

Gemeente Delft

MER Spoorzone Delft

**themadocument
interne veiligheid**

Witteveen**Bos**

water
infrastructuur
milieu
bouw

Gemeente Delft

MER Spoorzone Delft

themadocument interne veiligheid

RBOI
Postbus 150
3000 AD Rotterdam
telefoon 010 - 413 06 20
telefax 010 - 412 10 39

DHV Milieu en Infrastructuur BV
Postbus 1076
3800 BB Amersfoort
telefoon 033 468 32 39
telefax 033 468 28 01

ARDEA Acoustics and Consult
Harmen Doumastraat 24
2321 JL Leliden
telefoon 071 572 58 45
telefax 071 572 58 47

Witteveen+Bos
van Twickelostraat 2
postbus 233
7400 AE Deventer
telefoon 0570 69 79 11
telefax 0570 69 73 44

onze referentie	projectcode	status
Dt178-4/djc/121	Dt178-4	definitief 01
projectleider	projectdirecteur	datum
drs. J.W.T.M. Imming	drs. D.J.F. Bel	1 september 2003

autorisatie	naam	persoon
goedgekeurd	drs. D.J.F. Bel	



Het kwaliteit management systeem van Witteveen+Bos is gecertificeerd volgens NEN-EN-ISO 9001 : 1994

© Witteveen+Bos
Niets uit dit bestek/drukwerk mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van Witteveen+Bos Raadgevende Ingenieurs b.v., noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

INHOUDSOPGAVE	blz.
1. INLEIDING	1
1.1. Wat kunt u vinden in dit themadocument?	1
1.2. Leeswijzer	1
2. BELEIDSKADER	3
2.1. Rijksbeleid	3
2.2. Provinciaal beleid	5
2.3. Gemeentelijk beleid	5
2.4. Samenvattend	6
3. BEOORDELINGSWIJZE	7
3.1. Beoordelingsaanpak	7
3.2. Scenarioanalyse	7
3.2.1. Beoordelingscriteria	7
3.2.2. Beoordelingswijze	8
3.3. Kwantitatieve risicoanalyse	8
3.3.1. Beoordelingscriteria	8
3.3.2. Beoordelingswijze	9
3.4. Samenvattend	9
4. HUIDIGE SITUATIE EN AUTONOME ONTWIKKELINGEN	11
4.1. Beoordeling referentiesituatie	11
4.2. Conclusie veiligheidsniveau	11
5. MILIEUGEVOLGEN GEBRUIKSFASE	13
5.1. Inleiding	13
5.2. Basis veiligheidsconcept voor de tunnel	13
5.3. Resultaten scenarioanalyse	14
5.3.1. Beoordeling veiligheidsprestatie	14
5.3.2. Conclusie kwalitatieve scenarioanalyse	16
5.4. Resultaten kwantitatieve risicoanalyse	17
5.4.1. Onderscheid naar korte en lange tunnel	17
5.4.2. Risicoanalyse	18
5.4.3. Conclusies risicoanalyse	22
5.5. Optimalisatiemogelijkheden en aandachtspunten	23
5.6. Resumé beoordeling	24
6. LEEMTEN IN KENNIS EN INFORMATIE	27
7. LITERATUURLIJST	29
8. AFKORTINGEN EN BEGRIPPENLIJST	31
laatste bladzijde	31

bijlagen	aantal bladzijden
I Basisgegevens voor berekeningen	3
II Selectie scenario's	4
III Scenario's vervoer gevaarlijke stoffen	2
IV Optimalisatiemogelijkheden en aandachtspunten voor interne veiligheid	4

1. INLEIDING

1.1. Wat kunt u vinden in dit themadocument?

Interne veiligheid houdt zich bezig met de risico's die gebruikers van het vervoersysteem kunnen ondervinden bij exploitatie van het systeem. Deze veiligheid betreft zowel de reizigers, alsook het personeel (o.a. machinist en conducteur) dat gebruikmaakt van het (ondergrondse) transportsysteem. Ten aanzien van de risico's moet gedacht worden aan het disfunctioneren van systemen, waardoor bijvoorbeeld aanrijdingen, botsingen dan wel brandincidenten in de treinen kunnen optreden.

Naast reizigersvervoer is daarnaast ook sprake van goederenvervoer over het spoor door Delft. De risico's die de gebruikers van het systeem lopen als gevolg van eventuele incidenten met gevaarlijke stoffen wordt ook als onderdeel van de interne veiligheid beschouwd.

Het themadocument interne veiligheid betreft zodoende een beschouwing van de risico's die gebruikers binnen het systeem ondervinden. De aandacht in dit themadocument gaat met name uit naar risico's die reizigers in de tunnel of op de ondergrondse perrons lopen. De risico's die omwonenden en overige aanwezigen langs en boven het systeem lopen vallen onder externe veiligheid, waarvoor een separaat themadocument is opgesteld.

1.2. Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt een overzicht gegeven van het voor het thema interne veiligheid relevante beleidskader. In hoofdstuk 3 is aangegeven op basis van welke aspecten en beoordelingscriteria de referentiesituatie en de verschillende alternatieven beoordeeld worden. In dit hoofdstuk is ook toegelicht welke onderzoeksmethoden hierbij zijn gebruikt. In hoofdstuk 4 wordt een beschrijving en beoordeling gegeven van de huidige situatie van het interne veiligheid in het studiegebied en de situatie na autonome ontwikkeling. In hoofdstuk 5 wordt hetzelfde gedaan voor de verschillende alternatieven voor het project Spoorzone. In hoofdstuk 6 zijn de leemten in kennis en informatie weergegeven en het themadocument wordt afgesloten met een literatuurlijst, begrippenlijst en een aantal bijlagen.

2. BELEIDSKADER

2.1. Rijksbeleid

De wet- en regelgeving voor ondergrondse infrastructuur (interne veiligheid) alsmede voor het vervoer van gevaarlijke stoffen is momenteel sterk in beweging.

De wetgeving kent daarnaast momenteel een tweetal invalshoeken die zich concreet richten op de interne veiligheid van railinfrastructuur:

- kadernota railveiligheid (gericht op de spoorveiligheid);
- bouwregelgeving (gericht op gebruikers van gebouwen, en bij gebrek aan regelgeving ook gehanteerd voor ondergrondse gebouwen).

Voor het reizigersvervoer over rail is sprake van de Kadernota Railveiligheid, waarin risiconormering is vastgelegd. De Kadernota is echter generiek van opzet en gericht op totale vervoerstrajecten tussen grootschalige OV-knooppunten en daarnaast met name opgesteld voor bovengrondse (vrije baan) trajecten zonder daarbij specifieke uitspraken te doen voor tunnelprojecten.

De bouwregelgeving richt zich vanuit haar oorsprong op de eisen ten aanzien van vluchtmogelijkheden en fysieke beveiligingsmaatregelen in gebouwen, maar definieert geen objectonafhankelijk prestatie veiligheidsniveau of normstelling.

Voor interne veiligheid wordt momenteel gewerkt aan de opzet voor een nieuwe Wet Tunnelveiligheid voor alle modaliteiten (waaronder railtunnels) om genoemde tekortkomingen in de huidige wetgeving te mitigeren.

Onderstaand worden de verschillende wettelijke richtlijnen c.q. beleidsvoornemens nader toegelicht.

kadernota railveiligheid

persoonlijk risico

De kadernota Railveiligheid (lit. 13) geeft geen specifieke normen voor de normering voor het persoonlijk risico voor de reizigers. Wel wordt aangegeven dat voor trajecten aan het 'Stand Still'-principe moet worden voldaan. Dit betekent dat de risico's van de reiziger niet hoger mogen worden dan nu op het betreffende baanvak het geval is. Voor het persoonlijk risico volgt een huidig persoonlijk risico van $2,0 \cdot 10^{-10}$ per reizigerskilometer, hetgeen derhalve ook de 'stand still' normstelling wordt. Daarnaast bestaat landelijk de ambitie dit veiligheidsniveau verder te verbeteren (vergelijk Hogesnelheidslijn (HSL) met doelstelling $1,5 \cdot 10^{-10}$).

Voor Lightrail systemen is de Kadernota Railveiligheid meer specifiek gemaakt. In het 'normdocument veiligheid Lightrail' is voor het gebruik van Lightrail een norm voor het persoonlijk risico en het groepsrisico (daar maatschappelijk risico genoemd) van de reizigers vermeld. De norm voor het persoonlijk risico van de reiziger wordt in het normenkader gesteld op $1,4 \cdot 10^{-10}$ per reizigers kilometer.

groepsrisico

Voor het groepsrisico wordt in het 'normdocument veiligheid lightrail' de volgende norm gesteld:

$$\text{Risico} < \frac{10}{N^2} * \frac{\text{beoogd aantal reizigerskm op traject per jaar}}{\text{totaal aantal reizigerskm in Nederland per jaar}} \quad (\text{voor: } N > 2)$$

Hierin is N het aantal slachtoffers.

Ingevuld voor Delft met circa $2,1 \cdot 10^8$ reizigerskilometers per jaar en een landelijk aantal van circa $15 \cdot 10^9$ kilometers per jaar leidt dit tot een norm van $0,14/N^2$.

Opgemerkt dient te worden dat het 'normdocument veiligheid Lightrail' niet als wettelijke norm kan worden aangemerkt. Zoals genoemd is sprake van een nadere uitwerking van de eisen gesteld in de Kadernota Railveiligheid. Het normdocument kan zodoende meer als een richtlijn dan als norm worden aangemerkt.

Het handhaven van het huidige veiligheidsniveau wordt als belangrijke randvoorwaarde bij projecten gesteld. Dit wordt ook wel het stand-still niveau genoemd. Op basis van de opgetreden treinincidenten, waarbij meerdere slachtoffers vielen (groepsrisico), kan het vigerende veiligheidsniveau ten aanzien van groepsrisico's van het totale Nederlandse railsysteem worden bepaald (lit. 12). Dit leidt tot een huidig groepsrisiconiveau dat overeenkomt met $1/N$ voor het gehele landelijke net. Voor het deeltraject van de spoortunnel Delft volgt een waarde van $0,001/N$.

bouwregelgeving (bouwbesluit)

In het Bouwbesluit zijn de gestelde brandpreventie-eisen afhankelijk van het type gebouw. Bij het project Spoortunnel Delft zijn twee bouwwerken te onderscheiden; de tunnel en het station. Of de tunnel onder het bouwbesluit valt is in de afgelopen jaren uitvoerig bediscussieerd. Men kan de tunnel plaatsen in de categorie 'Bouwwerk, geen gebouw zijnde'.

Het bouwbesluit geeft echter geen kwantificerende normstelling maar slechts fysieke maatregelen of ontwerprandvoorwaarden. Voor de normstelling en kwantificering van de veiligheid van gebruikers wordt zodoende door het Bouwbesluit geen norm gesteld. Toch wordt tijdens het ontwerp en vooruitlopend op de aanvraag van de gebruiksvergunning de veiligheid van de reizigers in beeld gebracht.

Met de komst van de nieuwe wet Tunnelveiligheid zal over het eisenpakket en kwantificering van de normstelling voor tunnels meer duidelijkheid komen.

referentieprojecten

Naast de wetgeving en beleidskaders zijn er andere tunnelprojecten in Nederland uitgevoerd waarbij is gekeken naar de veiligheid van de reizigers in deze tunnels. Deze projecten zijn onder andere:

- HSL-Zuid;
- Hanzelijn;
- Zuidas (nog in ontwikkeling);
- Westerscheldetunnel (wegverkeer);
- Noord/Zuidlijn.

Echter op deze trajecten komen (m.u.v. mogelijk de Zuidas) geen tunnels voor die gebruikt worden voor het vervoer van gevaarlijke stoffen én het vervoer van reizigers. Voor de normstelling voor de veiligheid van de reizigers kan wel gerefereerd worden aan deze projecten. In onderstaande tabel zijn de gestelde normen van deze projecten weergegeven.

Tabel 2.1. 'Normen' voor reizigersrisico van verschillende tunnelprojecten in Nederland

project	persoonlijk risico	maatschappelijk/groepsrisico
HSL-Zuid (groene hart tunnel)	$1,5 \cdot 10^{-10}$	0,01 / N ² per trajectkm per jaar
Zuid-as (A10)	Handhaving bestaand PR (dus circa $2,0 \cdot 10^{-10}$)	0,1/N ² tot 0,01/N ² (wegverkeer) (rail nog nader vast te leggen)
Hanzelijn	$2,0 \cdot 10^{-10}$	0,04 voor gehele lijn van 50 km (collectief risico)
Westerschelde tunnel (wegverkeer)		0,1 / N ² per kilometer
Noord/Zuidlijn		$6 \cdot 10^{-3}$ /N ² per trajectkm per jaar

nieuwe Wet tunnelveiligheid / Beleidsvisie Tunnelveiligheid

Momenteel wordt gewerkt aan de nieuwe wet tunnelveiligheid. Deze wet zal de leemte moeten vullen die er is ten aanzien van eenduidige wetgeving voor de ondergrondse ruimten. In deze tunnelwetgeving zal sprake zijn van een tweetal methodieken om de veiligheid van tunnelprojecten systematisch te analyseren, te weten:

- De scenarioanalyse;
- De kwantitatieve risicoanalyse;

De methodieken zijn complementair en dienen als zodanig beiden doorlopen te worden om het veiligheidsniveau aantoonbaar te maken.

De scenario's in een scenarioanalyse geven in beschrijvende meer kwalitatieve vorm een beeld van het verloop van een ongeval. Een dergelijke analyse maakt het mogelijk om moeilijk kwantitatief te beschrijven grootheden, zoals de beheersbaarheid van een incident zichtbaar te maken. Scenario's bieden daarmee onder meer goede aanknopingspunten voor verdere verbetering van tunnelontwerp en organisatie.

Kwantitatieve risicoanalyses geven de mogelijkheid om objectieve strikte regels op te stellen voor het accepteren of verwerpen van bepaalde risicovolle activiteiten. Het uitvoeren van een kwantitatieve risicoanalyse vereist enerzijds veel detailinformatie en anderzijds de aanwezigheid van een geaccepteerde norm. De kwantificering van deze risiconormering, zoals deze onderdeel wordt van de wet, is echter nog niet vastgesteld. In de beleidsvisie aangaande de voorbereiding van deze wet, wordt vooralsnog gedacht aan een groepsrisico waarde voor interne veiligheid van 0,01/N² per baanvakkilometer.

2.2. Provinciaal beleid

De Provincie kent ten aanzien van de interne veiligheid van railvervoersystemen geen direct eigen verantwoordelijkheid en geeft geen eigen specifieke invulling aan het landelijke veiligheidsbeleid.

2.3. Gemeentelijk beleid

De Gemeente kent in het kader van de Bouwregelgeving en gebruiksvergunningen haar eigen controlerende en goedkeurende verantwoordelijkheid. Hierbij wordt aangesloten bij de landelijke wet- en regelgeving en waar nodig wordt tevens aansluiting gezocht met de landelijke grootschalige railprojecten.

In het kader van in- en externe veiligheid speelt de Gemeente vanaf de initiatieffase een proactieve rol in het nastreven van een goede afstemming tussen planontwerp en veiligheidseisen.

2.4. Samenvattend

Het beleids- en normenkader voor ondergrondse railtunnels bevat verschillende aanknopingspunten om de interne veiligheid te kunnen beoordelen. Er is echter (nog) geen sprake is van eenduidigheid en specifieke wet- en regelgeving. In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de voor het project relevante documenten.

Tabel 2.2. Overzicht beleidskader interne veiligheid

besluit / beleid	orgaan / datum	uitgangspunt / randvoorwaarde
Kadernota Railveiligheid	TK (1998-1999) 26 699 Nr2	Algemene normstelling voor persoonlijk risico op het spoor
Normdocument veiligheid Lightrail	Min V&W, november 2002 vs 5.0	Geeft trajectspecifieke norm voor het groepsrisico (echter gericht op bovengrondse trajecten) en generieke norm voor persoonlijk risico reizigers.
Bouwbesluit	Inwerkingtreding-KB (stbld 2002,582), 1 januari 2003	Geeft fysieke randvoorwaarden ten aanzien van ontwerpen vluchtmogelijkheden in gebouwen, maar geeft geen risiconiveau.
Referentieprojecten	Divers	Geven persoonlijke risiconorm in lijn met de kadernota railveiligheid. Geven daarnaast ook richting voor maatschappelijk aanvaardbaar risico.
Nieuwe wet tunnelveiligheid / beleidsvisie tunnelveiligheid	In ontwikkeling / consultatiefase	Stelt tweeledige toetsmethode voor van a) scenarioanalyse en b) kwantitatieve risicoanalyse Beleidsvisie geeft reeds eerste indicatie groepsrisico.

