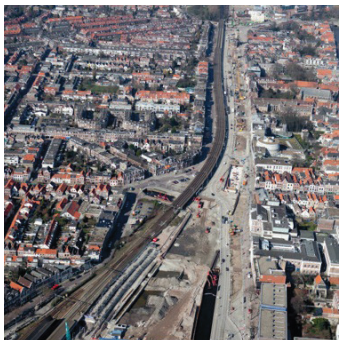
Railinfra Solutions

Benthem Crouwel

ProRail

MER Programma Hoogfrequent Spoorvervoer viersporigheid Rijswijk-Delft Zuid

deelonderzoek Veiligheid



Railinfra Solutions
Benthem Crouwel

ProRail

MER Programma Hoogfrequent Spoorvervoer viersporigheid Rijswijk-Delft Zuid

deelonderzoek Veiligheid

referentie	projectcode	status
RIS432-12/14-020.969	RIS432-12-104	definitief 6.0
projectleider	**projectdirecteur**	**datum**
ir. S. Delfgaauw	ir. R.P.N. Pater	6 november 2014

autorisatie	naam	paraaf
goedgekeurd	ir. S. Delfgaauw	

Witteveen+Bos
Hoogoorddreef 15
Postbus 12205
1100 AE Amsterdam
020 312 55 55
www.witteveenbos.nl

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos
Niets uit dit bestek/drukwerk mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm, hetzij elektronisch, mechanisch dan wel met digitale technieken door fotokopieën, opnamen, internet of op enige andere wijze zonder voorafgaande schriftelijke 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**

2. BEOORDELINGSKADER EN ONDERZOEKSMETHODE **3**
2.1. Kader voor veiligheid binnen tunnel en station Delft 3
2.2. Toelichting per beoordelingscriterium 3
2.2.1. Tunnelveiligheid 4
2.2.2. Spoorveiligheid 4
2.2.3. Brandveiligheid ondergronds station 5
2.2.4. Externe veiligheid 6
2.3. Onderzoeksopzet 8
2.4. Studiegebied 9
2.5. Varianten/oplossingsrichtingen 10
2.6. Relatie met andere deelrapporten 10

3. WETGEVING EN BELEID **11**

4. HUIDIGE SITUATIE EN AUTONOME ONTWIKKELINGEN **13**
4.1. Huidige situatie 13
4.1.1. Tunnelveiligheid 13
4.1.2. Spoorveiligheid 13
4.1.3. Brandveiligheid ondergronds station 14
4.1.4. Externe veiligheid 14
4.2. Autonome ontwikkelingen 15
4.2.1. Tunnelveiligheid 15
4.2.2. Spoorveiligheid 15
4.2.3. Brandveiligheid ondergronds station 15
4.2.4. Externe veiligheid 15

5. EFFECTBESCHRIJVING EN -BEOORDELING **17**
5.1. Tunnelveiligheid 17
5.1.1. Interne veiligheid treinreizigers 17
5.1.2. Evacuatieveiligheid 18
5.2. Spoorveiligheid 18
5.2.1. Spoorveiligheid in tunnel 18
5.2.2. Spoorveiligheid aansluiting DSM-terrein 19
5.3. Brandveiligheid ondergronds station 20
5.3.1. Brandveiligheid/compartimentering 20
5.3.2. Evacuatie 20
5.3.3. Rookbeheersing 21
5.3.4. Toetreding hulpdiensten 21
5.4. Externe veiligheid 22
5.4.1. Doorgaande spoor 22
5.4.2. Hogedruk aardgastransportleidingen 22
5.5. Samenvatting effectbeoordeling 23

6. OPLOSSINGSRICHTINGEN ’T HAANTJE EN ONTSLUITING STATION DELFT ZUID **25**
6.1. Inleiding 25
6.2. Overweg ‘t Haantje 25
6.3. Ontsluiting station Delft Zuid 25
6.4. Effectbeschrijving en -beoordeling 26

7. MITIGERENDE EN COMPENSERENDE MAATREGELEN **27**

8. LITERATUURLIJST **29**

BIJLAGEN **aantal blz.**

I Veiligheidsconcept spoortunnel en ondergronds station Delft 192

II De interne en externe veiligheid Spoorzone Delft 101

1. INLEIDING

In dit deelonderzoek wordt het aspect veiligheid beschreven. Onder veiligheid vallen zowel de interne als de externe veiligheid. In hoofdstuk 2 komt als eerste het gehanteerde beoordelingskader en de opzet voor het onderzoek aan bod. Hoofdstuk 3 gaat vervolgens in op het beleids- en wettelijk kader waartegen de voorgenomen activiteit in het onderzoek is geplaatst. De huidige situatie en autonome ontwikkelingen en de effecten van de voorgenomen activiteit komen respectievelijk in hoofdstuk 4 en 5 aan bod. In hoofdstuk 6 wordt een doorkijk en analyse gemaakt van de effecten van de oplossingsrichtingen voor de huidige overweg ’t Haantje en de ontsluiting van station Delft Zuid. Als laatste worden de mitigerende en compenserende maatregelen besproken in hoofdstuk 7 en de gehanteerde bronnen in hoofdstuk 8.

2. BEOORDELINGSKADER EN ONDERZOEKSMETHODE

In dit hoofdstuk worden het beoordelingskader en de onderzoeksmethode beschreven. Om de effecten in de referentiesituatie en in de voorgenomen activiteit eenduidig en vergelijkbaar in beeld te brengen, wordt in dit onderzoek een vast beoordelingskader gehanteerd.

2.1. Kader voor veiligheid binnen tunnel en station Delft

De effecten op de veiligheid binnen de tunnel en het station Delft zijn in beeld gebracht aan de hand van de volgende deelaspecten:
- tunnelveiligheid;
- spoorveiligheid;
- brandveiligheid ondergronds station;
- externe veiligheid.

Tabel 2.1. Beoordelingskader veiligheid

aspect	criterium	wijze van beoordelen	methode
tunnelveiligheid	interne veiligheid treinreizigers	veranderingen ten opzichte van ontwerp tweesporige situatie in QRA (kwantitatieve risicoanalyse)	kwalitatief
	evacuatieveiligheid	veranderingen ten opzichte van ontwerp tweesporige situatie in evacuatieberekeningen	
spoorveiligheid	spoorveiligheid in tunnel	veranderingen ten opzichte van ontwerp tweesporige situatie met betrekking tot regime voor goederenvervoer, ontsporingsgeleiding en baanbeveiliging	kwalitatief
	spoorveiligheid aansluiting DSM-terrein	veiligheidsanalyses (in afstemming met OTB -Ontwerp tracébesluit)	
brandveiligheid ondergronds station	brandveiligheid/compartimentering	veranderingen ten opzichte van ontwerp tweesporige situatie met betrekking tot compartimentering	kwalitatief
	evacuatie	veranderingen ten opzichte van ontwerp tweesporige situatie in evacuatieberekeningen	
	rookbeheersing	veranderingen ten opzichte van ontwerp tweesporige situatie met betrekking tot installatie voor rook- warmteafvoer	
	toetreding hulpdiensten	veranderingen ten opzichte van ontwerp tweesporige situatie in toetredingsroutes	
externe veiligheid	plaatsgebonden risico	verandering ten opzichte van ontwerp tweesporige situatie	kwalitatief
	groepsrisico		

