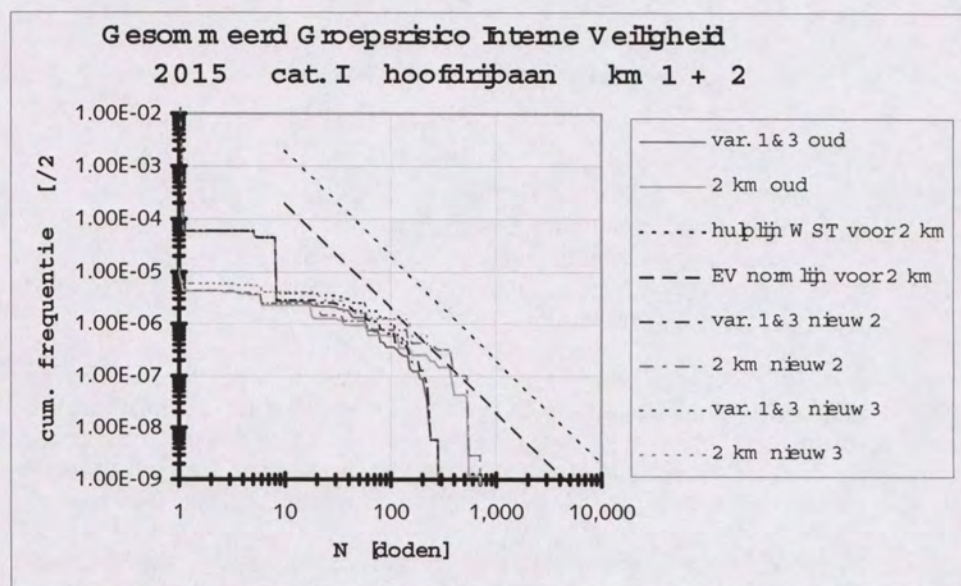
Figuur 55 Groepsrisico interne veiligheid kilometer 1 zonder (oud) en met (nieuw2) aanpassing van de modellering van de plasbranden en fakkels (en warme BLEVE) en (nieuw3) nieuw2 plus modellering niet relevante uitstromingen als continue uitstromingen

Het groepsrisico op kilometer 1 neemt hierdoor ten opzichte van de tweede aangepaste berekening van variant 1 en 3 iets toe tussen de 9 en 105 slachtoffers (toename van het groepsrisico tussen de 9 en 110 slachtoffers ten opzichte van de oorspronkelijke berekening). Voor de geheel gesloten variant neemt het groepsrisico iets toe tussen de 1 en 550 slachtoffers (idem ten opzichte van de oorspronkelijke berekening).

Het groepsrisico op kilometer 2 neemt hierdoor ten opzichte van de tweede aangepaste berekening van variant 1 en 3 iets toe tussen de 8 en 100 slachtoffers (toename van het groepsrisico tussen de 8 en 110 slachtoffers ten opzichte van de oorspronkelijke berekening). Voor de geheel gesloten variant neemt het groepsrisico iets toe tussen de 1 en 550 slachtoffers (idem ten opzichte van de oorspronkelijke berekening).



Figuur 56 Groepsrisico interne veiligheid kilometer 2 zonder (oud) en met (nieuw2) aanpassing van de modellering van de plasbranden en fakkels (en warme BLEVE) en (nieuw3) nieuw2 plus modellering niet relevante uitstromingen als continue uitstromingen



Figuur 57 Groepsrisico interne veiligheid kilometer 1 + 2 zonder (oud) en met (nieuw2) aanpassing van de modellering van de plasbranden en fakkels (en warme BLEVE) en (nieuw3) nieuw2 plus modellering niet relevante uitstromingen als continue uitstromingen

Het groepsrisico op kilometer 2 neemt hierdoor ten opzichte van de tweede aangepaste berekening van variant 1 en 3 iets toe tussen de 8 en 105 slachtoffers (toename van het groepsrisico tussen de 8 en 110 slachtoffers ten opzichte van de oorspronkelijke

berekening). Voor de geheel gesloten variant neemt het groepsrisico iets toe tussen de 1 en 700 slachtoffers (idem ten opzichte van de oorspronkelijke berekening).