3. BEOORDELINGSWIJZE

3.1. Beoordelingsaanpak

De vergelijking c.q. toets van de alternatieven ten aanzien van de interne veiligheid vindt plaats op basis van twee analysemethodieken, te weten:

1. Scenarioanalyse (kwalitatieve beschouwing). Zie paragraaf 3.2;
2. Risicoanalyse (kwantitatieve beschouwing). Zie paragraaf 3.3.

Bij de kwalitatieve scenarioanalyse worden de volgende veiligheidscriteria beoordeeld: proactie in ontwerp, preventie, zelfredzaamheid in tunnel en station en hulpverlening in tunnel en station.

Bij de kwantitatieve risicoanalyse worden de effecten getoetst aan de normen voor:

- het persoonlijk risico voor de gebruikers van het systeem;
- het maatschappelijk risico of groepsrisico voor de gebruikers van het systeem.

Bij de kwantitatieve beschouwing wordt zowel gekeken naar de risico's van het railsysteem, alsmede naar de effecten voor de veiligheid van reizigers bij het vervoer van gevaarlijke stoffen.

De uitgangspunten voor de berekeningen zijn opgenomen in bijlage I.

Vervolgens wordt de uitkomst van beide analyses, zijnde absolute scores, gerelateerd aan de huidige situatie. Aangezien op dit moment interne veiligheid nauwelijks een rol speelt (er zijn slechts twee korte tunnels), is de referentiesituatie op 0 gesteld.

3.2. Scenarioanalyse

3.2.1. Beoordelingscriteria

In een scenarioanalyse is de beoordeling overwegend kwalitatief en op hoofdlijnen gericht. Kenmerkend voor een scenarioanalyse is dat de effecten voor een aantal maatgevende scenario's geanalyseerd worden en dat kansen buiten beschouwing worden gelaten (lit. 11).

Het doel van de scenarioanalyse is de alternatieven onderling te vergelijken vanuit de optiek van integrale veiligheid en te bepalen of en in hoeverre de alternatieven onderscheidend zijn. Daarvoor worden veiligheidskritische issues van spoorzone, tunnel en station in beeld gebracht. Het gaat hierbij niet alleen om voorzieningen in de tunnel, maar ook om de combinatie van tunnel en ondergrondse perrons en voorzieningen van zelfredzaamheid en hulpverlening bij incidenten in de stationsgebouw omgeving.

Voor elk van de verschillende alternatieven is gekeken naar het veiligheidsprestatieniveau. Dit veiligheidsprestatieniveau is beoordeeld aan de hand van de volgende veiligheidscriteria:

- proactie in ontwerp;
- preventie;
- zelfredzaamheid in tunnel;
- zelfredzaamheid in station;
- hulpverlening in tunnel;
- hulpverlening in station.

Onder proactie in ontwerp wordt gekeken naar de mogelijkheden dan wel complicerende factoren van het betreffende ontwerp om incidenten daadwerkelijk te kunnen voorkomen. Interactiescenario's tussen de verschillende systeemonderdelen, alsmede de complexiteit van de integratie van functies, zullen in algemeenheid zonder aanvullende maatregelen de intrinsieke veiligheid doen afnemen.

Onder preventie wordt aanvullend gekeken in welke mate en met welke effectiviteit de risicoreducerende maatregelen als ventilatie, sprinklersysteem maar ook baanbeveiliging e.d. in het betreffende ontwerpalternatief de risico's kunnen worden beheerst.

Een goede zelfredzaamheid in de tunnel en het station is een belangrijke veiligheidsvoorwaarde om de gevolgen bij incidenten te beperken. Voor de alternatieven wordt aan de hand van het basisveiligheidsconcept beoordeeld hoe hieraan invulling gegeven is.

De toegankelijkheid voor de hulpverlening is eveneens een belangrijke veiligheidsindicator. Door repressie kunnen de gevolgen van incidenten met brand dan wel gevaarlijke stoffen door de hulpdiensten mogelijk worden beperkt, mits een goede toegankelijkheid kan worden gegarandeerd en repressie maatregelen ingezet kunnen worden.

3.2.2. Beoordelingswijze

De veiligheidscriteria worden beoordeeld met behulp van 3 maatgevende ongevalsscenario's:

1. Brandincident reizigerstrein in tunnel;
2. Botsing treinen bij de perrons en vrijkomen gevaarlijke stoffen;
3. Brand in stationsgebouw.

Deze keuze wordt toegelicht in bijlage II.

De ontwerpalternatieven zijn tegen deze maatgevende scenario's afgezet met de volgende vraag: Zijn de alternatieven bestand tegen het doorlopen van de gebeurtenissen zoals die in de maatgevende scenario's worden beschreven en leidt dit tot een belangrijk onderscheid vanuit de optiek van veiligheidsprestatieniveau tussen de alternatieven?

3.3. Kwantitatieve risicoanalyse

3.3.1. Beoordelingscriteria

De effecten voor interne veiligheid zullen worden getoetst aan de normen voor:

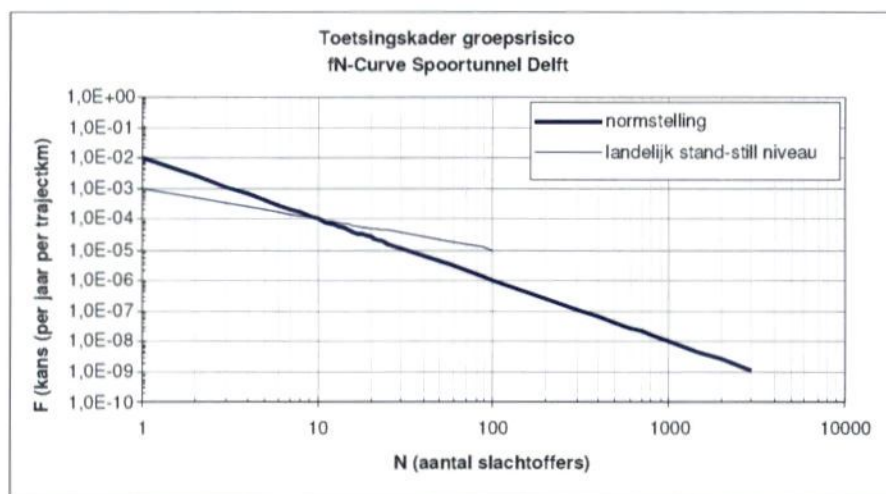
- het persoonlijk risico;
- het maatschappelijk risico of groepsrisico.

Op basis van de betreffende beleidsdocumenten en wet- en regelgeving zoals beschreven in hoofdstuk 2 wordt ten aanzien van de kwantificeerbaarheid voor de Spoorzone Delft het in tabel 3.1. opgenomen normenkader gehanteerd. Ten aanzien van het groeprisico wordt een normstelling conform het huidige beleid in nieuwe projecten aangehouden van $0,01/N^2$.

Tabel 3.1. Kwantitatief normenkader voor de spoortunnel Delft.

	risico normstelling
interne veiligheid	
- persoonlijk risico	$2,0 \cdot 10^{-10}$ per rzkm
- groeprisico	$0,01 / N^2$ per baanvakkm

Het stand-still niveau, zijnde het aanhouden van het vigerende veiligheidsniveau van het Nederlandse spoor, wordt voor het groeprisico niet als maatgevend toetscriterium verkozen. Dit stand-still niveau bedraagt voor het traject Delft $0,001/N$. Dit betekent dat ten aanzien van incidenten met meerdere slachtoffers het aanhouden van het stand-still niveau tot een minder 'streng' criterium leidt. In onderstaande figuur is dit in beeld gebracht. Het strengere criterium volgens het huidige beleid zijnde $0,01/N^2$ is zodoende als normstelling verkozen.



3.3.2. Beoordelingswijze

De veiligheidscriteria worden beoordeeld met behulp van 3 maatgevende ongevalscenario's:

1. Incident met gevaarlijke stoffen;
2. Brandincident in reizigerstrein;
3. Brandincident in goederentrein.

Deze keuze wordt toegelicht in bijlage II.

Op basis van kansen en kenmerken worden persoonlijk risico en groepsrisico bepaald.

3.4. Samenvattend

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de criteria waarop de interne veiligheid voor de alternatieven wordt beoordeeld:

Tabel 3.2. Beoordeling interne veiligheid

criterium	analysemethode	beoordelingscriteria	eenheid	beoordelingsscenario's
Interne veiligheid	Scenarioanalyse	proactie in ontwerp	Kwalitatief	- Brandincident in tunnel - Botsing in station met gevaarlijke stoffen - Brandincident in stationsgebouw
		Preventie	Kwalitatief	
		Zelfredzaamheid in tunnel	Kwalitatief	
		Zelfredzaamheid in station	Kwalitatief	
		hulpverlening in tunnel	Kwalitatief	
		hulpverlening in station	Kwalitatief	
	Kwantitatieve risicoanalyse	persoonlijk risico	risico per reizigerskilometer	- Incident met gevaarlijke stoffen - Brandincident in reizigerstreinen - Brandincident in goederentrein
		groepsrisico	fN-curve (kwantitatief)	

De uitkomsten van beide analysemethoden zijn absolute waarden, die vervolgens worden vergeleken met de referentiesituatie. Beide analyses vormen uiteindelijk de basis voor één oordeel (criterium) over de interne veiligheid. Dit criterium wordt in de effectvergelijking meegenomen.

4. HUIDIGE SITUATIE EN AUTONOME ONTWIKKELINGEN

4.1. Beoordeling referentiesituatie

In de huidige situatie en bij de autonome ontwikkelingen (referentiesituatie) is er sprake van een bovengrondse spoorligging, waarbij ten noorden van het station het spoor op een viaduct is gelegen. Langs het gehele tracé is zodoende sprake van een ligging in de open lucht. Indien incidenten optreden, waarbij sprake is van brand, rookontwikkeling en gevaarlijke stoffen, kunnen de gevolgen daarvan voor reizigers en andere gebruikers van het systeem, in verhouding met incidenten in een afgesloten tunnelomgeving, beperkt blijven. De rook- en overige brandgassen dan wel toxische stoffen zullen opstijgen of zich verspreiden, waarbij de risico's voor de treinreizigers beheersbaarder blijven. De evacuatie uit het station of vanaf het spoor zal evenals de bereikbaarheid, hulpverlening en repressie, voor de bovengrondse ligging goed en conform de huidige landelijke normen kunnen plaatsvinden.

Wel is er in de huidige situatie sprake van een viaduct, waarbij de interne veiligheid en met name de zelfredzaamheid en hulpverlening een aandachtspunt is. De vluchtmogelijkheden op het viaduct zijn enigszins beperkt, daar slechts in langsrichting langs de trein dan wel over het naastgelegen spoor gevlucht kan worden. Deze wijze van evacuatie brengt ten opzichte van een maaiveldligging tot een minder gunstig beeld. Naast de zelfredzaamheid wordt ook de hulpverlening door het hoogteverschil met de omgeving bemoeilijkt.

4.2. Conclusie veiligheidsniveau

De interne veiligheid speelt in de referentiesituatie wel een rol, maar is op voorhand aanmerkelijk gunstiger dan in de situaties, waarbij sprake is van een ondergrondse ligging van het spoor dan wel de perrons, in een tunnel¹. In een besloten tunnelomgeving zullen branden of incidenten met gevaarlijke stoffen zich snel ontwikkelen en verspreiden binnen de tunnel, waardoor de veiligheid van de reizigers eerder wordt bedreigd. De risico's in de referentiesituatie zijn zodoende veel kleiner in omvang dan bij aanwezigheid van een tunnel of overkapping. Daarnaast geldt dat de huidige situatie vergelijkbaar is met gelijksoortige baanvakken in Nederland en derhalve het intern veiligheidsniveau hiermee in overeenstemming is (score 0).

¹ De risico's in de huidige en autonome situatie zijn kwalitatief beoordeeld. Er zijn geen risicoberekeningen uitgevoerd voor deze situaties, omdat verwacht wordt dat de risico's veel lager zullen zijn dan de toekomstige situatie voor de Spoorzone waarbij sprake is van een spoortunnel. Daarnaast onderscheidt het huidige systeem zich ten aanzien van veiligheid niet van gelijksoortige baanvakken in Nederland.

5. MILIEUGEVOLGEN GEBRUIKSFASE

5.1. Inleiding

De resultaten van de beoordeling van de milieugevolgen inzake interne veiligheid worden in beeld gebracht met behulp van twee analysemethoden: de scenarioanalyse (5.3.) en de kwantitatieve risicoanalyse (5.4.). Optimalisatiemogelijkheden en aandachtspunten, uitkomsten uit beide analyses, worden behandeld in 5.5. Tenslotte wordt in 5.6. de eindbeoordeling interne veiligheid gepresenteerd.

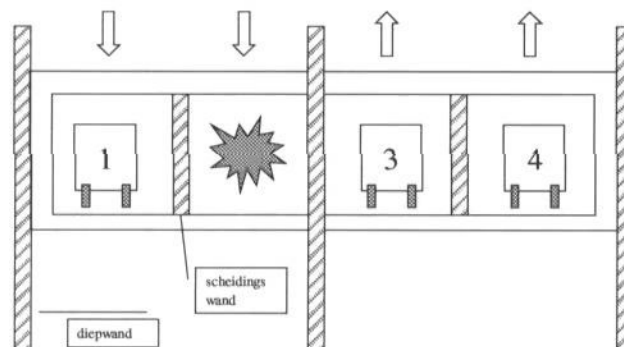
Alvorens in te gaan op de resultaten wordt eerst een korte toelichting gegeven op het basisveiligheidsconcept zoals dat ten grondslag ligt aan het ontwerp van de alternatieven.

5.2. Basis veiligheidsconcept voor de tunnel

De kenmerkende gegevens voor de tunnelgeometrie zijn weergegeven in tabel 5.1:

Tabel 5.1. Gehanteerde gegevens voor de tunnelgeometrie.

	lange tunnel	korte tunnel
Kokers	4	4
Scheiding tussen koker 1 en 2	Brandwerende tussenwand	Brandwerende tussenwand
Scheiding tussen 2 en 3	Diepwand	Diepwand
Station	2 eilandperrons	2 eilandperrons
Scheidingswanden tussen perrons	Open	Open
Ligging perron	Ondergronds	Bovengronds/ deels overkapt
Lengte tunneldeel	1496 m	1209 m
Lengte station/perron	340 m	350 m
Totale lengte	1836 m	1559 m



In de voorliggende ontwerpalternatieven is reeds voorzien in een aantal veiligheidsmaatregelen, ondersteund door een algemene veiligheidsfilosofie voor het gehele plangebied. Deze basismaatregelen zijn onderstaand beschreven, meer details worden in een later stadium van het ontwerp vastgelegd. Zie hiervoor ook het memo 'Maatregelpakketten Spoortunnel Delft' (lit. 5).

proactie in ontwerp - baanbeveiliging

- gescheiden kokers en dus gescheiden sporen in de tunnel. De kokers zijn gescheiden door een diepwand en door brandwerende tussenwanden zoals aangegeven in tabel 5.1;
- uitgangspunt is dat er geen wissels in de tunnel aanwezig zijn. Dit beperkt de interactie en de kans op botsingen;
- ontsporingseleiding is aanwezig in de tunnel (loopt bij korte tunnel ook door tot aan bovengrondse perrons). Dit beperkt de kans op en de gevolgen bij ontsporingen en in geval van gevaarlijke stoffen de kans op het openscheuren van tankwagons;

- aanwezigheid van automatische treinbeveiliging conform de Nederlandse standaard;
- scheiding van goederen en personen: goederen gaan pas de tunnelkoker in als het spoor in die tunnelbuis leeg is.

preventie – tunneltechnische installaties

Momenteel zijn voor de Spoorzone de volgende tunneltechnische installaties c.q. veiligheidsmaatregelen voorzien:

- een sprinkler in alle kokers waar goederentreinen doorheen rijden, tezamen met gecontroleerde afvoer vrijkomende gevaarlijke stoffen;
- tunnelventilatie (langsventilatie in alle tunnelkokers), gericht vanaf station;
- in station en op de perrons rook- en warmteafvoer installaties.