2.2. Toelichting per beoordelingscriterium

Voor het project Spoorzone Delft zijn bovenstaande veiligheidsaspecten beschreven in het document Veiligheidsconcept spoortunnel en ondergronds station Delft, april 2009 [lit. 1.]. Dit document beschrijft zowel de tweesporige situatie in de tunnel en het station als een toekomstige viersporige situatie (echter niet specifiek PHS) en maakt deel uit van de in 2010 verleende bouwvergunning. Het document is tevens als bijlage aan dit deelrapport toegevoegd (zie bijlage I). Het document is door de Commissie Tunnelveiligheid goedge-

keurd, beoordeeld door de hulpdiensten inzake vergunningverlening en geldt nu als vigerend tunnelveiligheidsconcept (TVC) binnen het project Spoorzone Delft.

De veiligheidsaspecten van het project Spoorzone Delft worden onder andere getoetst door een onafhankelijke partij, de zogenaamde Notified Body (NoBo). Zij toetst of met de ontwerpen van de tunnel, het station en de installaties voldaan wordt aan de Europese regelgeving van de TSI (zie hoofdstuk 3) en aan de projecteisen zoals deze bijvoorbeeld volgen uit het tunnelveiligheidsconcept. Deze toetsing zal na een positieve uitkomst resulteren in een certificaat, dat nodig is voor de aanvraag tot openstelling van de tunnel en het station. Voor PHS zal een aanvullende toetsing moeten worden uitgevoerd, die na positieve uitkomst zal resulteren in een certificaat dat nodig is voor de aanvraag tot openstelling van de westelijke tunnelbuis.

2.2.1. Tunnelveiligheid

Interne veiligheid treinreizigers
Om de veiligheid van reizigers in de tunnel (interne veiligheid) te beoordelen aan de normstelling voor het persoonlijk risico en het groepsrisico zijn QRA's (kwantitatieve risicoanalyses) uitgevoerd [lit. 2.]. Hierin is zowel de tweesporige als de viersporige variant geanalyseerd en zijn zowel incidenten met reizigerstreinen als incidenten met goederentreinen beschouwd. Zie ook bijlage II.

Evacuatieveiligheid
In het geval van een calamiteit met een reizigerstrein in de tunnel is het belangrijk dat de reizigers voldoende mogelijkheden hebben om de tunnel veilig en snel te ontvluchten. Het basisprincipe is dat de reizigers in eerste instantie vluchten naar de naastgelegen tunnelbuis en van daar uit naar buiten of naar het veilige station. Dit geldt zowel voor de tweesporige als voor de viersporige situatie. In het tunnelveiligheidsconcept is op basis van berekeningen en simulaties aangetoond dat een veilige ontvluchting in beide situaties mogelijk is.

Het tunnelventilatiesysteem levert een belangrijke bijdrage aan de mogelijkheden voor een veilige ontvluchting van de tunnel door het creëren van een rookvrije vluchtroute. Dit systeem is specifiek ontworpen op de situatie in Delft (zowel tweesporig als viersporig) en bestaat uit omkeerbare ventilatoren in zowel de noordelijke als de zuidelijke buisdelen. Hierdoor kan altijd van het station af geventileerd worden.

2.2.2. Spoorveiligheid

Spoorveiligheid in tunnel
Om de kans op het stilvallen en/of stranden van een goederentrein in de tunnel te verkleinen, kan voor goederentreinen het X/G regime worden toegepast. Dit houdt in dat voor de tunnel X/G seinen geplaatst worden die aangeven of een vrij treinpad door de gehele tunnel beschikbaar is. Dit treinpad begint op een zekere afstand voor de tunnel, loopt door tot een zekere afstand na de tunnel en kan over 1 of meerdere sporen lopen. Wanneer het X/G sein een witte G toont is het pad vrij, bij een knipperende of witte X moet geremd respectievelijk gestopt worden. Alleen wanneer een vrij treinpad beschikbaar is, wordt de witte G getoond en mag de goederentrein het sein passeren. In alle andere gevallen dient de trein voor de tunnel te stoppen.

In het tunnelveiligheidsconcept wordt toepassing van het X/G regime voorgeschreven voor goederentreinen. Dit geldt zowel voor de tweesporige als voor de viersporige situatie. Ook op andere punten met betrekking tot spoorveiligheid in de tunnel zoals ontsporingsgeleiding en baanvakbeveiliging geldt dat de maatregelen die voor de tweesporige situatie uit-

gewerkt zijn, overgenomen kunnen en moeten worden bij uitbreiding naar de viersporige situatie. Het veiligheidsniveau verandert daarbij niet.

Spoorveiligheid aansluiting DSM-terrein
De spoorveiligheid rond de aansluiting van DSM dient door middel van veiligheidsanalyses in kaart te worden gebracht. De spoorveiligheid wordt onder andere beïnvloed door de aanwezigheid van wissels en overwegen, de baanbeveiliging en de aanwezige ontsporingsgeleiding. Dit onderwerp wordt uitgebreid behandeld in het OTB (ontwerp tracébesluit) dat gelijktijdig met dit MER wordt opgesteld.

Spoorveiligheid overige baanvakken
De spoorveiligheid op de overige baanvakken tussen Rijswijk en Delft Zuid dient te voldoen aan de eisen uit de vigerende wet- en regelgeving (zie hoofdstuk 3). Door hier aan te voldoen zullen de door het project aan te leggen sporen (derde en vierde spoor van het traject Rijswijk-Delft Zuid) ten minste even veilig zijn als het huidige spoor van dit traject en het overige spoor in Nederland. Bij het volgen van de voorschriften worden de standaard veiligheidsrisico's voor dit baanvak zodoende geborgd. Deze baanvakken worden in dit MER daarom niet verder besproken. (Voor de invulling van de wettelijke eisen wordt verwezen naar het OTB, waarin onder andere de seinplaatsing besproken wordt).

Noot: De tunnel en de aansluiting van het DSM-terrein zijn geen 'standaardspoor-ontwerpoplossingen' en daarom is de veiligheid van deze spoordelen wel apart beschouwd.

2.2.3. Brandveiligheid ondergronds station

Compartimentering
Compartimentering voorkomt gedurende een vooraf voorschreven tijd de uitbreiding van een brand naar een volgende ruimte. Het ondergrondse station vormt samen met mezzanine en de stationshal 1 groot brandcompartiment. Om de vluchtcondities in het compartiment te beheersen en een veilige ontvluchting te realiseren, worden actieve en passieve maatregelen genomen op het gebied van rookbeheersing (zie hieronder).