Bijlage 18. Verwerking commentaar

In deze bijlage wordt aangegeven hoe het commentaar dat op versie 4 (het eindconcept), 5 (het eindconcept met enkele aanvullingen) en 6 (eindrapport –contra expertise door TNO-) van dit rapport is binnengekomen is verwerkt.

Met dit rapport is versie 7 van het rapport (eindrapport met verwerking van het commentaar in de contra expertise door TNO op de externe veiligheid) vervallen, daar het huidige rapport de verwerking van de punten uit de contra expertise van TNO voor zowel de interne als de externe veiligheid bevat.

Het commentaar op versie 4 en 5 van het rapport is als volgt verwerkt:

1. Alle tekstuele zaken (zoals bijvoorbeeld het gebruik van "dan" in plaats van "als" in de vergelijkende en overtreffende trap, het gebruik van overkapping in plaats van tunnel als beschrijving van de geheel gesloten wegdelen in deze studie en aanvullingen op de begrippenlijst) zijn, indien niet anders vermeld in deze bijlage, in het eindrapport verwerkt..
2. De risicomaten, norm(hulp)lijnen, een beschrijving en figuur van de varianten en een schematische weergave van de resultaten van de risicoanalyse zijn ook in de samenvatting opgenomen, daarnaast is de samenvatting verduidelijkt.
3. De kans op een LPG explosie na uitstroming is in de gangbare rekenmethodieken niet recht evenredig met de lengte van de overkapping; dit commentaar is dan ook niet overgenomen. (Na uitstroming is er altijd 80% kans op een directe ontsteking ten gevolge van de bij het openscheuren van de tank vrijkomende energie en vonken; bij de risicoanalyse wordt verder opgenomen dat er altijd ontsteking van de niet direct ontstoken gaswolk zal optreden ten gevolge van vertraagde ontsteking -bij de uitwerking van het tunnelmodel is hierbij aangenomen dat ten gevolge van de warme/hete automotoren deze vertraagde ontsteking altijd in de overkapping plaatsvindt-).
4. In de inleiding is kort aandacht geschonken aan de reden voor het beschouwen van de interne en externe veiligheid (inzicht krijgen in de kans op en grootte van mogelijke rampen) en het feit dat de interne en externe veiligheid slechts een onderdeel zijn van het totale veiligheidsvraagstuk.
5. In de tekst en plaatjes is naast de Westerschelde hulplijn van de interne veiligheid ook de normlijn van de externe veiligheid opgenomen (die de ondergrens van de nog te ontwikkelen normlijn van de interne veiligheid vormt).
6. In de tekst is verduidelijkt dat bij risicoanalyses is aangenomen dat het dak van de overkapping bij een explosie op de rijbaan zal vallen; oftewel er is aangenomen dat bij de externe veiligheid geen slachtoffers zullen vallen ten gevolge van rondvliegende brokstukken van de overkapping en dat er, na bezwijken van de tussenwand tussen rijbanen, extra slachtoffers zullen vallen op naastgelegen rijbanen.
7. In de tekst is de status van het gebruikte tunnelmodel TunPrim.xls verduidelijkt.
8. Bij figuren is met behulp van de kleur van de lijn aangegeven welke resultaten van de groepsrisico curven gelijk zijn (kleur van de betreffende lijnen is dan gelijk) en/of onder de figuur aangegeven dat het risico zo laag is dat de lijn niet in de figuur zichtbaar is.
9. Aannee 6 in paragraaf 4.2 is genuanceerd (met de kans op congestie).

Het commentaar van TNO op de scenario modellering van de externe veiligheid is als volgt verwerkt:

1. Tekst is verduidelijkt.
2. Modellering van sommige scenario's is aangepast (zie hieronder), waarbij de modellering deels is aangepast aan het TNO commentaar en deels in

overeenstemming is gebracht met de modellering van de scenario's van de interne veiligheid (daar de externe veiligheid in het verleden is berekend voordat [22] gereed was is hier in het verleden geen rekening gehouden met het effect van een explosie onder de gesloten wegdelen).