Als uitgangspunt voor interne veiligheid wordt verondersteld dat bovenstaande installaties aanwezig zijn in de tunnel. In de berekeningen komt dit terug als een kans- of effectreductie bij incidenten afhankelijk van de effectiviteit van de maatregel. De effecten van de aanwezigheid van de installaties worden in de gevoeligheidsanalyse meegenomen.

zelfredzaamheid in tunnel en station

Met betrekking tot de inwendige doorsnede is gekozen voor het principe van vluchten naar de veilige en trein vrij gemaakte naastgelegen tunnelbuis (in langsrichting). De uitgangspunten voor zelfredzaamheid zijn de volgende:

- vluchten langs de scheidingswand of via de perrons door de vluchtdeuren (om de 150 m) naar de trein vrij gemaakte veilige tunnelbuis;
- de eilandperrons zijn minimaal 10,8 m breed, om voldoende vluchtruimte te hebben in geval van calamiteiten;
- vluchttrappenhuizen aan de tunnelmonden en ter plaatse van de middenpompen-kelder halverwege tussen noordelijke tunnelmond en station;
- langsventilatie in tunnel moet de tunnel aan één zijde rookvrij houden en blaast vanaf het perron;
- Voldoende evacuatiemogelijkheden conform of gelijkwaardig aan eisen bouwbesluit voor snelle en adequate evacuatie van het station.

hulpverlening in tunnel en station

Voor de hulpverlening (brandweer en geneeskundige dienst) zijn de volgende voorzieningen getroffen:

- toetreding aan de tunnelmonden en het station en bij middenpompen-kelder;
- hydranten (droge blusleidingen) om de 75 m ter weerszijden van de scheidingsmuur.

5.3. Resultaten scenarioanalyse

5.3.1. Beoordeling veiligheidsprestatie

Voor elk van de alternatieven is per scenario gekeken naar het veiligheidsprestatieniveau, op basis van de betreffende veiligheidscriteria.

scenario 1: brandincident reizigerstrein in tunnel

Ten aanzien van een brandincident in de tunnel scoort het alternatief met een korte tunnel (KWZ) enigszins beter. Door de bovengrondse ligging zullen de treinen niet ondergronds stoppen en zullen zodoende minder complexe ondergrondse functies en interacties optreden, daarentegen is boven en rond het station wel sprake van een intensief ruimte- en functiegebruik. In het kader van het ontwerp en effectiviteit van maatregelen vormt de ondergrondse perrons een nadelige en complexe discontinuïteit. De zelfredzaamheid in de tunnel vindt plaats via de nooddeuren naar de naastgelegen veilige koker. Het vluchtprincipe is voor de alternatieven met korte en lange tunnel gelijk in opzet. De lange tunnel kent echter totaal beschouwd een grotere ondergrondse baanvaklengte, waardoor de kans op incidenten naar verhouding toeneemt. Daarnaast geldt dat men in de korte tunnel in algemeenheid eerder de veilige bovengrondse omgeving bereikt, waar de directe brand/rook bedreiging afneemt.

Het alternatief met lange tunnel, westelijk tracé en noordelijk gepositioneerd station heeft kantperrons, hetgeen het vluchtproces van het station en ook de toetreding van de hulpverlening minder eenduidig

zal maken. Een bovengronds station en de kortere tunnel biedt een betere toetreding van de hulpverlening. Het station van het alternatief met lange tunnel, oostelijk tracé en noordelijk gepositioneerd station ligt centraal in de tunnel, waardoor ten opzichte van de andere lange alternatieven de toegankelijkheid van beide tunneldelen toeneemt.

Bij de korte tunnelalternatieven zal de Irenetunnel als onderdoorgang voor de tram gehandhaafd blijven. In deze veiligheidsanalyse wordt verondersteld dat de veiligheidsproblematiek van deze Irenetunnel losstaand zal worden ingevuld en zodoende niet bepalend is voor de onderlinge vergelijking van de alternatieven. De aandacht richt zich zodoende op de spoortunnel en het station.

Tabel 5.2. Vergelijking veiligheidsprestatie scenario 1

brandincident in tunnel (scenario 1)	LON	LOZ	LWN	LWZ	KWZ	LWN +VLS	LWZ +VLS	KWZ +VLS
Veiligheids criterium								
Proactie in ontwerp	-	-	-	-	0	-	-	0
Preventie	-	-	-	-	+	-	-	+
Zelfredzaamheid								
In tunnel	-	-	-	-	0	-	-	0
Via station	-	-	--	-	+	--	-	+
Hulpverlening								
In tunnel	-	-	-	-	0	-	-	0
Via station	-	--	--	--	+	--	--	+
Totaal (ongewogen)	-	-	--	-	+	--	-	+

scenario 2: botsing goederen- en reizigerstrein op station

De alternatieven met een lange tunnel kennen ondergrondse perrons, waardoor incidenten met gevaarlijke stoffen in de tunnel ook de wachtende reizigers op het perron kunnen bedreigen. Voor de bovengrondse perrons zullen de gevolgen (afhankelijk van de 'openheid' van het station) bij dergelijke incidenten in algemeenheid kleiner zijn. De preventieve maatregelen inzake het beheersen van een incident met gevaarlijke stoffen zal (deels afhankelijk van het type) voor de gecombineerde tunnel en station moeilijker zijn vergeleken met de korte tunnel, waarbij bijvoorbeeld de keuze en werking van langsventilatie eenduidig is en het station geen belemmerende factor vormt. Voor incidenten met gevaarlijke stoffen in het station zullen ook eventuele reizigerstreinen aanwezig in de aansluitende tunnelkokers geëvacueerd moeten worden, hetgeen de zelfredzaamheid bij een lange tunnel nadelig beïnvloedt. De kantperrons van alternatief LWN kennen zowel ten aanzien van evacuatie als hulpverlening een nadeel ten opzichte van de eilandperrons van de overige alternatieven.

Tabel 5.3. Vergelijking veiligheidsprestatie scenario 2

botsing bij station en vrijkomen gevaarlijke stoffen (scenario 2)	LON	LOZ	LWN	LWZ	KWZ	LWN +VLS	LWZ +VLS	KWZ +VLS
Veiligheids criterium								
Proactie in ontwerp	--	--	--	--	+	--	--	+
Preventie	-	-	-	-	+	-	-	+
Zelfredzaamheid								
vanuit tunnel	-	-	-	-	0	-	-	0
In station	-	-	--	-	+	--	-	+
Hulpverlening								
In tunnel	-	-	-	-	0	-	-	0
In station	-	-	--	-	++	--	-	++
Totaal (ongewogen)	-	-	--	-	+	--	-	+

scenario 3: brand in stationsgebouw

De maaiveldoriëntatie van het station alsmede de compactheid van de OV-knoop en mate van integratie van verschillende functies (parkeren, station, fietsenstalling en busstation) kunnen de gevolgen en omvang van een incident in het stationsgebouw beïnvloeden. De opzet van het station is zeer compact bij het alternatief met lange tunnel, oostelijk tracé en noordelijk gepositioneerd station, alsmede bij het alternatief met korte tunnel, westelijk tracé en zuidelijk gepositioneerd station (LOZ en KWZ). De bovengrondse ligging van de perrons bij laatstgenoemd alternatief (KWZ) biedt bij evacuatie enig voordeel.² De alternatieven met lange tunnel, oostelijk tracé en zuidelijk gepositioneerd station, en lange tunnel, westelijk tracé en noordelijk gepositioneerd station (LOZ en LWN) kennen een iets ruimere opzet van stationsomgeving, terwijl het alternatief met lange tunnel, westelijk tracé en zuidelijk gepositioneerd station de meest ruime opzet kent en derhalve vanuit proactie relatief goed scoort.

Vanuit preventiekant zal de effectiviteit van maatregelen ook voor een belangrijk deel afhankelijk zijn van de complexiteit en onderlinge verwevenheid van de verschillen gebouwomgevingen. Onderlinge beïnvloeding kan zodoende bij zware incidenten niet altijd middels voorzieningen vermeden worden.

Voor de zelfredzaamheid geldt dat snel een veilige omgeving bereikt moet kunnen worden. De tijd hiervoor benodigd zal deels afhangen van het aantal mensen dat bij het incident (direct of indirect) betrokken raakt en de lengte van de vluchtroutes. Bij de complexe en compacte knooppunten met meerdere bouwlagen en verstrengelde functies staat deze evacuatie onder druk.

Voor de hulpverlening zal met name de bereikbaarheid van het incident een bepalende factor zijn. De alternatieven met zuidelijke stationslocaties en de korte tunnel scoren ten aanzien hiervan aanmerkelijk beter.

Tabel 5.4. Vergelijking veiligheidsprestatie scenario 3

brandincident in station(gebouw) (scenario 3)	LON	LOZ	LWN	LWZ	KWZ	LWN +VLS	LWZ +VLS	KWZ +VLS
Veiligheidscriterium								
Proactie in ontwerp	--	-	-	0	0	-	0	0
Preventie	--	-	-	-	+	-	-	+
Zelfredzaamheid								
In tunnel	0	0	0	0	0	0	0	0
In station/gebouw	-	-	-	0	+	-	0	+
Hulpverlening								
In tunnel	0	0	0	0	0	0	0	0
In station	--	0	--	0	+	--	0	+
Totaal (ongewogen)	--	-	-	0	+	-	0	+

5.3.2. Conclusie kwalitatieve scenarioanalyse

In onderstaande tabel zijn de deelbeoordelingen van de veiligheidscriteria per scenario samengevat. Deze vergelijking biedt zodoende op basis van systeemkenmerken en conceptuele keuzes inzicht in de veiligheidsprestatie van de alternatieven.

² De aanwezige geluidschermen langs de perrons kunnen mogelijk deels als belemmering van het vluchtproces worden aangemerkt. Totaal beschouwd is echter sprake van betere vluchtmogelijkheden, indien vergeleken met ondergrondse perrons, terwijl daarnaast de bedreiging van het incident bovengronds afneemt.

Tabel 5.5. Onderlinge vergelijking op basis van kwalitatieve scenarioanalyse

beoordelingsscenario	LON	LOZ	LWN	LWZ	KWZ	LWN +VLS	LWZ +VLS	KWZ +VLS
Brandincident in tunnel (scenario 1)	-	-	--	-	+	--	-	+
Botsing in station met GS (scenario 2)	-	-	--	-	+	--	-	+
Brandincident stationsgeb.(scenario 3)	--	-	-	0	+	-	0	+
totaal (ongewogen)	-	-	--	-	+	--	-	+

De alternatieven met een korte tunnel scoren bij scenario 1 hoger door de betere mogelijkheden voor o.a. zelfredzaamheid en hulpverlening.³

De scheiding van station en tunnel en de bovengrondse ligging van deze alternatieven met korte tunnel, leiden tot een eenduidiger ontwerp, waarbij middels veiligheidsvoorzieningen en preventie een hoger veiligheidsniveau bereikt kan worden. De alternatieven met lange tunnel hebben een langere vluchtroute en zijn moeilijker toegankelijk. Het alternatief met lange tunnel, westelijk tracé en noordelijke ligging scoort het slechtst vanwege de zijperrons, die de ruimte voor vluchten en zelfredzaamheid beperken. De overige alternatieven hebben eilandperrons.

Ook voor scenario 2 is het beeld vergelijkbaar en scoren de alternatieven met korte tunnel beter op zelfredzaamheid en hulpverlening maar ook ten aanzien van de beperking van het aantal reizigers dat bij een incident betrokken kan raken. Bij de alternatieven met lange tunnel is namelijk sprake van één aaneengesloten ondergrondse ruimte van station en tunnel, waarbinnen het incident zich kan verspreiden.

In scenario 3 blijkt dat bij de alternatieven met lange tunnel de toegankelijkheid van de hulpverlening onder druk staat vanwege de ligging en layout van het station. Vanwege de hoge compactheid rond de tunnels met een noordelijk gepositioneerd station scoren deze lager dan de alternatieven met een zuidelijk gepositioneerd station.

De alternatieven met behoud van de panden aan de Van Leeuwenhoeksingel zijn wat betreft interne veiligheid niet onderscheidend van de alternatieven zonder behoud van de panden aan de Van Leeuwenhoeksingel.

5.4. Resultaten kwantitatieve risicoanalyse

5.4.1. Onderscheid naar korte en lange tunnel

Bij de risicoanalyse voor interne veiligheid is uitgegaan van twee representatieve alternatieven, die onderling worden vergeleken:

- een alternatief met een korte tunnel;
- een alternatief met een lange tunnel.

De variatie in ligging van het tracé (oost of west) en in ligging van het station (noord of zuid) wordt als niet onderscheidend beschouwd voor interne veiligheid. Bij alternatieven met een westelijk tracé en een noordelijk gepositioneerd station liggen de ondergrondse perrons wel iets noordelijker dan de perrons bij een zuidelijk gepositioneerd station, maar deze verschillen komen niet terug in de risicoberekeningen.

³ Ondanks de hoge ligging van de perrons zal bij het alternatief met korte tunnel, westelijk tracé en zuidelijk gepositioneerd station de tunnel en het station beter toegankelijk zijn voor de hulpdiensten. Belangrijk aspect hierbij is dat door de bovengrondse ligging de perrons bij incidenten niet direct door het incident bedreigd worden en zodoende kunnen fungeren als veilige zone voor vluchtenden en van waaruit de tunnel kan worden betreden.

Tevens heeft het wel of niet behouden van de panden aan de Van Leeuwenhoeksingel geen invloed op de interne veiligheid van de tunnel. Daarom zijn de risicoberekeningen voor interne veiligheid gericht op het onderscheid tussen de korte en lange tunnel.

5.4.2. Risicoanalyse

scenario 1: vervoer gevaarlijke stoffen

uitgangspunten

Voor dit MER zijn, analoog aan de werkwijze in 'De effectberekening vervoer gevaarlijke stoffen Spoorzone Delft' (lit 3.), de alternatieven doorgerekend met zowel de huidige vervoersaantallen (vervoersscenario III), als de twee karakteristieke scenario's behorende bij categorie 3a van het RVGS-spoor (vervoersscenario I en vervoersscenario II).

De volgende uitgangspunten zijn gehanteerd in de berekeningen:

- geen wissels in de tunnel;
- snelheid goederentreinen (zijnde doorgaand) boven 40 kilometer per uur;
- ontsporingsgeleiding aanwezig in de tunnel;
- sprinkler aanwezig in de tunnel;
- ventilatie (rook en warmteafvoer) aanwezig in tunnel en op perrons.

Ontsporinggeleiding zal de gevolgen van ontsporing en de kans hierbij op het openhalen van de tankwagons beperken. Bij de berekeningen voor interne veiligheid van de spoortunnel in Delft is daarom een reductiefactor van 10 gehanteerd voor de combinatie ontsporingkans/uitstroomkans.

resultaten persoonlijk risico

Door de sommatie van de mogelijke letaliteit voor de verschillende scenario's en rekening houdende met incidenten in de tunnel dan wel langs het perron is het totale risico voor het betreffende baanvak per jaar bepaald. Door te delen door het aantal reizigerskilometers per jaar ligt het persoonlijk risico vast. Voor de verschillende alternatieven leidt dit tot:

Tabel 5.6. Persoonlijk risico reizigers door gevaarlijke stoffen

	lange tunnel [- / reizigerkilometer]	korte tunnel [- / reizigerkilometer]
Persoonlijk risico door Gevaarlijke stoffen		
Vervoersscenario I	$8,1 \cdot 10^{-14}$	$3,5 \cdot 10^{-14}$
Vervoersscenario II	$1,3 \cdot 10^{-12}$	$2,7 \cdot 10^{-13}$
Vervoersscenario III	$3,7 \cdot 10^{-14}$	$8,5 \cdot 10^{-15}$
Normstelling PR	$2,0 \cdot 10^{-10}$	

Er dient te worden opgemerkt dat het persoonlijk risico zoals bovenstaand gepresenteerd slechts een deel van het totaal aan bedreigingen voor de reizigers 'dekt' en alleen gericht is op scenario's en gevolgen voor het vervoer van gevaarlijke stoffen. Een absolute toetsing aan de 'integrale' norm is zodoende niet mogelijk. De overige scenario's/bedreigingen als brand in reizigerstrein (zie volgende paragraaf) en de risico ten aanzien van aanrijdingen, overwegen, in- en uitstappen en botsingen dienen hierbij ook betrokken te worden. In paragraaf 3.3.2. is echter reeds aangegeven dat laatstgenoemde risico's niet onderscheidend zijn voor de alternatieven.