De compartimentering, inclusief alle actieve en passieve maatregelen op het gebied van rookbeheersing, zal in de viersporige situatie niet veranderen. De reden hiervoor is dat het te realiseren westelijke perron naast het al gerealiseerde oostelijke perron komt te liggen en dus onderdeel uitmaakt van hetzelfde compartiment. De oppervlakte van het compartiment verandert hierdoor niet (de ruimte van het westelijke perron is in de tweesporige situatie niet in gebruik en is alleen visueel (niet gecompartimenteerd) afgescheiden van het oostelijke perron). Er is geen aanleiding om bij de realisatie van het westelijke perron een compartimentsscheiding tussen de perrons aan te brengen, omdat de evacuatieveiligheid en de beperking van branduitbreiding met het vigerende concept reeds op gelijkwaardige wijze geborgd zijn. Dit concept is uitgewerkt in het integrale tunnelveiligheidsconcept [lit. 1.], dat door de Commissie Tunnelveiligheid en bevoegd gezag is goedgekeurd (zie ook bijlage I).

Evacuatie
In het geval van een calamiteit in het station is het belangrijk dat de reizigers voldoende mogelijkheden hebben om het station veilig en snel te ontvluchten. In het tunnelveiligheidsconcept [lit. 1.] zijn berekeningen en simulaties gemaakt voor de evacuatie van het station (zie bijlage I). Hierbij is zowel de tweesporige als de viersporige situatie geanalyseerd op basis van vervoerscijfers voor het jaar 2020. Er wordt gekeken naar een drukke ochtendspits met grote aantallen reizigers in de treinen en op de perrons (conservatief/zwaar sce-

nario). Het station en alle vluchtroutes zijn ontworpen op de viersporige situatie en uit de berekeningen volgt dat de evacuatieveiligheid in beide situaties geborgd kan worden.

Rookbeheersing
Bij een brandincident op perronniveau is rookbeheersing belangrijk om de vluchtroutes beschikbaar te houden. Rondom de trappen van het perron naar de mezzanine worden daarom rookschermen aangebracht. Deze schermen worden eveneens aangebracht rondom de vluchttrappen op de perronkoppen. De rookschermen zijn onderdeel van het afbouwbestek voor het oostelijke perron, en kunnen zonder aanpassingen ook worden toegepast op het te realiseren westelijk perron.

In het ondergrondse station wordt een rook- warmteafvoerinstallatie aangebracht. Deze is ontworpen op de viersporige situatie en zal ook direct in deze vorm geïnstalleerd worden. Het ontwerp uit het tunnelveiligheidsconcept is verder uitgewerkt. Met CFD (computational fluid dynamics) berekeningen is bepaald welk debiet de installatie moet kunnen afzuigen om de vluchtroutes rookvrij te houden en een veilige evacuatie mogelijk te maken. Vervolgens is eveneens met CFD berekeningen aangetoond dat de rook- warmteafvoerinstallatie samen met de rookschermen zorgt voor rookbeheersing in het station en een veilige evacuatie mogelijk maakt, zowel in de tweesporige als in de viersporige situatie [lit. 3.].

Toetreding hulpdiensten
Goede toetredingsroutes voor hulpdiensten zijn noodzakelijk om na een incident hulpverlening te kunnen bieden. In het tunnelveiligheidsconcept zijn de toetredingsroutes omschreven, zowel voor de tweesporige situatie als voor de viersporige situatie. Hierbij moet worden opgemerkt dat alle noodzakelijke toetredingsroutes al in de tweesporige situatie aanwezig zijn. In de viersporige situatie zou hier mogelijk nog een extra toetredingsroute vanuit de naastgelegen parkeergarage bij komen.

2.2.4. Externe veiligheid

Het transport, de opslag en de productie van gevaarlijke stoffen brengen risico's met zich mee door de mogelijkheid dat bij een ongeval gevaarlijke lading vrij kan komen. De discipline externe veiligheid houdt zich bezig met de hieraan verbonden risico's voor mensen die zich in de nabijheid van gevaarlijke stoffen bevinden.

Externe veiligheid maakt onderscheid tussen risicobronnen en risico-ontvangers. De risicobronnen zijn in twee groepen te verdelen:
- transportassen, zoals wegen en spoorwegen waarover vervoer van gevaarlijke stoffen plaatsvindt;
- inrichtingen waarin productie, gebruik, verstrekking en/of opslag van gevaarlijke stoffen plaatsvindt.

Het Nederlandse externe veiligheidsbeleid is gericht op de bescherming van individuen die zich bevinden in beperkt kwetsbare en kwetsbare objecten[1], oftewel de risico-ontvangers.

plaatsgebonden risico en groepsrisico
Het plaatsgebonden risico (PR) is de kans per jaar dat een persoon dodelijk wordt getroffen door een ongeval, indien hij zich permanent en onbeschermd op een bepaalde plaats bevindt. Hoe dichter bij de bron, hoe groter het plaatsgebonden risico. De grenswaarde die

[1] Een onderscheid tussen beperkt kwetsbare en kwetsbare objecten is gegeven in artikel 1 van het Besluit externe veiligheid inrichtingen.

gehanteerd wordt voor het plaatsgebonden risico is gesteld op 10^{-6} (kans van 1 op de miljoen per jaar) voor nieuwe situaties.

Het groepsrisico (GR) is de kans per jaar dat in één keer een groep van een bepaalde grootte dodelijk slachtoffer wordt van een ongeval met gevaarlijke stoffen. Hoe meer mensen nabij de bron, hoe groter het groepsrisico. De oriënterende waarde voor situaties rondom transportassen is:
- 10 doden: kans/jaar is 10^{-4};
- 100 doden kans/jaar 10^{-6};
- 1.000 doden: kans/jaar is 10^{-8}.

Het bevoegd gezag dient over iedere toename van het groepsrisico of overschrijding van de oriënterende waarde van het groepsrisico verantwoording af te leggen.

De verplaatsing van de aansluiting van DSM leidt tot een wijziging aan het raccordement Delft. Na aanpassing van de aansluiting dienen goederentreinen op een andere wijze het terrein van DSM te betreden.

Vervoer van gevaarlijke stoffen over het spoor vindt overigens alleen plaats vanuit het zuiden van het projectgebied via Delft richting DSM in Rijswijk. Dit transport gaat nooit verder noordwaarts door de tunnel in Rijswijk, omdat door deze tunnel geen gevaarlijke stoffen mogen worden vervoerd. Vervoer van gevaarlijke stoffen over het spoor komt daarom ook nooit vanuit het noorden van het projectgebied (Den Haag) door de tunnel in Rijswijk richting DSM.

Het in dit MER verrichte onderzoek naar externe veiligheid is volledig gebaseerd op het MER Spoorzone Delft. De externe veiligheid als gevolg van het vervoer van gevaarlijke stoffen over spoor vanuit Rotterdam richting DSM is namelijk reeds onderzocht in het MER Spoorzone Delft. Voor dat specifieke aspect blijft het MER Spoorzone Delft ook in het kader van dit MER PHS van toepassing. Door het voornemen wijzigt er niets aan het vervoer van gevaarlijke stoffen in het studiegebied.