3. In verband met het niet meenemen van de kans op falen van de overkapping constructie bij een explosie is als een soort van boven benadering een extra berekening opgenomen waarbij de gehele weg als open weg wordt beschouwd (zie bijlage 16.2).
4. Open wegdelen:
 - LF scenario's: modellering is verduidelijkt, geen aanpassingen.
 - LT scenario's: modellering is aangepast voor die windrichtingen waarbij de gaswolk (verdampte vloeistof) de tunnel ingeblazen wordt (niet beschouwd in de berekening).
 - GF scenario's: BLEVE en fakkel scenario niet aangepast. De scenario's met vertraagde ontsteking zijn voor de windrichtingen waarbij de wolk in de omgeving dispergeert niet gewijzigd; voor de windrichtingen waarbij de wolk onder de overkapping geblazen wordt is aangenomen dat de wolk ontstoken wordt onder de overkapping (en dus resulteert in overdrukken en stralingseffecten aan de tunneleinden); bij variant 2 wordt ten gevolge van het deels "open" karakter van de weg (zodat de kans op drukopbouw kleiner is) hierbij uitgegaan van 75% van de frequentie van de scenario's.
5. Wegdelen met geluidsschermen:
 - LF scenario's: tekst is verduidelijkt op het punt van brandwerendheid van de geluidsschermen. Het beschouwen van de dispersie van niet direct ontstoken uitstromingen is niet meegenomen bij de wegdelen aan weerszijden grenzend aan een overkapping, omdat de geluidsschermen 7 meter hoog zijn en de ten gevolge van wervelingen over het geluidsscherm verspreidende gaswolk zich dus te hoog bevindt om voor aanwezig in de omgeving een gevaar op te leveren. Wanneer deze scenario's voor windrichtingen loodrecht op de geluidsschermen (al dan niet met de stabiele weersklassen) beschouwd worden alsof het geluidsscherm niet aanwezig is, zal dit een veel te pessimistische benadering van het risico zijn. Alleen voor wegdeel F wordt het scenario wel meegenomen bij wind in W-O richting, omdat dit wegdeel aan de zuidzijde aan de open weg grenst.
 - LT scenario's: Voor wegdeel F worden de scenario's meegenomen bij wind in W-O richting, omdat dit wegdeel aan de zuidzijde aan de open weg grenst. Zie ook tekst bij LF scenario's over gaswolken die over het geluidsscherm kunnen wervelen.
 - GF scenario's: Geen wijzigingen in de instantane scenario's. Continue uitstroming met directe ontsteking (fakkel) wordt niet beschouwd onder de aanname dat de geluidsschermen en het als geluidsscherm dienende kantoorpand voldoende brandwerend zijn. Toegevoegd zijn de scenario's van de continue uitstroming zonder directe ontsteking die vertraagd ontsteken onder de naast gelegen overkapte wegdelen (ook hier 75% van de frequentie bij variant 2 vanwege het deels open karakter van de overkappingen); voor wegdeel F wordt het scenario bij wind in W-O richting meegenomen als op de open weg.
6. Gedeeltelijk overkapte wegdelen: Zie wegdelen met geluidsschermen.
7. Wegdelen met langssleuven:
 - LF scenario's: Alleen kleine aanpassing van de tekst.
 - LT scenario's: Geen wijzigingen.
 - GF scenario's: De scenario's instantane uitstroming worden met de halve frequentie gemodelleerd als op de open weg; de continue scenario's zullen niet tot gevolgen in de omgeving leiden. Daarnaast worden beide instantane scenario's en het continue scenario zonder directe ontsteking gemodelleerd alsof de overkapping gesloten is, waarbij van deze frequentie 75% meegenomen wordt vanwege het

"open" karakter van de weg (waardoor de kans drukopbouw in de tunnel kleiner is).

8. Overkapte wegdelen:

- LF scenario's: geen aanpassingen.
- LT scenario's: geen aanpassingen.
- GF scenario's: geen aanpassingen (het gebruik van de overdruk/straling modellering van explosies buiten de tunnel voor het scenario BLEVE is conservatief).

9. Door bovenstaande aanpassingen veranderen de IR contouren en groepsrisico's van de externe veiligheid slechts marginaal (zie bijlage 16.1).

10. Daar de IR contouren en groepsrisico's slechts marginaal veranderd zijn ten opzicht van de oorspronkelijke berekening, zijn de berekeningen in bijlage 12 (invloed van kans op file en wel/niet aanwezig zijn van file) en bijlage 13 (invloed van het verplaatsen van het atriumgebouw) niet opnieuw berekend.