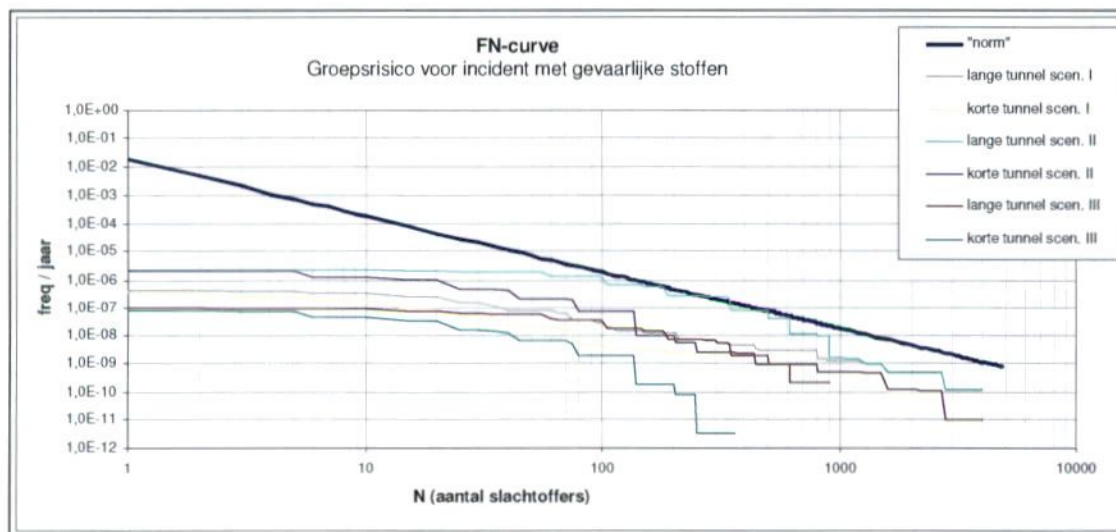
Op basis van de toets/spiegeling aan de norm kunnen de volgende conclusies worden getrokken ten aanzien van het persoonlijk risico door gevaarlijke stoffen:

- het risico voor zowel de alternatieven met een lange als korte tunnel voldoet voor alle vervoersscenario's aan de normstelling en ligt hier zelfs aanmerkelijk onder (minimaal factor 100 lager);

- het risico bij de alternatieven met een lange tunnel is hoger dan voor de alternatieven met een korte tunnel, afhankelijk van het type vervoersscenario bedraagt dit een factor 2 tot 5;
- vervoersscenario II kent een hoger risico indien vergeleken met vervoersscenario I (factor 8 tot 15). Dit is met name het gevolg van de hoge bijdrage en kansen door de aanwezigheid van toxische en zeer toxische vloeistoffen. Vervoersscenario III (huidige vervoersaantallen) kent het laagste risico.

resultaten groepsrisico

In onderstaande afbeelding is voor de verschillende alternatieven en vervoersscenario's de groepsrisicocurve weergegeven voor het deelrisico 'Incident met gevaarlijke stoffen'⁴.



Ten aanzien van het groepsrisico kunnen de volgende conclusies worden getrokken.

- algemeen: Voor zowel de alternatieven met een korte als lange tunnel is sprake van een ligging van de groepsrisicocurve onder de norm. Uitzondering hierop is het scenario II voor de lange tunnel, waar de groepsrisicocurve de norm raakt;
- lange/korte tunnel: Per vervoersscenario beschouwd liggen de alternatieven met een korte tunnel in risiconiveau onder de waarde voor de alternatieven met een lange tunnel. Met name ten aanzien van scenario's met grote aantallen slachtoffers leiden de alternatieven met een korte tunnel tot een beter risicoprofiel. Voor scenario II geldt bijvoorbeeld een 2 maal lagere kans op een incident met 10 slachtoffers en een 10 maal lagere kans op een incident met 100 slachtoffers indien sprake is van de korte tunnel.
- vervoersscenario's: Scenario III kent door de beperkte vervoersaantallen het laagste groepsrisico. Scenario I ligt hier boven, terwijl scenario II duidelijk het meest ongunstig is.

Ten aanzien van de bijdragen van de verschillende stofcategorieën aan het groepsrisico kunnen per vervoersscenario de volgende conclusies worden getrokken. Ten aanzien van de bijdrages is geen onderscheid tussen de alternatieven met korte of lange tunnel aan te geven:

- vervoersscenario I: het totale groepsrisico wordt voor de kleinere aantallen slachtoffers (tot circa 300) bepaald door de incidenten met zeer brandbare vloeistoffen. Bij de zeer grote aantallen slachtoffers (boven de 1000) is de koude BLEVE⁵ van toxische gasen bepalend;

⁴ Deze curve is gepresenteerd voor het gehele beschouwde tunneltraject en niet per kilometer. De norm is hier naartoe vertaald, waardoor een absoluut vergelijk mogelijk is.

⁵ * BLEVE staat voor Boiling Liquid Expanding Vapour cloud Explosion, hetgeen vrij vertaald neerkomt op een expanderende vuurbal van gas (indien brandbaar).

- vervoersscenario II: het totale groepsrisico wordt voor de kleine tot grote aantallen slachtoffers (tot circa 1000) bepaald door de incidenten met (zeer) toxische vloeistoffen. Bij nog grotere aantallen slachtoffers is de koude BLEVE van toxische gassen bepalend;
- vervoersscenario III: de toxische vloeistof (ammonia, in deze studie ingedeeld bij stofcategorie D3) is met een bijdrage van ongeveer 85% dominant.

scenario 2: brandincidenten reizigerstrein

Ten aanzien van de risico's behorende bij brandincidenten in reizigerstreinen is een vereenvoudigde kwantitatieve verkenning van het persoonlijk risico en groepsrisico uitgevoerd. Doel hiervan is enerzijds de orde grootte van het risico te bepalen en anderzijds het onderscheid tussen de korte en lange tunnelalternatieven inzichtelijk te maken.

resultaten persoonlijk risico

Door de sommatie van de mogelijke letaliteit voor de verschillende scenario's is het totale risico voor het betreffende baanvak per jaar bepaald. De scenario's betreffen de locatie van het brandincident (in tunnel of perron), de ontwikkelingssnelheid en het tijdstip (spits of daluren).

Door het gesommeerde risico op letaliteit bij een brandincident te delen door het totaal aantal reizigerskilometers per jaar door de tunnel ligt het persoonlijk risico vast. Voor de tunnelalternatieven leidt dit tot:

Tabel 5.7. Persoonlijk risico reizigers door brand in reizigerstrein

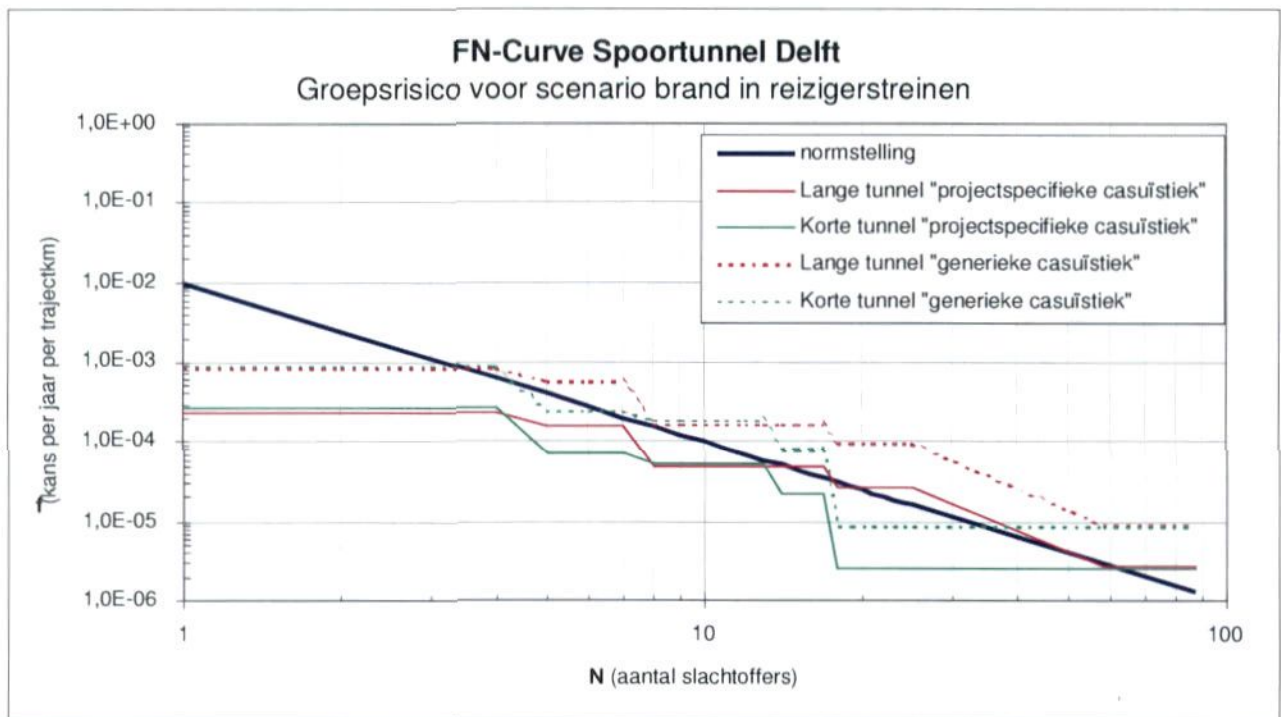
persoonlijk risico (brand in reizigerstrein)	lange tunnel [- / reizigerkilometer]	korte tunnel [- / reizigerkilometer]
Casuïstiek projectspecifiek Delft	$2,1 \cdot 10^{-11}$	$1,7 \cdot 10^{-11}$
Rudimentaire casuïstiek	$7,4 \cdot 10^{-11}$	$6,0 \cdot 10^{-11}$
Normstelling PR	$2,0 \cdot 10^{-10}$	

Op basis van bovenstaand overzicht en de toets/spiegeling aan de norm kunnen de volgende conclusies worden getrokken ten aanzien van het persoonlijk risico door brand in reizigerstreinen en goederentreinen:

- het totale persoonlijk risico voldoet voor zowel de projectspecifieke casuïstiek als ook voor de meer generieke casuïstiek aan de normstelling. Rekening houdend met de specifieke kenmerken van het systeem ligt het persoonlijk risico een factor 10 lager dan de norm;
- de alternatieven met een korte tunnel kennen een enigszins lager persoonlijk risico (factor 1,2) dan de alternatieven met een lange tunnel. Dit is het gevolg van de kortere lengte van de tunnel, waardoor de kans op een brandincident in de besloten tunnelomgeving kleiner is. Daarnaast zal bij de bovengrondse perrons de kans op letaliteit en derhalve het risico voor de reiziger enigszins kleiner zijn indien vergeleken met de ondergrondse perrons van de lange tunnel;
- het persoonlijk risico als gevolg van een brandscenario in een reizigerstrein ligt aanmerkelijk boven het risico als gevolg van incidenten met gevaarlijke stoffen. De bijdrage van het vervoer van gevaarlijke stoffen is hierbij zelfs verwaarloosbaar.

resultaten groepsrisico

In onderstaande afbeelding is de groepsrisicocurve (fN-curve) voor de korte- en lange tunnel weergegeven voor het deelrisico 'brand in een reizigerstrein'.



Op basis van de indicatieve berekeningen kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- Het groepsrisico door brand in een reizigerstrein is voor de alternatieven met een korte tunnel grotendeels onder de normlijn gelegen. Bij scenario's met slachtofferaantallen boven de 60 is sprake van enige overschrijding.
- Voor de alternatieven met een lange tunnel is het berekende groepsrisico vrijwel gelijk aan de normstelling en is lokaal sprake van kleine overschrijdingen. Opgemerkt wordt dat sprake is van globale verkennende berekeningen, waarbij een zeer gedetailleerde toetsing niet mogelijk is. Indien vergeleken met het vigerend stand-still niveau van het Nederlandse Spoor is geen sprake van een overschrijding van het actuele Nederlandse veiligheidsniveau.
- Het onderscheid tussen de alternatieven met een korte en lange tunnel varieert per deelscenario maar is relatief gering. De betere vluchtmogelijkheden bij de bovengrondse perrons (korte tunnel) komen tot uiting in de lagere kans op slachtofferaantallen van 20 tot 60 personen.
- De kans op scenario's met slachtofferaantallen boven de 100 bij brandincidenten in reizigerstreinen wordt bij het vigerend veiligheidsconcept/ontwerp verwaarloosbaar geacht.
- Het groepsrisico door brand in een reizigerstrein is aanmerkelijk hoger dan het risico als gevolg van het vervoer van gevaarlijke stoffen. Laatstgenoemd risico is hierbij zelfs verwaarloosbaar voor zover sprake is van incidenten tot 100 slachtoffers. Sprake is van een hoge reizigerstreinintensiteit, een relatief grote kans op een brandincident (indien vergeleken met de kansen bij vervoer gevaarlijke stoffen) en een grote kans op een treinstop, hetgeen tezamen leidt tot de gepresenteerde hoge groepsrisico-waarden. Voor slachtofferaantallen boven de 100 blijft het vervoer van gevaarlijke stoffen bepalend.

Opgemerkt wordt dat sprake is van een deelbeschouwing, daar meerdere bedreigingen voor de reiziger optreden, zoals de eerder beschouwde effecten van het vervoer van gevaarlijke stoffen. Zoals in 3.3.2. vermeld, worden in het kader van dit MER met name de voor de alternatieven onderscheidende scenario's beschouwd. Daarnaast geldt dat het risico van brand in een reizigerstrein voor de tunnel in Delft dominant is voor scenario's tot 100 personen, terwijl daarboven het effect van het vervoer van gevaarlijke stoffen bepalend is.

scenario 3: brand in goederentrein (geen gevaarlijke stoffen)

Naast incidenten met gevaarlijke stoffen kunnen ook branden in de goederenlocomotief of de ander-soortige wagonladingen optreden. De kans op dergelijke branden is op basis van casuïstiek ingeschat als $1,6 \cdot 10^{-8}$ per trein km. Rekening houdend met de ten opzichte van het gevaarlijke stoffenvervoer aanmerkelijk hogere intensiteit van 'gewoon' goederenvervoer volgt een kans op brand die enkele or-den hoger is dan de incidentkansen bij gevaarlijke stoffen. De ontwikkelingssnelheid van dergelijke branden is naar verwachting lager, waardoor personen aanwezig in de andere kokers en op het station zichzelf tijdig in veiligheid kunnen brengen. De letaliteitsfactor (schade) is hierdoor laag ingeschat, waarbij tevens de sprinkler een zeer effectieve bestrijding van de brand kan verzorgen.

Resumerend leidt dit, bij de aanwezigheid van sprinkler, tot een te verwaarlozen risicobijdrage voor de reizigers.

5.4.3. Conclusies risicoanalyse

De kwantitatieve risicoanalyse biedt inzicht in het interne veiligheidsniveau voor de alternatieven met een korte en lange tunnel ten aanzien van de incidenten met gevaarlijke stoffen, branden in reizigers-treinen en in goederentreinen. De onderstaande conclusies kunnen worden getrokken:

persoonlijk risico

Het persoonlijk risico voldoet ten aanzien van het effect van het vervoer van gevaarlijke stoffen ruim (minimaal factor 100 lager) aan de normstelling. Het risico bij de alternatieven met een lange tunnel is een factor 2 tot 5 hoger dan bij de alternatieven met een korte tunnel, voornamelijk het gevolg van de lengte van het gesloten deel van de tunnel alsmede het verhoogde risico voor de reiziger op het onder-grondse station.

Ook het persoonlijk risico bij brandincidenten in reizigerstreinen ligt voor zowel de alternatieven met een korte als lange tunnel aanmerkelijk (factor 10) onder de normstelling. Het onderscheid tussen een korte en de lange tunnel is gering, waarbij de korte tunnel een enigszins lager risico kent. De tunnel-baanvakdelen zijn bepalend, waardoor het effect van de onder- dan wel bovengrondse perrons minder prominent is.