Basisnet spoor/circulaire risiconormering vervoer gevaarlijke stoffen
De wet Basisnet is medio 2012 vastgesteld door de Tweede Kamer en in juli 2013 door de Eerste Kamer; verwacht wordt dat de wet per 1 januari 2015 in werking treedt. Vooruitlopend op het Basisnet staat in paragraaf 3.3. van de circulaire Risiconormering Vervoer van Gevaarlijke Stoffen (RnVGS): ‘voor niet in bijlage 4 genoemde spoorwegen behoeft het groepsrisico niet beoordeeld en verantwoord te worden, omdat de hoeveelheden gevaarlijke stoffen die over spoorwegen worden vervoerd niet of nauwelijks van invloed zijn op het groepsrisico. Dit betekent dat het verwachte vervoer van gevaarlijke stoffen over het spoor zo beperkt is, dat het niet of nauwelijks van invloed is op het groepsrisico, en daarom niet beoordeeld hoeft te worden.

Basisnet spoor
In deze effectanalyse wordt geanticipeerd op de wettelijke verankering van het Basisnet Spoor. Het Basisnet beoogt voor de lange termijn aan de omgeving van het spoor (omwonenden, bedrijven, gemeenten) duidelijkheid te bieden over de maximale risico’s die het transport van gevaarlijke stoffen in de bebouwde omgeving mag veroorzaken. Die maximaal toelaatbare risico’s (zogenaamde ‘risicoplafonds’) zijn met de bijbehorende risicozones voor alle relevante spoortrajecten in tabellen vastgelegd. Door het Basisnet weten de gemeenten waar bouwen is toegestaan en ontstaan er geen veiligheidsproblemen door (onverwachte) groei van het transport van gevaarlijke stoffen.

Bij de vaststelling van het Basisnet is rekening gehouden met alle ruimtelijke plannen die de gemeenten rond 2009 hadden (ongeacht de ontwikkelingsfase van de plannen). Op deze manier houdt het Basisnet rekening met de komende ruimtelijke ontwikkelingen in de omgeving van de transportroutes. Daarnaast is er in Basisnet ruimte geschapen voor de groei van het transport van gevaarlijke stoffen: de risicoruimte die het transport krijgt toebedeeld is in hoofdzaak gebaseerd op de vervoersprognoses voor rond het jaar 2020.

In Basisnet Spoor is voor elk bestaand spoortraject een 'Risicoplafond' vastgelegd, uitgedrukt in berekende waarden voor Plaatsgebonden Risico (PR) met een kans van 10^{-6}, 10^{-7} en 10^{-8} per jaar. Hierdoor wordt voorkomen dat er nieuwe veiligheidsknelpunten ontstaan. Met het stellen van een grens (maximumwaarde) aan de PR 10^{-6} waarde wordt het Plaatsgebonden Risico beheerst. De bijdrage van het vervoer aan het Groepsrisico (GR) wordt beheerst met het stellen van grenzen aan de PR 10^{-7} en 10^{-8} waarden.

Om het Basisnet op te nemen in de wet moet de bestaande wetgeving worden aangepast en nieuwe wetgeving worden ontwikkeld. Om de vervoerskant van Basisnet te regelen, wordt de Wet vervoer gevaarlijke stoffen (Wvgs) aangevuld met onder andere risicoplafonds en maatregelen voor de handhaving van de risicoplafonds. Deze wetswijziging is medio 2012 door de Tweede Kamer vastgesteld en juli 2013 door de Eerste Kamer. Deze wet treedt naar verwachting begin 2015 in werking. Om de regels van Basisnet aan de bebouwingszijde vast te leggen, wordt een nieuwe Algemene Maatregel van Bestuur (AMvB) opgesteld: het Besluit transportroutes externe veiligheid (Btev). Dit besluit is in december 2012 aan de Tweede Kamer aangeboden. Daarnaast is het Bouwbesluit 2012 aangevuld met bouwvoorschriften in veiligheidszones en plasbrandaandachtsgebieden (art. 2.16); dit artikel treedt in werking op een nader te bepalen tijdstip.

Circulaire risiconormering vervoer gevaarlijke stoffen
In de 'Circulaire risiconormering vervoer gevaarlijke stoffen' (Staatcourant 2012, nr 14687 d.d. 20 juli 2012) zijn, vooruitlopend op het van kracht worden van de wettelijke regelingen van het Basisnet, alvast de regels vastgelegd die gaan gelden aan de bebouwingszijde van het spoor. De spoorlijn Den Haag-Rotterdam is in Basisnetkader een zogenaamde 'niet in bijlage 4 genoemde spoorweg'. Voor dergelijke spoorwegen is in paragraaf 3.3 van de Circulaire risiconormering vervoer van gevaarlijke stoffen het volgende aangegeven (citaat):

> 'Plaatsgebonden risico (PR): Hoewel niet in bijlage 4 genoemde spoorwegen gebruikt kunnen worden voor het vervoer van gevaarlijke stoffen, gelden hiervoor geen afstanden. Op die spoorwegen vindt momenteel geen structureel vervoer van gevaarlijke stoffen plaats of is de omvang van het vervoer zo laag, dat er van uit mag worden gegaan dat het plaatsgebonden risico kleiner is dan 10^{-6} per jaar.
> Groepsrisico (GR): Voor niet in bijlage 4 genoemde spoorwegen behoeft het groepsrisico niet beoordeeld en verantwoord te worden, omdat de hoeveelheden gevaarlijke stoffen die over deze spoorwegen worden vervoerd niet of nauwelijks van invloed zijn op het groepsrisico'.

Voor de spoorlijn Den Haag-Delft-Rotterdam geldt dus dat de maximale risico's als gevolg van het vervoer van gevaarlijke stoffen over die spoorlijn zodanig laag zijn, dat daarmee aan de bebouwingszijde geen rekening hoeft te worden gehouden.

2.3. Onderzoeksopzet

Het huidige onderzoek is gebaseerd op het MER dat in 2003 is uitgevoerd voor de tunnel en het station in de tweesporige situatie. Dit betekent dat de gebruikte onderzoeksmethodes zo veel mogelijk gelijk gehouden zijn. Waar nieuwe gegevens beschikbaar zijn of wetgeving veranderd is, is uitgegaan van de nieuwe situatie.

Daarnaast is het huidige onderzoek gebaseerd op het document Veiligheidsconcept spoortunnel en ondergronds station Delft (april 2009), dat door de commissie Tunnelveiligheid is goedgekeurd [lit. 1.]. Dit document is zowel op de tweesporige situatie als op de viersporige situatie van toepassing. Zie bijlage I voor het betreffende document.

De vergunningen omtrent de tunnelveiligheid zijn overigens al geborgd in het bestemmingsplan Spoorzone Delft. Dit is inclusief de toekomstige viersporige situatie [lit. 4.].

Omdat in het tunnelveiligheidsconcept al rekening gehouden is met een toekomstige viersporige situatie, volstaat het voor nagenoeg alle aspecten en criteria om nu om na te gaan of de uitgangspunten van het tunnelveiligheidsconcept voor de te onderzoeken situatie nog actueel zijn. Alleen van eventueel afwijkende uitgangspunten moeten de eerder gemaakte analyses vervolgens worden aangepast.

Het criterium spoorveiligheid van de aansluiting van het DSM-terrein is hierop een uitzondering, want dit criterium is niet uitgewerkt in het tunnelveiligheidsconcept. De hiervoor benodigde veiligheidsanalyses zijn uitgewerkt in het OTB. In dit kader van het MER zal daarom alleen een analyse op hoofdlijnen gepresenteerd worden.

2.4. Studiegebied

Het studiegebied van het onderzoeksaspect veiligheid binnen tunnel en station Delft wordt begrensd door het volgende advies van Commissie MER op de Notitie Reikwijdte en Detailniveau: ‘Geef in het MER tevens aan wat het effect is van de aanleg en het gebruik van de aan te leggen sporen in de tunnelbuis op de tunnelveiligheid.’

Op basis van dit advies is voor dit aspect het studiegebied beperkt tot het (ondergrondse) station Delft, de spoortunnel (volledig ingericht met vier sporen) en de tunnelmonden. Daarbij worden ook de veiligheidsaspecten van de aansluiting van het DSM-terrein op het doorgaande spoor onderzocht, omdat hierin een belangrijk verschil ligt tussen de in dit MER te onderzoeken varianten.

De spoorveiligheid van de overige baanvakken op het traject Den Haag Centraal - Rotterdam Centraal (inclusief tunnelveiligheid station Rijswijk en overwegveiligheid) valt hiermee dus buiten de scope van dit onderzoeksaspect van het MER.

Ook de (interne) veiligheid van station Delft Zuid zal in dit MER niet nader beschouwd worden. Station Delft Zuid zal verbouwd worden om ruimte te bieden aan de 4 sporen, wat betekent dat de (interne) veiligheid van dit station aangetoond moet worden in het kader van de bouwaanvraag voor dit station. Er is hier echter sprake van een bovengronds station, waardoor de veiligheidsmaatregelen aansluiten bij de reguliere ontwerpoplossingen en maatregelen voor stations.

Bij het deelaspect externe veiligheid gaat het om de aansluiting en inrichting van het raccordement van DSM. Er vinden echter geen handelingen plaats op het raccordement waarvoor een Wabo-vergunning deel milieu aangevraagd dient te worden voor het aspect externe veiligheid. Het doorgaande spoor maakt geen deel uit van het studiegebied, omdat het aantal transporten gevaarlijke stoffen niet of nauwelijks invloed heeft op het groepsrisico (zie ook paragraaf 17.2.1 onder het kopje ‘externe veiligheid’).

2.5. Varianten/oplossingsrichtingen

In het MER worden twee uitvoeringsvarianten voor de DSM-aansluiting, drie oplossingsrichtingen voor overweg ’t Haantje en twee oplossingsrichtingen voor de ontsluiting van station Delft Zuid onderzocht. Deze varianten en oplossingsrichtingen hebben alleen een relatie met het aspect spoorveiligheid (criterium spoorveiligheid aansluiting DSM-terrein). Bij de overige aspecten spelen deze varianten en oplossingsrichtingen geen rol. Zodoende worden de varianten en oplossingsrichtingen niet expliciet meegenomen in de effectbeoordeling voor veiligheid en zijn de conclusies in dit hoofdstuk ook van toepassing op de varianten en oplossingsrichtingen.

2.6. Relatie met andere deelrapporten

Het criterium toetreding hulpdiensten heeft een relatie met het kader bereikbaarheid. Om adequate hulpverlening mogelijk te maken, is het noodzakelijk de gehele route te bekijken tussen het vertrekpunt van de hulpdiensten (brandweerkazerne, ambulancepost) en de precieze locatie van het incident. Hieronder vallen dus de aanrijdroutes en de opstelplaatsen, met als laatste stap de toetreding tot het station of de tunnel.

Zoals toegelicht bij het criterium toetreding hulpdiensten zullen de toetredingsroutes vanaf het maaiveld naar het station en de tunnel in de viersporige situatie niet wijzigen ten opzichte van de tweesporige situatie. Ook de opstelplaatsen voor de hulpverlening blijven onveranderd. De bereikbaarheid ten aanzien van toetreding zal in de viersporige situatie dus gelijk zijn aan de tweesporige situatie, zoals ook is in het tunnelveiligheidsconcept (dat beide situaties beschrijft) is uitgewerkt.

Het thema veiligheid kent naast het hier beschreven kader ook nog een kader externe veiligheid. Tussen deze twee kaders bestaan relaties, maar omdat de kaders focussen op andere effecten worden zij hier apart behandeld.

3. WETGEVING EN BELEID

De voorgenomen activiteit wordt in het MER geplaatst tegen de achtergrond van het vigerend beleid en de vigerende wet- en regelgeving. In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van het huidige beleid en regelgeving op Europees en Rijksniveau, voor zover van invloed op de voorgenomen activiteit. Het in deze paragraaf genoemde beleid en de regelgeving zijn kaderstellend voor de voorgenomen activiteit. Het beleidskader bepaalt de belangrijkste verplichtingen en onderwerpen voor de m.e.r., zoals die zijn vastgelegd in de wet.

Tabel 3.1. Europees kader

beleidstuk/wet	datum	uitleg en relevantie	relatie
Europees niveau			
TSI-SRT	2007	- Technical Specification of Interoperability relating to Safety in Railway Tunnels, inhoudelijke uitwerking van EU-richtlijn 2001/16/EG voor veiligheid van spoortunnels. - Is van toepassing op zowel de tweesporige als de viersporige tunnel (en station).	opgenomen in spoorwegwet 2003
TSI-PRM	2007	- Technical Specification of Interoperability relating to Persons with Reduced Mobility, inhoudelijke uitwerking van EU-richtlijn 2001/16/EG met betrekking tot toegankelijkheid voor personen met beperkte mobiliteit. - Is van toepassing op zowel de tweesporige als de viersporige tunnel (en station).	opgenomen in spoorwegwet 2003