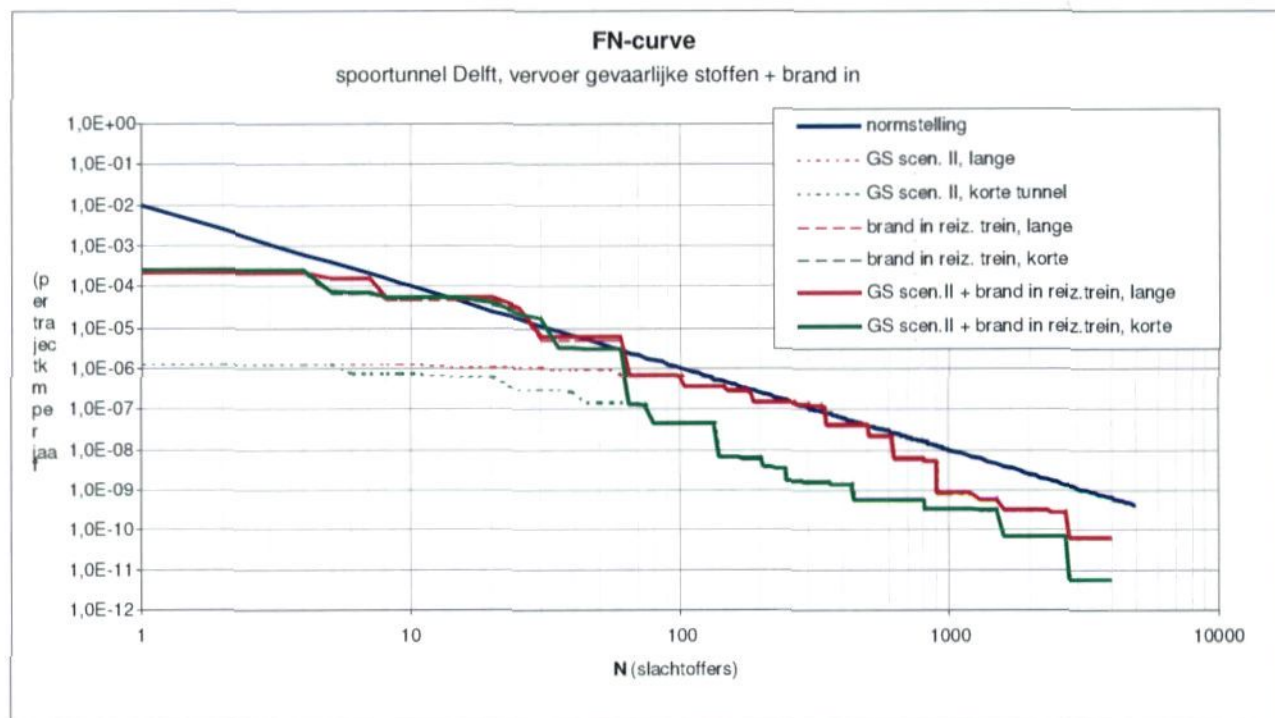
Het risico van brandincidenten is ten opzichte van de risico's verbonden aan het vervoer van gevaarlij-ke stoffen dominant. Het onderscheid tussen de korte en de lange tunnel wordt zodoende eveneens bepaald door de brandincidenten en is totaal beschouwd gering.

groepsrisico

Het groepsrisico verbonden aan het vervoer van gevaarlijke stoffen voldoet met een ligging onder de normcurve aan de normstelling. Bij het vervoersscenario II raakt de risicocurve van de alternatieven met een lange tunnel juist de normlijn. Met name ten aanzien van incidenten met grote aantallen slachtof-fers leiden alternatieven met een korte tunnel tot een beter risicoprofiel, met name als gevolg van de kleinere kans op slachtoffers op de bovengrondse perrons.

Het groepsrisico bij brandincidenten manifesteert zich slechts voor incidenten tot 100 slachtoffers en is voor dit bereik ten opzichte van het effect van gevaarlijke stoffen dominant. Voor de alternatieven met een korte tunnel is het groepsrisico grotendeels onder de normlijn gelegen, terwijl voor de alternatieven met een lange tunnel lokaal sprake is van een overschrijding van de norm. Het onderscheid tussen de korte en lange tunnel varieert per deelscenario maar is relatief gering. De betere vluchtmogelijkheden bij de bovengrondse perrons reduceert met name de kans op incidenten met slachtofferaantallen van 20 tot 60 personen.

In onderstaande figuur is het groepsrisico ten aanzien van het vervoer van gevaarlijke stoffen (GS-scenario's) en van brandincidenten in reizigerstreinen gesommeerd weergegeven voor zowel de alternatieven met een korte als lange tunnel en uitgaande van het maatgevende vervoersscenario II⁶.



Resumerend geldt dat ten aanzien van brandincidenten, met slachtofferaantallen tot 100 personen, de berekende groepsrisico's van de alternatieven met een korte dan wel lange tunnel slechts in geringe mate onderscheidend zijn. Voor de incidenten met gevaarlijke stoffen en mogelijk grotere aantallen slachtoffers leiden alternatieven met een korte tunnel wel tot een onderscheidend beter risicoprofiel.

Tabel 5.8. Onderlinge vergelijking op basis van de kwantitatieve risicoanalyse⁷

beoordelingsaspect	LON	LOZ	LWN	LWZ	KWZ	LWN +VLS	LWZ +VLS	KWZ +VLS
Persoonlijk risico	-	-	-	-	0	-	-	0
Groepsrisico								
- brandincidenten reizigerstreinen	-	-	-	-	0	-	-	0
- incidenten gevaarlijke stoffen	-	-	-	-	+	-	-	+
Totaal (ongewogen)	-	-	-	-	0	-	-	0

Noot: In bovenstaande tabel is gekozen voor een beoordeling middels een onderlinge vergelijking van de alternatieven, zonder gebruik te maken van een absolute referentiewaarde.

5.5. Optimalisatiemogelijkheden en aandachtspunten

De veiligheidsanalyses geven tevens inzicht in optimalisatiemogelijkheden voor het ontwerp en aandachtspunten waarmee de interne veiligheid verhoogd kan worden.

⁶ Door de logaritmische optelling vallen de totalen deels samen met de binnen de range dominante deelsscenario's.

⁷ Voor de kwantitatieve vergelijking is slechts het onderscheid korte tunnel met bovengrondse perrons dan wel lange tunnel met ondergrondse perrons onderscheidend.

Ten aanzien van ontwerp wordt berekend dat een sprinkler leidt tot een aanmerkelijke verlaging van het *groepsrisico bij brandincidenten met meerdere slachtoffers en dat ontsporingsgeleiding en langsventilatie* beide leiden tot een aanmerkelijke risicoreductie. Een voorbeeld van de aandachtspunten is het risicoverminderende voorstel voor nachtelijk vervoer van gevaarlijke stoffen en/of geen vervoer gevaarlijke stoffen tijdens de spits toe te staan. Een gedetailleerde uitwerking is gepresenteerd in bijlage IV.

5.6. Resumé beoordeling

In onderstaande tabel zijn de effecten voor het thema interne veiligheid uitgedrukt in kwalitatieve scores (-- = zeer negatief, - = negatief, 0 = neutraal, + = positief, ++ = zeer positief). De resultaten van de kwalitatieve en kwantitatieve analyse vormen een absoluut oordeel over de interne veiligheid.

Tabel 5.9. Overzicht van de milieugevolgen voor het thema interne veiligheid

analysemethode	LON	LOZ	LWN	LWZ	KWZ	LWN +VLS	LWZ +VLS	KWZ +VLS
Kwalitatieve scenarioanalyse	-	-	--	-	+	--	-	+
Kwantitatieve risicoanalyse	-	-	-	-	0	-	-	0
Eindoordeel	-	-	--	-	0	--	-	0

toelichting resultaat kwalitatieve scenarioanalyse

De alternatieven met korte tunnel hebben een bovengronds station, en verkrijgen ten aanzien van interne veiligheid de meest positieve beoordeling. Op grond van interne veiligheid scoren de alternatieven met korte tunnel goed vanwege de ligging van het station (perrons) op het maaiveld en de hogere mate van zelfredzaamheid.

De alternatieven met lange tunnel scoren vooral slechter vanwege de ondergrondse perrons. Voor zowel het deels gesloten bovengrondse station als het ondergrondse station geldt dat de scenario's in de tunnel kunnen 'uitstralen' naar het station. Tevens kan bij de ondergrondse perrons bij een incident mogelijk niet meer gegarandeerd worden dat er een 'veilige buis' is. De zelfredzaamheid komt dan onder druk. Het aantal bij een incident betrokken personen kan zodoende in spitsituaties sterk oplopen tot ruim boven de duizend.

De vluchtsituaties in de stations zullen voor alle alternatieven ondersteund worden door rook- en warmteafvoer installaties, opdat ook voor de ondergrondse stations een acceptabel evacuatieconcept wordt bereikt. Het bovengrondse station zal echter ten aanzien van evacuatiemogelijkheden beter blijven presteren.

Wat betreft zelfredzaamheid en bereikbaarheid voor hulpverlening scoren van de lange tunnels de alternatieven met zuidelijk gepositioneerde stations (LWZ en LOZ) beter dan de alternatieven met noordelijk gepositioneerde stations (LWN en LON). Dit hangt samen met de hoge compactheid van deze alternatieven.

toelichting resultaat kwantitatieve risicoanalyse

Het persoonlijk risico voldoet ten aanzien van het effect van het vervoer van gevaarlijke stoffen, alsmede ten aanzien van brandincidenten, aan de normstelling.

Het onderscheid tussen de alternatieven met korte en lange tunnel wordt hoofdzakelijk bepaald door de brandscenario's in de reizigers-treinen en is indien het totale persoonlijk risico wordt beschouwd gering. Voor het scenario gevaarlijke stoffen is het verschil enigszins groter, maar liggen de risico's verder onder de norm.

Het groepsrisico verbonden aan het vervoer van gevaarlijke stoffen voldoet in algemeenheid met een ligging onder de normcurve aan de normstelling. Bij het vervoersscenario II raakt de risicocurve van de alternatieven met een lange tunnel juist de normlijn. Het groepsrisico bij brandincidenten ligt juist rond de normstelling.

Met name ten aanzien van incidenten met grote aantallen slachtoffers (gevaarlijke stoffen) leiden de alternatieven met korte tunnel tot een beter risicoprofiel, dit voornamelijk als gevolg van de kleinere kans op slachtoffers op de bovengrondse perrons. Voor de brandincidenten met slachtofferaantallen tot 100 personen is het onderlinge verschil beperkt, waarbij de alternatieven met korte tunnel het laagste risicoprofiel kent.

eindbeoordeling

In de eindbeoordeling worden de uitkomsten van beide analyses met de referentiesituatie vergeleken; hierdoor worden bovenstaande uitkomsten relatief ten opzichte van de referentiesituatie.

Interne veiligheid speelt nauwelijks een rol in de referentiesituatie aangezien er sprake is van een bovengrondse spoorligging (zie hoofdstuk 4). De referentiesituatie wordt dan ook als neutraal beschouwd. Hierdoor verschuiven de absolute waarden zoals aangegeven in beide analyses en is de totaalwaardering van interne veiligheid negatief.

In onderstaande tabel worden de acht alternatieven beoordeeld ten opzichte van de referentiesituatie. Hierbij is gebruik gemaakt van een zeven-puntsschaal⁸ in plaats van een vijf-puntsschaal, om de verschillen tussen de alternatieven inzichtelijk te houden.

Tabel 5.10. Beoordeling interne veiligheid ten opzichte van referentiesituatie

Beoordelings-Criterium	Referentie	LON	LOZ	LWN	LWZ	KWZ	LWN +VLS	LWZ +VLS	KWZ +VLS
Interne veiligheid	0	--	--	---	--	-	---	--	-

Het ondergronds brengen van het spoor in een tunnel heeft in principe een negatief effect op de interne veiligheid. De alternatieven met een lange tunnel scoren, indien de interne veiligheid overall wordt beschouwd, slechter dan de alternatieven met een korte tunnel. Dit vanwege de ongunstige interactie met de ondergrondse perrons en vanwege de lengte van de tunnel. Deze conclusies worden zowel door de kwalitatieve scenarioanalyse als door de kwantitatieve risicoanalyse ondersteund. Het alternatief met lange tunnel, westelijk tracé en noordelijk gepositioneerd station is het minst gunstig (---). Het relatieve verschil tussen de korte en lange tunnel varieert enigszins per incidentscenario en beoordelingsaspect (persoonlijk- dan wel groepsrisico).

Door allerlei (ontwerp)maatregelen te treffen en de tunnel wat betreft veiligheid te optimaliseren wordt de interne veiligheid positief beïnvloed. Een groot aantal maatregelen als gescheiden tunnelkokers, ontsporingsgeleiding, sprinkler en langsventilatie vormt al onderdeel van het ontwerp. Deze maatregelen nemen in feite een deel van de verschillen tussen de tunnelalternatieven weg. Uiteindelijk scoren de alternatieven met lange tunnel negatiever dan de alternatieven met korte tunnel, met name vanwege de ongunstige interactie met de ondergrondse perrons en (minder) vanwege de lengte van de tunnel.

⁸ (- - - = maximaal negatief; - - = zeer negatief; - = negatief; 0 = neutraal; + = positief; ++ = zeer positief; +++ = maximaal positief).

6. LEEMTEN IN KENNIS EN INFORMATIE

Ten aanzien van de beoordeling van de interne veiligheid van de alternatieven zijn geen zwaarwegende leemten in kennis of informatie geconstateerd die van invloed zouden kunnen zijn op de inschatting van de effecten dan wel de rangorde van de alternatieven. Wel kan een aantal aandachtspunten worden genoemd.

wet- en regelgeving

Eenduidige wet- en regelgeving voor tunnels is momenteel nog niet beschikbaar. De normstelling voor de spoorzone Delft is zodoende mede op basis van het recente beleid, de vigerende kadernota railveiligheid en gelijksoortige referentieprojecten vastgesteld. Naar verwachting zal de normstelling en veiligheidsvoorschriften van de nieuwe wet tunnelveiligheid op hoofdlijnen overeenkomen met de in dit document gehanteerde normenkader. De onderlinge beoordeling van de alternatieven zal hierdoor niet veranderen.

veiligheidsniveau bestaande tunnels

Geconstateerd wordt dat de recente normstelling aangaande spoorveiligheid nog niet specifiek gericht is op ondergrondse baanvakken. De toets of bestaande tunnels hieraan voldoen en de normstelling zodoende in overeenstemming dan wel 'strenger' is dan het landelijk geaccepteerde en momenteel aanwezige veiligheidsniveau (stand-still principe) is nog een punt van onderzoek. Dit kan mogelijk van invloed zijn op de normstelling en absolute toets van het veiligheidsniveau. De combinatie van vervoer van gevaarlijks stoffen en reizigersvervoer is een complicerende factor.

stationsontwerp en layout

Het stationsontwerp en de layout van het station alsmede de stationsomgeving zijn voor de alternatieven op hoofdlijnen bekend. Het veiligheidsconcept van de perrons, stijgpunten en verdeelhallen is nog niet in detail vastgelegd. Ook de eventuele integratie van systeemonderdelen, als parkeergarage, fietsenstalling, busstation en bebouwing zal in vervolgfases nader uitgewerkt worden. Bij de beoordeling van de interne veiligheid in en rond het station is in de scenarioanalyse zodoende naar systeemkenmerken en conceptuele keuzes gekeken zonder dat in detail naar afzonderlijke veiligheidsmaatregelen. Een wijziging in layout dan wel specifieke ontwerputgangspunten kan van invloed zijn op de scenario-beoordeling.

scenario's in ondergrondse omgeving

De scenario's met gevaarlijke stoffen zijn in het kader van berekeningen aangaande externe veiligheid voor bovengrondse incidenten landelijk in belangrijke mate gestandaardiseerd. Voor incidenten in ondergrondse deels besloten ruimten ontbreken dergelijke standaard scenario's. Op basis van expert judgement zijn in lijn met de meeste recente inzichten de scenario's en mogelijke gevolgen ingeschat. In deze modellering zitten onzekerheden die het eindresultaat in absolute zin kunnen beïnvloeden maar naar verwachting de onderlinge beoordeling van de alternatieven niet wezenlijk verandert.