Tabel 3.2. Nationaal kader

beleidstuk/wet	datum	uitleg en relevantie
nationaal niveau		
Spoorwegwet	2003	Algemene regelgeving omtrent spoorwegen.
Woningwet & Bouwbesluit	2003/2012	- Regelgeving voor bouwwerken (brandveiligheid). - De tweesporige situatie is vergund onder bouwbesluit 2003. Hiertoe behoort ook de ruwbouw voor de viersporige tunnel en station (casco). - Op dit moment is het bouwbesluit 2012 vigerend. Dit zal toegepast worden op de nog af te bouwen delen van de tunnel en het station voor de viersporige situatie. Waar echter al inpassingen gemaakt zijn in de ruwbouw, zullen deze onder het oude bouwbesluit 2003 blijven vallen.
VEST	2008	Veiligheidseisen voor treintunnels - Matchen van Europese TSI en nationale praktijk: eisenvoorstel (versie 12) aanvullend op TSI-SRT ter opname in Nederlandse wetgeving (momenteel geen wettelijk voorschrift).
OVS 00030 OVS 00201	2003 2010	- Ontwerpvoorschrift ProRail (geen wettelijk voorschrift). - Op de tweesporige situatie en de ruwbouw voor de viersporige situatie is OVS 00030 van toepassing. - Voor de afbouw van de viersporige situatie is de OVS 00201 van toepassing. Waar echter al inpassingen gemaakt zijn in de ruwbouw, zullen deze onder de oude OVS 00030 blijven vallen.
Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi)	2004	- Geeft de risiconormen voor externe veiligheid rond inrichtingen waarin productie, gebruik of opslag van gevaarlijke stoffen plaatsvindt, zoals raccordementen. - Geeft grenswaarde voor het plaatsgebonden risico ten opzichte van kwetsbare objecten een opgesteld. - Geeft oriëntatiewaarde voor het groepsrisico, welke is verbonden met een nadrukkelijke verantwoordingsplicht.

beleidstuk/wet	datum	uitleg en relevantie
Circulaire risico-normering vervoer gevaarlijke stoffen	2012	Tot aan de wettelijke vastlegging van het Basisnet Spoor in de Wet vervoer gevaarlijke stoffen en het Besluit Externe Veiligheid Transportroutes is het basisnet Spoor tijdelijk worden vastgelegd in de Circulaire risiconormering vervoer gevaarlijke stoffen.
Wet Basisnet	-	Bevat de Basisnetregels aan de vervoerszijde. Treedt naar verwachting 1 januari 2015 in werking.
Besluit externe veiligheid transportroutes	-	Bevat de Basisnetregels aan de bebouwingszijde. Bij inwerkingtreding van dit besluit, waarschijnlijk begin 2015, vervalt de circulaire risico normering vervoer gevaarlijke stoffen.
Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb)	1 januari 2011	Regelt de taken en verantwoordelijkheden van de leidingexploitant en de gemeenten. De belangrijkste wettelijke planologische regels rond buisleidingen betreffen: - het aanhouden ruimtelijke reservering voor plaatsgebonden risico (PR). Binnen de PR 10^{-6} risicocontour mogen geen kwetsbare objecten aanwezig zijn en zo mogelijk ook geen beperkt kwetsbare objecten; - verantwoording van groepsrisico (GR)[1]. Het verwachte aantal aanwezigen binnen het invloedsgebied van de buisleiding moet worden verantwoord. Dat invloedsgebied reikt bij brandbare vloeistoffen tot net buiten de 10^{-6} contour, voor leidingen met aardgas en chemicaliën moet dat per geval berekend worden; - ruimtelijke reservering voor belemmeringenstrook: de voor onderhoud gereserveerde ruimte bedraagt ten minste 5 meter aan beide zijden van de leiding. Deze ruimte mag niet bebouwd worden, en bovendien mag er geen permanente verharding boven de leiding worden gelegd.

[1] Artikel 12 van het Bevb: bij de vaststelling van een bestemmingsplan, op grond waarvan de aanleg van een buisleiding of de aanleg, bouw of vestiging van een kwetsbaar of een beperkt kwetsbaar object wordt toegelaten, wordt tevens het groepsrisico in het invloedsgebied van de buisleiding verantwoord. Een beperkte verantwoording van het groepsrisico is mogelijk indien:

a.) een bestemmingsplan betrekking heeft op een gebied waarbinnen de letaliteit van personen binnen het invloedsgebied minder dan 100 % of bij toxische stoffen waarbij het plaatsgebonden risico kleiner dan 10^{-8}per jaar is, of

b.) het groepsrisico of de toename van het groepsrisico bij verwezenlijking van het bestemmingsplan niet hoger is dan een bij regeling van Onze Minister gestelde waarde, welke waarde voor verschillende categorieën van buisleidingen verschillend kan worden vastgesteld.

4. HUIDIGE SITUATIE EN AUTONOME ONTWIKKELINGEN

Dit hoofdstuk beschrijft de huidige situatie van het plangebied en omgeving voor de aspecten tunnelveiligheid, spoorveiligheid, brandveiligheid en externe veiligheid. Ook wordt een overzicht gegeven van de autonome ontwikkeling. Dit is de ontwikkeling in het plangebied waarover besluitvorming heeft plaatsgevonden, die zonder de voorgenomen activiteit ook zou plaatsvinden. De beschrijving van de huidige situatie inclusief autonome ontwikkeling dient als basis voor de uitwerking van de voorgenomen activiteit en als referentiekader voor de beschrijving van de effecten van de voorgenomen activiteit.

4.1. Huidige situatie

In de huidige situatie is het station van Delft gelegen op maaiveldniveau. De sporen in zuidelijke richting liggen eveneens op maaiveldniveau. De sporen in noordelijke richting liggen enkele meters boven het maaiveldniveau op een spoorviaduct.

Het bestemmingsplan om station Delft en de sporen in het centrum van Delft in een tunnel juridisch-planologisch mogelijk te maken, is sinds 23 april 2008 onherroepelijk. Dit bestemmingsplan maakt ook reeds de ruwbouw mogelijk voor de westelijke spoortunnel waarin het 3^{e} en 4^{e} spoor komen te liggen. De aanleg en het gebruik van het 3^{e} en 4^{e} spoor maakt dit bestemmingsplan niet mogelijk, deze worden mogelijk gemaakt door de voorgenomen activiteit. Momenteel wordt gewerkt aan de realisatie van deze tunnel (ruwbouw). Ook de afbouw voor de tweesporige situatie zal op korte termijn starten.

4.1.1. Tunnelveiligheid

In de huidige situatie is de spoortunnel nog niet in gebruik, maar wel reeds vergund. Het bestemmingsplan Spoorzone Delft maakt de spoortunnel en het station mogelijk en ook de bouwvergunning (voor de tweesporige situatie) is reeds afgegeven. Deze vergunning is onder andere verleend op basis van de veiligheidsmaatregelen zoals omschreven in het tunnelveiligheidsconcept en het positieve advies dat de Commissie Tunnelveiligheid op dit tunnelveiligheidsconcept heeft gegeven. Zodoende zullen deze veiligheidsmaatregelen conform de vergunning worden uitgevoerd.

Zoals al eerder genoemd bevat het tunnelveiligheidsconcept zowel de tweesporige situatie als de viersporige situatie. Het positieve advies van de Commissie Tunnelveiligheid en de vergunningen gelden eveneens zowel voor de tweesporige als voor de viersporige situatie.

4.1.2. Spoorveiligheid

De spoorveiligheid van de reeds vergunde tweesporige tunnel voldoet aan de wet- en regelgeving voor ondergrondse spoorwegen (dit is een noodzakelijke voorwaarde voor de vergunning).

Er zijn enkele speciale locaties op het traject Rijswijk-Delft Zuid:
- DSM heeft een eigen raccordement, dat ten noorden van de spoortunnel Delft aansluit op het reguliere spoor;
- nabij de gemeentegrens Rijswijk - Delft bevindt zich overweg ’t Haantje.

4.1.3. Brandveiligheid ondergronds station

De brandveiligheid van het station voldoet aan wet- en regelgeving. In verband met de reeds gestarte bouwwerkzaamheden wordt extra aandacht besteed aan de toetredingsmogelijkheden voor de hulpdiensten.

4.1.4. Externe veiligheid

Doorgaand spoor
Op het traject Den Haag Centraal-Rotterdam Centraal vindt geen transport van gevaarlijke stoffen plaats. Uit de realisatiecijfers van het vervoer van gevaarlijke stoffen per spoor over de jaren 2003 tot en met 2011 blijkt dat op de baanvakken Schiedam – Delft NGSf en Delft NGSf – Den Haag geen enkele ketelwagen met gevaarlijke stoffen werd vervoerd.

Op basis van bovenstaande gegevens is het traject in het Basisnet opgenomen zonder risicplafond, dus met omgevingsrisico nul. Hierdoor is geen sprake van een 'plaatsgebonden risicocontour'[1] als gevolg van het vervoer van gevaarlijke stoffen.

Plaatsgebonden risico (PR) en groepsrisico (GR)
De externe veiligheidsrisico's als gevolg van het vervoer van gevaarlijke stoffen zijn afwezig, zodat er geen sprake is van een plaatsgebonden risico (PR) en een groepsrisico (GR). Dit betekent dat geen sprake is van een overschrijding van de grenswaarde van het plaatsgebonden risico en de oriëntatiewaarde van het groepsrisico.

Hogedruk aardgastransportleidingen
In de huidige situatie liggen er hogedruk aardgastransportleidingen parallel (gedeeltelijk) aan het spoor en kruisen die op drie locaties (zie figuur 4.1). Van 't Haantje in het zuiden tot en met Volkstuinvereniging 'Ons Genoegen' in het noorden (gemeente Rijswijk) ligt de hoge druk aardgastransportleiding met nummer W-514-10-KR-002 parallel langs de bestaande spoordijk.

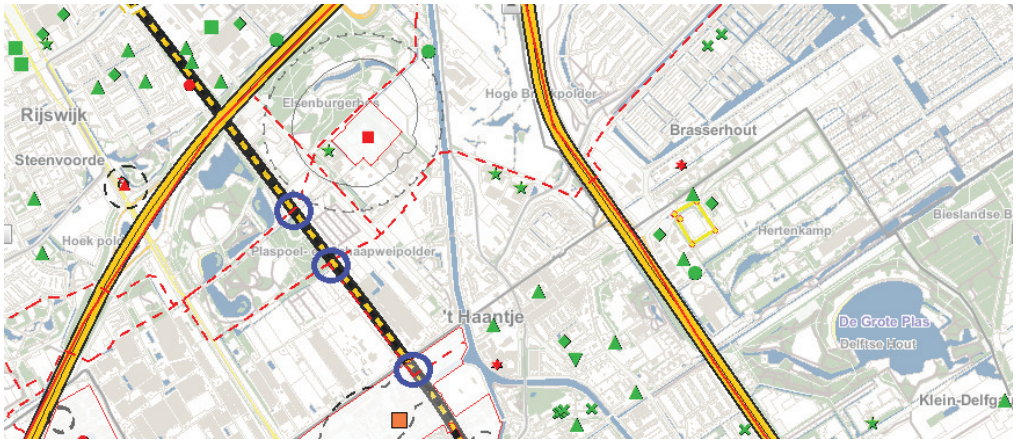
Plaatsgebonden risico
Leiding W-514-10-KR-002, met een werkdruk van 40 bar en een diameter van circa 8', heeft geen PR 10^{-6}-contour. Daarom geldt alleen de belemmeringenstrook van vijf meter waarbinnen niet gebouwd mag worden. De 1 %-letaliteitsgrens ligt op een afstand van 50 meter aan weerszijden van de leiding. Dit volgt uit het onderzoeksrapport 'Risicoberekening gastransportleidingen A-517-KR-021 t/m 033, W-514-07-KR-001 t/m 003, W-514-01-KR-015 t/m 024, W-514-10-KR-001 t/m 004 en W-514-15-KR-001', opgesteld door Kema met referentie 66912927-GCS 10-51255 op 31 augustus 2010.

Groepsrisico
Momenteel ligt aan weerszijden van de hogedruk aardgastransportleiding nagenoeg geen bebouwing. Er bevindt zich één woning, wat glastuinbouw en een volkstuinencomplex. De personendichtheid in het gebied is daarmee zeer laag. Als gevolg van het voornemen worden het glastuinbouwcomplex en het volkstuinencomplex gedeeltelijk geamoveerd. Als gevolg daarvan is geen sprake van een overschrijding van de oriëntatiewaarde van het groepsrisico door W-514-10-KR-002, want de maximale overschrijdingsfactor van deze leiding is kleiner dan 0,027, en ligt daarmee ruim onder de oriëntatiewaarde.

---

[1] Deze contour begrenst het gebied waarbinnen de wettelijke risiconorm wordt overschreden; daarvan is dus in dit geval geen sprake.

Figuur 4.1. Ligging hogedruk aardgastransportleidingen



4.2. Autonome ontwikkelingen

In 2015 zullen de twee oostelijke tunnelbuizen en het nieuwe station Delft in gebruik genomen worden. Tot die tijd worden voor de hier beschouwde aspecten geen veranderingen verwacht. Onderstaande autonome ontwikkelingen beginnen zodoende vanaf 2015.

4.2.1. Tunnelveiligheid

Maatregelen op het gebied van tunnelveiligheid zullen gerealiseerd worden zoals beschreven in het tunnelveiligheidsconcept en de verleende vergunningen. Inpassingen hiervoor (zoals sparingen in het beton voor het aanbrengen van vluchtdeuren) zijn in de gehele ruwbouw aanbracht (ook in de nog niet ingerichte/casco delen). Inpassingen in de afbouw zijn alleen aangebracht in de in gebruik genomen delen.

4.2.2. Spoorveiligheid

Voor de spoorveiligheid in de tunnel geldt dat de maatregelen gerealiseerd zullen worden zoals beschreven in het tunnelveiligheidsconcept. Aan de spoorveiligheid op het overige (niet in de tunnel gelegen) spoor verandert niets.

4.2.3. Brandveiligheid ondergronds station

Door implementatie van de maatregelen uit het tunnelveiligheidsconcept wordt de brandveiligheid van het ondergrondse station geborgd.