7. LITERATUURLIJST

1. DTB. Spoor tunnel Delft, effectberekening vervoer gevaarlijke stoffen (2003).
2. Veiligheidsstudie tunnel Rijswijk verdiept, Rained spoorwegveiligheid, versie 2.0, RnV/02/S12.022.029, december 2002.
3. Veiligheidsstudie Velserspoortunnel, Rained Spoorwegveiligheid, versie 1.0, RnV/02/S12.018.033, februari 2003.
4. Basisfaalfrequenties voor het transport van gevaarlijke stof over de vrije baan, SAVE, 95675-556, mei 1995.
5. Memo 'maatregelenpakketten Spoor tunnel Delft, DHTrail/TCE/Bentham Crouwel, MV-SE20030534, concept 2, 3 maart 2003.
6. Veiligheid Infrastructuur Zuidas, G. Sluimer, 125051/95651, rev5.0, 19 februari 2002.
7. Brief 'Regulering vervoer Gevaarlijke stoffen per spoor', minister van verkeer en waterstaat, DGG/V/VL-02/003081, 7 juni 2002.
8. Beveiligingsconcept, Werkgroep Integrale Veiligheid Spoorzone Delft, SPZD-BS-HS-01344, Definitief versie 1.0, 27 juni 2001.
9. 'Paarse Boek' CPR 18 E, Guidelines for quantitative risk assessment, 1999.
10. Memo 'gegevensverstrekking Dt', Prorail Capaciteitsplanning, M. Degeling, d.d. 24 april 2003.
11. Leidraad scenario-analyse (concept), Bouwdienst Rijkswaterstaat, 2002.
12. Veiligheidsstudie Tunnel Rijswijk Verdiept, Rained Spoorwegveiligheid, versie 2.0, RnV/02/S12.022.029, december 2002.
13. Kadernota Railveiligheid, Ministerie V&W, TK (1998-1999) 26 699 Nr 2.

8. AFKORTINGEN EN BEGRIPPENLIJST

Begrip	Omschrijving
AR	Aglo-regio (treintype).
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion. Een BLEVE is het vrijkomen van tot vloeistof verdicht gas onder hoge druk, dat in geval van ontsteking leidt tot een vuurbal. Onderscheid wordt gemaakt in een koude BLEVE (oorzaak bijv. mechanische impact) en een warme BLEVE (oorzaak bijv. aanstraling door plasbrand).
Groepsrisico (GR)	De kans per jaar dat in één keer een groep van ten minste een bepaalde grootte (in algemeen meer dan 10) het slachtoffer wordt van een ongeval bij een risicovolle activiteit.
IC	Inter-city (treintype).
Interne veiligheid	Betreft de veiligheid van de reizigers en personeel die gebruik maken van het systeem.
IR	Inter-regio (treintype).
Letaliteit	Gevolgen met dodelijke slachtoffers.
NVVP	Nationaal Verkeer en Vervoers Plan.
Persoonlijk risico (PR)	De kans per jaar dat een persoon die gebruik maakt komt te overlijden als gevolg van een incident binnen het systeem.
Risico	De mogelijkheid, met een zekere mate van waarschijnlijkheid, van schade aan de gezondheid van de mens, aan het milieu en aan goederen, in combinatie met aard en omvang van de schade. Het bestaat uit een kans en een gevolg element.
Repressie	Daadwerkelijk bestrijding van inbreuken op de veiligheid en de verlening van hulp in acute noodsituaties.
Risicobepaling(analyse)	Op systematische en technisch-wetenschappelijke wijze beschrijven van de kansen en gevolgen van voorzienbare, ongewenste gebeurtenissen. Een bepaalde mate van (on)veiligheid kan niet op basis van de resultaten worden gemaakt. De resultaten geven de best mogelijke schatting van het risico aan.
Scenario	Beschrijvingen van gebeurtenissen die zich, kunnen voordoen en die zich tot een grootschalige bedreiging van de veiligheid kunnen ontwikkelen. In de beschrijvingen liggen zowel oorzaken als mogelijke gevolgen besloten.
Stand-still principe	Een methode waarbij het vigerende veiligheidsniveau, zoals dat op basis van in het verleden opgetreden incidenten is bepaald, als minimaal te bereiken veiligheidsnorm wordt vastgesteld.
Zelfredzaamheid	De wijze waarop reizigers zich in geval van incidenten zelfstandig, zonder hulp door hulpdiensten, in veiligheid kunnen brengen.

BIJLAGE I Basisgegevens voor berekeningen

Voor de berekeningen zijn onderstaande gegevens ten aanzien van treinaantallen, reizigersintensiteiten en hoeveelheden vervoerde gevaarlijke stoffen gehanteerd.

treinintensiteiten

Voor het aantal reizigerstreinen wordt uitgegaan van de aantallen treinen die zijn beschreven in de memo van Prorail Capaciteitsplanning d.d. 24 april 2003 (lit. 10). Uitgegaan wordt van de aantallen in 2020 volgens het Nationaal Verkeer- en Vervoerplan (NVVP).

Tabel I.1. Aantallen treinen in spits- en daluren

	Referentie model 2010		NVVP model 2020	
	spits	dal	spits	dal*
AR (stoppend)	4	2	6	3
IR (stoppend)	4	4	6	6
IC	2	2	3	3
Internationale trein		1		1
Totaal	10	9	15	13

* de aantallen treinen in de daluren in 2020 zijn afgeleid uit de spitsaantallen van het NVVP model (voor 2020) en evenredig gesteld aan de verhouding tussen spits en dal van het ref. model 2010.

De volgende aantallen reizigerstreinen zijn aangehouden voor de spoortunnel Delft in 2020 (op basis van tabel I.1, waarbij de nachtelijke uren buiten beschouwing worden gelaten voor reizigerstreinen):

Tabel I.2. Totaal aantallen reizigerstreinen door tunnel

reizigerstreinen	
Treinen per dag per richting stoppend	228
Treinen per dag per richting doorgaand	57
Totaal per dag per richting	285
Totaal aantal treinen per jaar	208.050

De volgende aantallen goederentreinen zijn aangehouden voor 2020:

Tabel I.3. Totaal aantallen goederentreinen door tunnel

goederentreinen	
Aantal per jaar	8760
Aantal bonte treinen (met o.a. gevaarlijke stoffen)	3054

Vervoersscenario's gevaarlijke stoffen

In de risicoanalyse is rekening gehouden met een drietal scenario's betreffende het vervoer van gevaarlijke stoffen. De vervoersaantallen van de drie vervoersscenario's zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel I.4. Scenario's betreffende vervoer van gevaarlijke stoffen

	relevante stofcatego- rie	voorbeeldstof	scenario I: Totaal aantal Ketelwagens per jaar	scenario II: Totaal aantal ketelwagens per jaar	scenario III Toekomstverwachting obv huidig vervoer per jaar
A	Brandbare gassen	LPG	350	350	
B	Toxische gassen	Ammoniak	950	1250	50*
2					
B	Zeër toxische gassen	Chloor	300	0	
3					
C	Zeër brandbare vloeistoffen	Benzine	1500	1250	150
3					
D	Toxische vloeistof	Acrylonitril	0	1200	
3					
D	Zeër toxische vloeistoffen	HF in oplossing	0	750	
4					

* Naar mededeling van Prorail is (in tegenstelling tot gegevens in de risicoatlas 2001) in de huidige situatie geen sprake van 50 wagens Ammoniak maar Ammonia. Ammonia is een toxische vloeistof, ammoniak een toxisch gas. In dit MER is uitgegaan van Ammonia.

Scenario I en II betreft het tweetal door Railned opgegeven karakteristieke vervoersscenario's behorende bij categorie 3a vanuit het RVGS-spoor (zie ook themadocument externe veiligheid). Bij de voorbereiding van de RVGS wordt voor het baanvak Rotterdam – Den Haag uitgegaan van een aanduiding 3a. Dit betekent dat er geen ruimtelijke beperkingen zijn aan weerszijden van de spoorbaan, maar dat er wel een begrenzing is voor het vervoer van alle soorten gevaarlijke stoffen. Door Prorail en de gemeente Delft is onderzocht welke (maximale) omvang van vervoer van gevaarlijke stoffen mogelijk is in de te realiseren alternatieven van de spoortunnel Delft (lit 3.). In dat onderzoek zijn de twee bovenstaande vervoersscenario's, die maatgevend zijn voor categorie 3a, het uitgangspunt geweest.

Scenario III betreft de toekomstverwachting bij autonome groei zonder wijziging van de sporen. De groei wordt naar opgaaf van Prorail in die situatie nihil verondersteld, waardoor de huidige vervoersaantallen gehanteerd kunnen worden als basisscenario⁹.

reizigersaantallen

Voor de treinbezetting in de spits wordt uitgegaan van de volgende aantallen personen in de trein (maximale capaciteit, ref.10):

- IC : 1023 personen per trein;
- IR : 1434 personen per trein;
- AR : 1210 personen per trein.

Dit betekent een gemiddelde bezetting per trein in de spits van 1262 personen.

Voor de verhouding tussen de spits en het dal wordt de volgende verdeelsleutel aangehouden (ref.10), waarbij de ochtend en avondspits zijn samengevoegd:

- spits : 4 uur per dag, 47,7% van dagtotalen;
- dal : 15 uur per dag, 52,5% van dagtotalen.

⁹ Verwachting van Prorail is dat het vervoer van gevaarlijke stoffen over het spoor in Delft niet of weinig zal toenemen in de loop der jaren. Bij berekeningen voor externe veiligheid is aangenomen dat de vervoersaantallen gevaarlijke stoffen in 2015 tweemaal zo groot zijn als in 2001. Bij berekeningen voor interne veiligheid zijn daarentegen de huidige vervoersaantallen uit 2001 als basisscenario genomen. Reden hiervoor is om aansluiting te houden bij het onderzoek van Prorail en de gemeente Delft naar de interne veiligheid van de tunnel (lit 1). Echter, de huidige vervoersaantallen zijn dermate laag dat, ook na verdubbeling, de risico's ver beneden de normen voor het PR en GR liggen (zie hoofdstuk 5). De conclusies uit het onderzoek voor interne veiligheid zullen niet wijzigen indien zou worden gerekend met een verdubbeling van de huidige vervoersaantallen.

De gemiddelde bezetting in de daluren bedraagt dan 372 personen per trein (bij 15 treinen per uur).
Het totaal aantal reizigerskilometers bedraagt:

- $2,14 * 10^8$ kilometer per jaar voor de lange tunnel;
- $1,81 * 10^8$ kilometer per jaar voor de lange tunnel.

personen op het perron

In het model NVVP voor 2020 zijn er in de ochtend spits 5218 instappers. Dit leidt tot een gemiddelde bezetting op de perrons in de spits van circa 218 personen en in de daluren van circa 61 personen.

personen in de stationshal

De personen in de stationshal zijn in de berekeningen voor externe veiligheid meegenomen.

De gebruikers van het vervoerssysteem (reizigers, passagiers, personen op het perron) zijn beschouwd bij interne veiligheid. Opgemerkt wordt dat de definitie van het systeem in relatie tot hetgeen onder interne veiligheid valt, wettelijk niet eenduidig is vastgelegd. Met name de personen die zich in de stationshal bevinden, kunnen als discussiepunt worden aangemerkt. Zij kunnen enerzijds reizigers zijn en dus onderdeel van het vervoerssysteem, anderzijds kunnen zij verblijvers (winkelend publiek) in het stationsgebied zijn en dus als extern ten opzichte van het vervoerssysteem worden beschouwd. Dit zal mede afhangen van het type stationshal (al dan niet winkels, restaurants e.d.) en de verblijftijd van aanwezigen. In dit MER is als uitgangspunt genomen dat de personen in de stationshal onder externe veiligheid worden beschouwd.

BIJLAGE II Selectie scenario's

scenarioanalyse (kwalitatief)

De veiligheidscriteria worden beoordeeld met behulp van 3 maatgevende ongevalsscenario's, die onderstaand worden toegelicht. Onder scenario's worden verstaan: beschrijvingen van gebeurtenissen die zich, in dit geval in de Spoorzone Delft, kunnen voordoen en die zich tot een grootschalige bedreiging van de veiligheid kunnen ontwikkelen. Scenario's zijn opgebouwd uit een aantal elementen die met elkaar beschrijven hoe een gebeurtenis zich in de tijd kan ontwikkelen. Een maatgevend scenario is een beschrijving van een reeks voorvallen die met elkaar leiden tot een gebeurtenis die je te allen tijde wil voorkomen. Daarbij gaan we ervan uit dat reeds in het ontwerp aanwezige veiligheidsmaatregelen kunnen falen. De kansen van optreden van falen en op daadwerkelijke ontwikkeling van de incidenten worden in de scenarioanalyse buiten beschouwing gelaten.

selectie scenario's

Op basis van alle verschillende wijzen van falen zijn maatgevende scenario's voor het project geselecteerd, waarbij als leidraad is gekeken naar:

- 'Gebleken gebreken' ofwel bekende ongevalcasuïstiek. Er is een (beperkte) casuïstiek van voorvallen die zich elders hebben voorgedaan bij de spoorwegen, rond branden op stations en luchthavens, in de rampenbestrijding. Deze ervaringen geven een beeld van het type incidenten dat kan optreden en mogelijke gevolgen;
- de mogelijke scenario's gerelateerd aan de functies binnen het systeem. Deze functies en het mogelijke falen hiervan moeten herkenbaar aanwezig zijn in de scenario's.

Daarnaast is bij de selectie van de maatgevende scenario's van belang dat ze onderscheidend zijn voor de alternatieven. Dit leidt ertoe dat de scenario's zich met name richten op veiligheidsaspecten die te maken hebben met de tunnallengte, positie van de perrons (ondergronds, bovengronds) en in mindere mate de compactheid van de OV-knoop en verkeersomgeving i.v.m. ontsluiting en toegankelijkheid van het station. De volgende kenmerken voor interne veiligheid spelen daarbij een rol:

- grote aantallen reizigers in treinen (meerdere sporen en hoge intensiteiten);
- grote aantallen personen op (ondergrondse) perrons;
- meerdere sporen dus kans op interactiescenario's;
- perrongebied kent geen gescheiden kokers;
- gelijktijdigheid van goederenvervoer en reizigersvervoer.

maatgevende scenario's voor kwalitatieve scenarioanalyse

De selectie leidt tot een drietal maatgevende scenario's:

1. Brandincident reizigerstrein in tunnel;
2. Botsing treinen bij de perrons en vrijkomen gevaarlijke stoffen;
3. Brand in stationsgebouw.

scenario 1: Brandincident reizigerstrein in tunnel

Het scenario kenmerkt zich door een brandincident in een stilstaande of stilvallende reizigerstrein in de tunnel, waarbij een grootschalige ontruiming van de treinreizigers uit de tunnel noodzakelijk is. Bij dit scenario gaat het om zelfredzaamheid en hulpverlening. Vanwege de uitslaande brand en rook in de tunnel staat een snelle evacuatie van reizigers voorop.

scenario 2: Botsing goederentrein en reizigerstrein op station

Bij dit scenario is sprake van een botsing van een goederentrein met een reizigerstrein ter hoogte van de perrons. Als gevolg van dit incident komen mogelijk gevaarlijke stoffen vrij. Bij dit scenario gaat het om de uitbreiding van het ongeval naar de perrons (wachtende reizigers) en eventueel de stationshal. Daarnaast speelt ook hier een snelle evacuatie van reizigers en de toegankelijkheid van de tunnel voor hulpverlening een belangrijke rol.

scenario 3: Brand in stationsgebouw

Bij dit scenario is er sprake van een brand in de compacte kantoorgebouwen boven het station dan wel in het stationsgebouw zelf, waarbij de hulpverleningsdiensten effectief moeten kunnen optreden. Het gaat zodoende om de fysieke toegankelijkheid, bereikbaarheid en het kunnen functioneren van hulpverleningsdiensten bij grootschalige incidenten in en nabij de tunnel.

risicoanalyse (kwantitatief)

bedreigingen voor de reizigers

De veiligheid van de reizigers kent meerdere deelbedreigingen die tezamen het risico (persoonlijk als groepsrisico) van de reizigers bepalen. Het betreft voor de reizigers in algemeenheid risico's als:

- botsingen;
- ontsporingen;
- aanrijdingen (objecten);
- in- en uitstappen (station);
- overwegen;
- brand (in reizigerstrein, in tunnel of station);
- interactiescenario's als gevolg van incidenten in goederentreinen:
 - 'gewone' brand in de goederentrein
 - incidenten met vervoer gevaarlijke stoffen (brand, vrijkomen toxische stoffen, explosies).

selectie scenario's

Bij de kwantificering en beoordeling van de veiligheid is het in dit MER van belang de voor de alternatieven onderscheidende bedreigingen c.q. scenario's te beschouwen. Tegen deze achtergrond kan een aantal bedreigingen als niet onderscheidend voor de lange of korte tunnel aangemerkt worden.

Botsingen: Een botsing zal worden voorkomen door de baanbeveiliging. Zowel voor de korte als lange tunnel zal de beveiliging conform de landelijk geldende normen worden geïmplementeerd, waardoor ten aanzien van de initiële botskansen voor reizigerstreinen dit aspect als niet onderscheidend wordt beschouwd. De gevolgen kunnen in een ondergrondse situatie wel verschillen maar worden binnen het scenario van branden in de tunnel inzichtelijk gemaakt.

Ontsporingen: dezen kunnen het gevolg zijn van defecten in de trein of aan het spoor, te hoge snelheid of invloeden uit de omgeving en aanrijdingen of botsingen. Voor tunnels is sprake van een relatief klein risico (indien vergeleken met de vrije baan). De ontoegankelijkheid van de tunnel, de stabiele ligging van het spoor, geen aanwezigheid van wissels; allen zorgen ervoor dat de ontsporingrisico's beperkt zijn. De tunnel zal daarnaast worden voorzien van een ontsporingsbeveiliging (ontsporingseleiding), waardoor de gevolgen kleiner zullen zijn. Ontsporingen wordt zodoende als niet onderscheidend scenario gekenmerkt. De gevolgen bij ontsporingen van gevaarlijke stoffentreinen zijn onder de interactiescenario's meegenomen.

Aanrijdingen: Voor alle alternatieven geldt dat de kans op aanwezigheid van (grote) obstakels op de baan gering is, daar sprake is van niet algemeen toegankelijke tunnels. Dit aspect is als zodanig niet onderscheidend en kleiner dan in de autonome situatie zijn.

In- en uitstappen: deze risico's worden hoofdzakelijk bepaald door de vormgeving, overzicht en ontwerp van de stations. De ontwerpuitgangspunten voor zowel het bovengrondse- als ondergrondse perron zijn conform de geldende OVS-richtlijnen (ontwerprichtlijnen nederlands spoor), waardoor de risico's in essentie niet zullen verschillen.

Overwegen: Voor alle alternatieven zijn geen gelijkvloerse kruisingen voorzien, waardoor geen onderscheid optreedt ten aanzien van het veiligheidsniveau.

maatgevende scenario's voor kwantitatieve risicoanalyse

De selectie leidt tot drie maatgevende scenario's die onderscheidend zijn voor de alternatieven:

1. Incident met gevaarlijke stoffen in een goederentrein en gevolgen voor de eventueel aanwezige reizigerstreinen in de tunnel of wachtende reizigers op het perron;
2. Brandincident in een reizigerstrein in de tunnel dan wel langs het (onder- of bovengrondse) perron.
3. Brand in een goederentrein (zonder gevaarlijke stoffen) en eventuele gevolgen voor reizigers;

Scenario 1: gevolgen incident met gevaarlijke stoffen.

De aanpak van de berekening van het individueel risico en het groepsrisico (interne veiligheid) ten aanzien van incidenten met het vervoer van gevaarlijke stoffen kan op hoofdlijnen als volgt worden beschreven. Voor een meer uitgebreide beschouwing wordt verwezen naar (lit. 1).

- Voor elke categorie gevaarlijke stoffen zijn incident scenario's opgesteld (de gebeurtenissenbomen).
- Voor elk incident is beschouwd wat de kans op dit scenario is (lit. 4 en 9), rekening houdend met:
 - de basisfaalfrequenties van het vervoer van gevaarlijke stoffen;
 - specifieke tunnelomstandigheden;
 - uitstroombansen en ontstekingskansen;
 - vervoersaantallen.
- Voor elk scenario zijn de schade- of 'letaliteit' effecten voor reizigers ingeschat, waarbij rekening wordt gehouden met aanwezigheid van tunneltechnische installaties als sprinklers en ventilatie. Indien het scenario zich in een koker manifesteert wordt gekeken naar de mogelijkheid van slachtoffers op de perrons en in de naastgelegen kokers. De ongevalslocaties ter hoogte van de perrons zijn separaat beschouwd voor de letaliteitsinschatting.
- Door vermenigvuldiging van de kans op een scenario, de 'letaliteitsfactor' en de kans dat daadwerkelijk personen en reizigerstreinen aanwezig zijn in de tunnel, kan het risico voor de reizigers worden bepaald.

Scenario 2: brandincident in reizigerstrein.

Een belangrijke risico wordt gevormd door brandincidenten in de reizigerstrein zelf. Als onderdeel van de studie is een kwantitatieve verkenning van het persoonlijk en groepsrisico uitgevoerd. Hierbij is voor brandincidenten in de trein gekeken naar:

- de kans op een brandincident op basis van landelijke casuïstiek;
- locatie van het incident, te weten in de tunnel of het perron;
- de ontwikkelingssnelheid van het incident en het moment waarop de rook een bedreiging kan vormen;
- snelheid van zelfredzaamheid van de reizigers naar de naastgelegen veilige tunnel of via het station naar buiten;
- het aantal treinen en reizigers in- en buiten de spitsuren.

Op basis van genoemde kansen en kenmerken van brandincidenten in reizigerstreinen is het persoonlijk en groepsrisico voor de reiziger op een kwantitatieve wijze bepaald. Dit betreft zodoende de kans dat een reiziger respectievelijk een groep van reizigers het slachtoffer wordt van een brandincident in de tunnel dan wel van een brand in de trein stilstaand of stoppend langs het perron.

Ten aanzien van de modellering kan worden opgemerkt:

- Een brandincident in een reizigerstrein kan het gevolg zijn van het falen van onderdelen van het systeem dan wel brandstichting. De laatstgenoemde activiteit vindt hoofdzakelijk in de (stille) avonduren plaats en is daarnaast trajectafhankelijk. Voor het falen van systemen en de snelheid waarmee brandincidenten ontwikkelen is het type materieel en onderhoud sterk bepalend.
- De landelijke generieke brandkans, uitgaande van algemene casuïstiek behorende bij standaard treinmaterieel ligt in de orde van $3,5 \cdot 10^{-7}$ per treinkilometer. Hierin is zowel sprake van vandalisme / brandstichting als technische gebreken.

- Voor Delft is sprake van grotendeels standaard materieel en standaard gebruik. Het is een relatief druk baanvak, hetgeen op vandalisme beperkend werkt, waardoor er een kleinere kans is op brand. Daarnaast geldt dat vandalisme veelal in de stille uren plaatsvindt en derhalve minder mensen bij een incident betrokken zijn en de risico's lager zijn. In de berekeningen voor spoortunnel Delft is als basiskans een waarde van $1 \cdot 10^{-7}$ per treinkilometer aangehouden. Daarnaast is gekeken naar de hoogte van de risico's bij de rudimentaire brandkans van $3,5 \cdot 10^{-7}$ per treinkilometer. Er is dus een enigszins verbeterde waarde ten opzichte van de rudimentaire casuïstiek aangehouden, echter nog wel aanmerkelijk hoger dan de waarden aangehouden bij bijvoorbeeld de Hogesnelheidslijn Zuid. Voor de HSL-Zuid gaat men uit van sterk verbeterd materieel, onderhoud en een beter gecontroleerd gebruik en passagiers. Hiervoor is bijvoorbeeld taakstellend een waarde van $1,0 \cdot 10^{-8}$ per treinkilometer vastgelegd.
- Het merendeel van de treinen zal stoppen op het station en zodoende in de tunnel afremmen. In geval van een brandincident zal de kans dat de trein in de tunnel stilvalt dan wel op het station stopt relatief hoog zijn. Het doorrijden tot buiten de tunnel vormt zodoende geen standaard handeling, zoals bij andere tunnels. De kans op een brand in de tunnel/station is zodoende aanmerkelijk.
- Een meer gedetailleerde beschouwing van de brandrisico's vraagt een uitwerking van vluchtscenario's in detail alsmede een modellering van de rookverspreiding ondersteund door 3d-CFD (Computational Fluid Dynamics) berekeningen. Dergelijke beschouwingen zijn voor de Spoorzone Delft niet uitgevoerd en vallen ook buiten de doelstelling zijnde het vergelijken van alternatieven.

Scenario 3: brandincident in goederentrein.

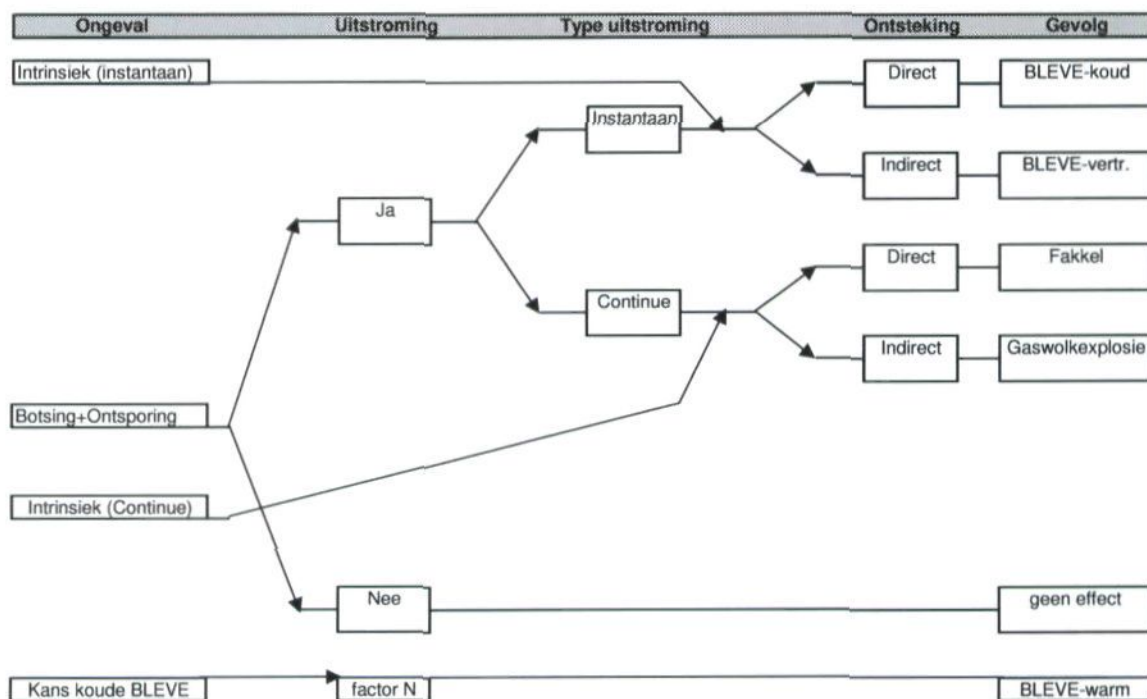
Naast incidenten met gevaarlijke stoffen kunnen ook branden in de goederenlocomotief of andersoortige wagonladingen optreden. De kans op dergelijke branden is op basis van casuïstiek ingeschat als $1,6 \cdot 10^{-8}$ per trein km. Rekening houdend met de ten opzichte van het gevaarlijke stoffenvervoer aanmerkelijke intensiteit van 'gewoon' goederenvervoer volgt een kans op brand die enkele orden hoger is dan de incidentkansen bij gevaarlijke stoffen. De ontwikkelingssnelheid van dergelijke branden is naar verwachting lager, waardoor mensen in de ander kokers en op het station zichzelf tijdig in veiligheid kunnen brengen. De letaliteitsfactor is hierdoor laag, waarbij tevens de aanwezige sprinkler voor een zeer effectieve bestrijding zorgdraagt.

BIJLAGE III Scenario's vervoer gevaarlijke stoffen

scenario's gevaarlijke stoffen

Overeenkomstig de IPORBM rekenmethodiek zijn voor elk van de vervoerscategorieën de incidentsce-
nario's beschouwd, gerelateerd aan de standaard voorbeeldstoffen (bijvoorbeeld categorie brandbare
gassen – stof LPG).

Een voorbeeld van een gebeurtenissenboom is onderstaand weergegeven, in dit geval betreft het de
stofcategorie brandbare gassen:



In onderstaande tabel is een kort overzicht gegeven van de mogelijk optredende gebeurtenissen afhankelijk van de categorie stof en het type ongeval (uitstroming, ontsteking).

Tabel III.1. Overzicht scenario's per categorie stof

categorie stof	scenario	korte ongevalsbeschrijving
Brandbaar Gas (A)	BLEVE koud*	Ontstaat na instantaan vrijkomen van gas door botsing/ontsporing of intrinsiek falen, gevolgd door directe ontsteking.
	BLEVE Vertraagd	Instantaan vrijkomen van gas, vertraagde ontsteking. Beperkte inmenging lucht in tunnel resulteert in vuurbal.
	Fakkel	Lek door botsing/ontsporing of intrinsiek falen met continue uitstroming onder hoge snelheid. Directe ontsteking resulteert in fakkel.
	Gaswolkexplosie	Lek met continue uitstroming. Vertraagde ontsteking resulteert in gaswolkexplosie.
	BLEVE warm	Oorzaak is falen van wagon na aanstraling door externe brand (plasbrand, fakkel). BLEVE krachtiger ivm hogere druk en temperatuur.
Toxisch gas (B2)	BLEVE koud	Ontstaat na instantaan vrijkomen van gas. Drukgolven, geen ontsteking.
	BLEVE warm	Oorzaak is falen van wagon na aanstraling door externe brand (plasbrand, fakkel). BLEVE krachtiger ivm hogere druk en temperatuur, geen ontsteking.
	Toxische wolk	Lek als gevolg van botsing/ontsporing of intrinsiek falen. Continue uitstroming onder druk.
Zeer toxisch gas (B3)	BLEVE koud	Ontstaat na instantaan vrijkomen van gas. Drukgolven, geen ontsteking.
	Toxische wolk	Lek als gevolg van botsing/ontsporing of intrinsiek falen. Continue uitstroming onder druk.
Zeer brandbare vloeistof (C3)	Plasbrand	Door botsing/ontsporing of intrinsiek falen ontstaat vloeistofplas, grootte is afhankelijk van vrijkomen en afvoer. Ontsteking resulteert in plasbrand.
Toxische vloeistof (D3)	Toxische wolk/damp	Door botsing/ontsporing of intrinsiek falen ontstaat vloeistofplas, waaruit giftige dampen ontstaan
Zeer toxische vloeistof (D3)	Toxische wolk/damp	Door botsing/ontsporing of intrinsiek falen ontstaat vloeistofplas, waaruit giftige dampen ontstaan

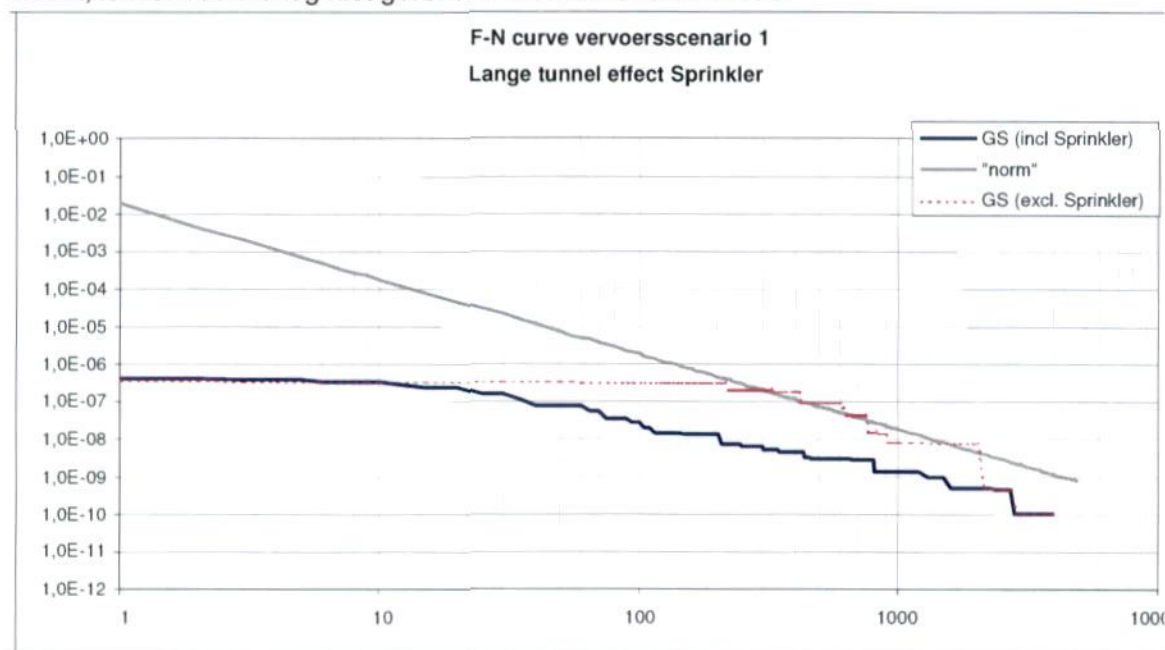
* BLEVE staat voor Boiling Liquid Expanding Vapour cloud Explosion, hetgeen vrij vertaald neerkomt op een expanderende vuurbal van gas (indien brandbaar).

BIJLAGE IV Optimalisatiemogelijkheden en aandachtspunten voor interne veiligheid

effect van de sprinkler

In de scenarioberekeningen is conform het ontwerp de sprinkler als basisvoorziening meegenomen. Aanwezigheid van de sprinkler betekent een reducerend effect ten aanzien van risico's van gevaarlijke stoffen, met name voor zogenaamde plasbranden bij incidenten met brandbare vloeistoffen.

In onderstaande afbeelding is de groepsrisicocurve voor vervoersscenario I weergegeven voor de situatie met en zonder sprinkler¹⁰. Voor vervoersscenario II heeft een dergelijke berekening geen toegevoegde waarde, omdat het risico hier wordt gedomineerd door de stofcategorie toxische vloeistoffen. Daar onbekend is of en in welke mate sprinkler en water de verspreiding van toxische dampen beïnvloedt, is hier voornamelijk niet gerekend met een effectreductie.



Voor scenario I leidt de inzet van sprinkler tot een aanmerkelijke verlaging van het groepsrisico bij incidenten met meerdere slachtoffers (vanaf 20 slachtoffers). In dit scenario zijn de incidenten met brandbare vloeistoffen namelijk dominant (60%), waardoor de inzet van sprinkler effectief is.

De warme BLEVE's zijn in alle scenario's niet bepalend, hetgeen uit de beschouwingen van de deelbijdragen bleek. De inzet van sprinkler voor het voorkomen van een warme BLEVE leidt zodoende tot een te verwaarlozen kans- en effectreductie voor wat betreft het aantal slachtoffers.

De sprinkler zal daarnaast wel de schade aan de tunnelconstructie en de omvang van het incident beperken en een positief (vertragend) effect hebben op de uitbreidingssnelheid van de calamiteit. Momenteel is in de spoortunnel Delft een sprinklersysteem voorzien om branden zo snel mogelijk te kunnen blussen en escalatie van branden te voorkomen.

langsventilatie

In de berekeningen is langsventilatie in de tunnel als basisinstallatie meegenomen. Deze langsventilatie leidt tot een reductie van mogelijke effecten bij incidenten met gevaarlijke stoffen. Genoemd kunnen worden:

- Reduceren effecten van een fakkelincident.

¹⁰ Deze curve is gepresenteerd voor het gehele beschouwde tunneltraject en niet per kilometer. De norm is hier naartoe vertaald, waardoor een absoluut vergelijk mogelijk is.

- Gecontroleerde verspreiding van (zeer) toxische stoffen; van het station af alsmede het voorkomen van verspreiding in de andere tunnelkokers.
- Beperken van de kans op ontsteking en beperken omvang van het incident bij ontsteking van vrijgekomen brandbare vloeistoffen. De kans op ontsteking van de bij verdamping vrijkomende stoffen wordt namelijk gereduceerd.

De ventilatie zal ook uit oogpunt van beveiligingsmaatregel bij brandscenario's in reizigerstreinen worden toegepast. Een kwantitatieve exercitie over het kansreducerend effect is derhalve niet verder uitgevoerd.

vervoer/tijdsvensters

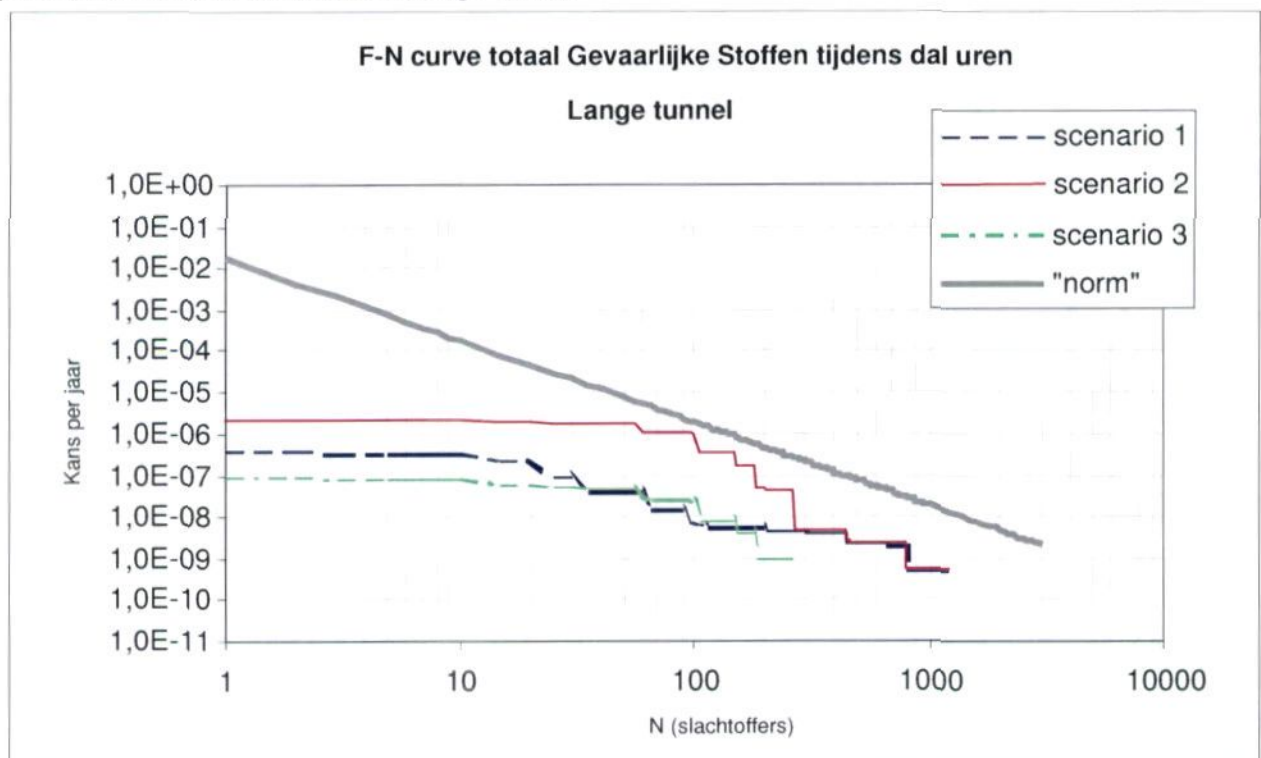
Het vervoer van gevaarlijke stoffen kan eventueel middels tijdsvensters plaatsvinden.

vervoer gevaarlijke stoffen alleen 's nachts

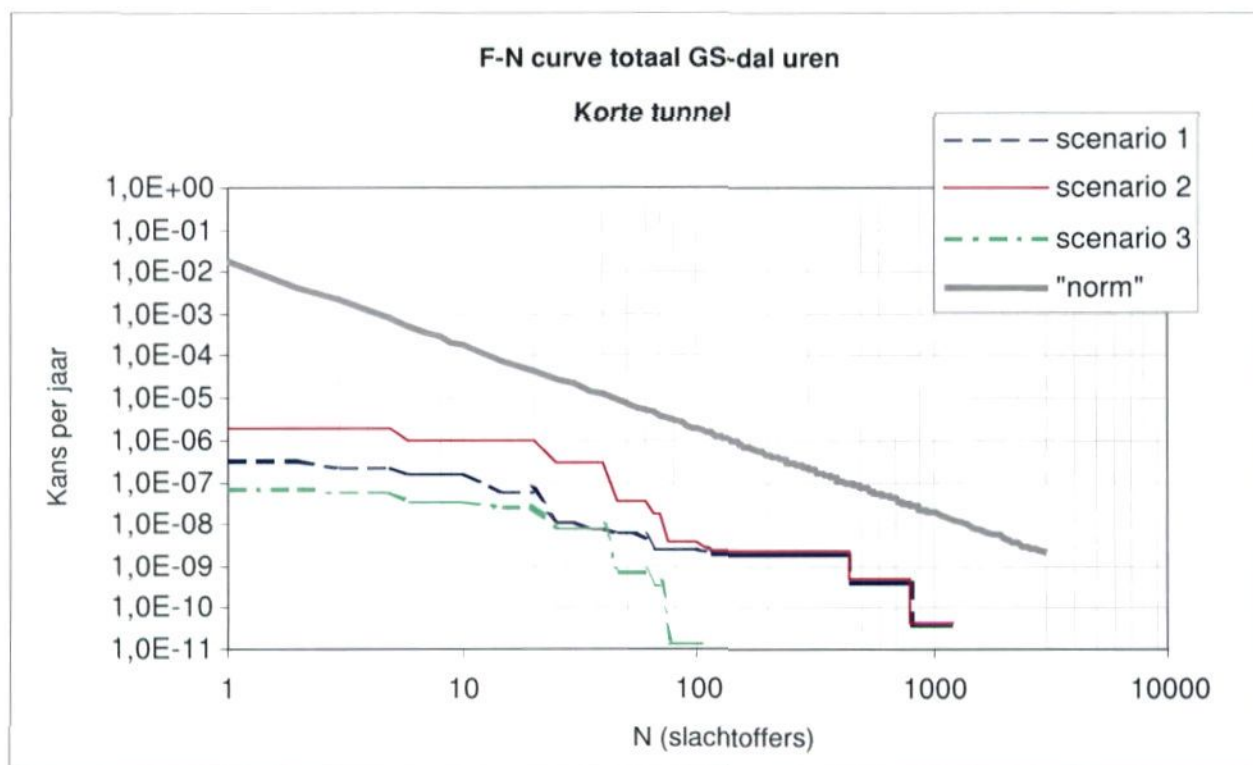
Het vervoer van gevaarlijke stoffen gedurende de nacht zal niet leiden tot een risicobijdrage voor de reizigers.

geen vervoer gevaarlijke stoffen gedurende reizigersspits

Bij het vervoer in de daluren zullen zich minder reizigers in de trein bevinden en zal het groepsrisico van de reizigers afnemen. In onderstaande afbeeldingen¹¹ is voor de situatie waarbij de goederentrein niet in de spits rijdt (dus in daluren of 's nachts) het groepsrisico vanwege gevaarlijke stoffen (GS) bepaald, zowel voor de korte als de lange tunnel.



¹¹ Deze curves zijn gepresenteerd voor het gehele beschouwde tunneltraject en niet per kilometer. De norm is hier naartoe vertaald, waardoor een absoluut vergelijk mogelijk is.



Ten opzichte van de uitgangsberekeningen (Bijlage I), die uitgaan van een gespreid vervoer gedurende het gehele etmaal, kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- zowel voor de lange als korte tunnel is sprake van een significante reductie van het groepsrisico;
- de reductie van het groepsrisico vindt hoofdzakelijk plaats ten aanzien van de grote aantallen slachtoffers (meer dan 100);
- scenario II voor de lange tunnel komt nu tevens volledig onder de normwaarde te liggen.

Vervoer van gevaarlijke stoffen gedurende alleen de daluren of de nachtelijke uren is dus een effectieve maatregel.

ontsporingseleiding

In de gehele tunnel en langs het station zal sprake zijn van ontsporingseleiding. Deze geleiding zal de gevolgen van een ontsporing beperken. De kans op het openscheuren van bijvoorbeeld tankwagens wordt beperkt daar de trein niet naast het spoor geraakt. In de berekeningen leidt dit voor een groot aantal scenario's tot een aanmerkelijke risicoreductie, op basis waarvan de keuze voor ontsporingseleiding in het ontwerp is gemaakt.

generieke aandachtspunten veiligheid

Onafhankelijk van de alternatieven zijn bij de beoordeling van interne veiligheid de volgende generieke knelpunten c.q. aandachtspunten naar voren gekomen:

de tunnelmond Noord

De noordelijke tunnelmond ligt ter hoogte van het DSM terrein. De wisselwerking tussen een chemisch concern en de tunnelmond kan negatief uitwerken voor de veiligheid, waarbij eventueel gedacht kan worden aan interactiescenario's. Daarnaast mondt de noordelijke vluchtweg uit op het industrieterrein, hetgeen de beheersbaarheid van het incident en de toegankelijkheid van de hulpdiensten kan bemoeilijken.

raccordement van DSM

Direct ten noorden van de tunnelmond ligt het raccordement van DSM. Het intakken van en naar het raccordement vanaf het hoofdspoor en de aanwezigheid van wissels direct ten noorden van de tunnel vormt een belangrijk aandachtspunt en kan de veiligheid negatief beïnvloeden.

de spoortunnel vanaf de noordelijke toegang tot en met het station

Dit lange segment van de tunnel moet in de langsrichting worden verlaten, eventueel door gebruik van de naastgelegen tunnelbuis. In het lopend overleg met de veiligheidsinstanties moeten scenario's van evacuatie worden vastgesteld. Aan de zuidzijde is een station, ondergronds dan wel bovengronds. Dit kan voor de veiligheid een ongewenste wisselwerking opleveren tussen vluchtroutes, uitstroming van gassen, rook of hitte en gevaarlijke stoffen. De tunnel is als zelfstandig bouwelement opgevat. Een mogelijk geïntegreerde aanpak in samenwerking met voorzieningen op het maaiveld van de Phoenixstraat, zoals ventilatievoorzieningen, toegangen naar naastgelegen parkeergarages of vervoersmogelijkheden die op het maaiveld aanwezig zijn, zoals tram- en bushaltes dient nog nader uitgewerkt te worden in de vervolgfase.

station als onderdeel evacuatieleroute

De rol van het station als onderdeel van de vluchtroutes is voor de lange tunnelalternatieven nog niet uitgewerkt. Dit dient in de vervolgfase van het ontwerp te worden gedaan. Het station kan zowel als vluchtpunt dienen voor de tunnelontruiming, als een complicerende factor zijn in het vergroten van de blootgestelde populatie bij een ongeval en het verschaffen van voldoende ontruimingscapaciteit en toegankelijkheid voor de hulpverlening.

compactheid OV-knoop

De compactheid van de OV-knoop van met name LON en KWZ kan op een aantal punten een negatief effect hebben op de totale veiligheidsprestatie. Vanuit sociale veiligheid vraagt het ontwerp aandacht voor oriëntatie, leesbaarheid van ruimtes, eenduidige routes e.d. Maar ook uit brandveiligheidsoogpunt of bij incidenten met gevaarlijke stoffen is de beheersbaarheid van incidenten, compartimentering, evacuatiemogelijkheden en veiligheidsorganisatie een belangrijk aandachtspunt.

optimalisatiemogelijkheden

Bij de optimalisering van de spoorzone verdient het aanbeveling om een integraal concept te hanteren van de tunnel met ondergrondse functies van de omringende bouwelementen als parkeergarages, technische voorzieningen en de functies op het maaiveld. Dit geldt met name voor de ruimte ten noorden van het station.

Er is een veiligheidskritische keuze mogelijk ten aanzien van vluchten in langsrichting of in dwarsrichting van de tunnel en compartimentering van tunnel en station t.b.v. effectbeperkingen. Op dit moment is voorzien dat vluchten via de nooddeuren zich in de langsrichting van de naastgelegen veilige tunnelkoker voltrekt. Dit kan worden aangevuld met verticale vluchtmogelijkheden, bijvoorbeeld via nabijgelegen parkeergarages en nabij tunnelmonden.