4.2.4. Externe veiligheid

Vervoer van gevaarlijke stoffen
In de autonome ontwikkeling wordt op de spoorlijn Den Haag-Delft geen verandering verwacht in de omvang van het vervoer van gevaarlijke stoffen ten opzichte van de huidige situatie. De externe veiligheid verandert derhalve ook niet.

In de autonome situatie heeft het spoor geen invloed op de (externe) veiligheidssituatie van de hogedruk aardgastransportleidingen.

Buisleidingen
Aan weerszijden van leiding W-514-10-KR-002 is het bouwplan Rijswijk Buiten in ontwikkeling. Om deze ontwikkeling planologisch mogelijk te maken is op 27 september 2011 het bestemmingsplan ‘Sion - ’t Haantje’ vastgesteld. Dit bestemmingsplan voorziet met een uitwerkingsbevoegdheid in de ontwikkeling van onder meer woningbouw en kantoren, en daarmee in een forse toename van de personendichtheid in het plangebied. Als gevolg van deze gebiedsontwikkeling neemt het groepsrisico door W-514-10-KR-002 toe. Hoewel deze onder de oriëntatiewaarde blijft, bedraagt de maximale overschrijdingsfactor van deze leiding na realisatie van het bestemmingsplan Sion - ’t Haantje 0,08. Ook dit volgt uit het onderzoeksrapport ‘Risicoberekening gastransportleidingen A-517-KR-021 tot en met 033, W-514-07-KR-001 tot en met 003, W-514-01-KR-015 tot en met 024, W-514-10-KR-001 tot en met 004 en W-514-15-KR-001’, opgesteld door Kema met referentie 66912927-GCS 10-51255 op 31 augustus 2010.

5. EFFECTBESCHRIJVING EN -BEOORDELING

Een MER bevat de beschrijving van de gevolgen voor het milieu die de voorgenomen activiteit zal hebben. Daarnaast bevat een MER de motivering van de wijze waarop deze gevolgen zijn bepaald. De effectbeschrijving in deze paragraaf vormt de basis voor de effectbeoordeling en mitigerende maatregelen.

5.1. Tunnelveiligheid

5.1.1. Interne veiligheid treinreizigers

Door middel van een kwantitatieve risicoanalyse zijn de risico's waaraan reizigers in de tunnel en het ondergronds station blootgesteld worden bepaald en vervolgens getoetst aan de normstelling. Deze risico's ontstaan door de kans op ongevallen zoals ontsporing of botsing van een trein, een treinbrand of een incident met gevaarlijke stoffen. In de risicoanalyse is zowel naar het persoonlijk risico als naar het groepsrisico gekeken.

Voor het project Spoorzone Delft is de analyse van de interne veiligheid van de reizigers beschreven in de rapportage 'De interne en externe veiligheid Spoorzone Delft - Een integrale rapportage', IE-SE20033010, d.d. april 2004 [lit. 2.]. De betreffende rapportage is als bijlage II aan dit deelrapport toegevoegd. Hierbij is uitgegaan van de viersporige situatie, omdat deze maatgevend is ten opzichte van de tweesporige situatie. De volgende drie scenario's worden in deze rapportage aangemerkt als maatgevend voor de interne veiligheid:
- incident met een goederentrein met gevaarlijke stoffen (GS);
- brandincident in een reizigerstrein (in de tunnel of in het ondergronds station);
- brandincident in een goederentrein zonder gevaarlijke stoffen.

Voor elk van deze scenario's is het persoonlijk risico en het groepsrisico bepaald. Als normstelling voor het persoonlijk risico is een waarde van $2{,}0*10^{-10}$ per reizigerskilometer gehanteerd; voor het groepsrisico is deze waarde $0{,}01 / N^2$ per baanvakkilometer (waarin N staat voor het aantal slachtoffers).

Uit deze risicoanalyse volgt dat:
- bij een incident met een goederentrein met gevaarlijke stoffen het persoonlijk risico ver onder de normwaarde ligt. Ook het groepsrisico ligt onder de normcurve, maar het groepsrisico raakt de normcurve bij een theoretische verdubbeling van het aantal GS (gevaarlijke stoffen) transporten. Hierop is besloten om het transport van gevaarlijke stoffen alleen in de daluren ('s avonds en 's nachts) te laten plaatsvinden. Hierdoor neemt het groepsrisico significant af en komt het in alle scenario's onder de normcurve;
  - noot: op basis van de vergunning is vervoer van gevaarlijke stoffen van categorie 3a (RVGS-spoor) toegestaan. Dit wordt momenteel echter niet toegepast (momenteel is sprake van incidenteel vervoer van beperkte hoeveelheden gevaarlijke stoffen, waardoor de kans op een incident verwaarloosbaar klein is: orde grootte 10^{-8}). Besloten is om een reservering te maken voor veiligheidsvoorzieningen voor het transport van gevaarlijke stoffen door de tunnel. Wanneer het transport van gevaarlijke stoffen in de toekomst een regulier karakter zou krijgen, zullen de gereserveerde voorzieningen (gasdetectie en bijmenging van schuim in de blusleiding) gerealiseerd worden, waardoor het veiligheidsniveau niet zal veranderen;
- bij een brand in een reizigerstrein ligt het persoonlijk risico ruim onder de normwaarde. Het groepsrisico ligt dicht onder de normcurve en daarmee is het groepsrisico van een brand in een reizigerstrein maatgevend ten opzichte van het groepsrisico bij een incident met gevaarlijke stoffen (tot circa 100 slachtoffers). Om het risico te verlagen is de

afstand tussen de vluchtdeuren in de tunnelbuizen verkleind en is een extra vluchtroute vanaf het perronniveau gecreëerd, waardoor aan de normwaarde wordt voldaan;
- bij een brand in een goederentrein zonder gevaarlijke stoffen zijn de risico's voor de in het station aanwezige reizigers klein. Dit komt door de kleine kans dat een goederentrein in de tunnel tot stilstand komt (zie X/G regime bij spoorveiligheid), de relatief traag ontwikkelende brand en de opgenomen ventilatievoorzieningen. De risico's van dit scenario zijn zodoende niet maatgevend.

De vergunningen omtrent de tunnelveiligheid zijn daarnaast geborgd in het bestemmingsplan Spoorzone Delft. Dit is inclusief de toekomstige viersporige situatie [lit. 4.].

Beoordeling interne veiligheid treinreizigers: 0

Samenvattend kan gesteld worden dat met de genomen maatregelen de interne veiligheid van de reizigers in de viersporige situatie voldoet aan de normstelling. De te kiezen variant voor de aansluiting van het DSM-terrein heeft hier geen invloed op.

5.1.2. Evacuatieveiligheid

Voor de spoortunnel wordt het safe haven principe toegepast. Dit houdt in dat een trein waarin een incident plaatsvindt, doorrijdt naar het station of naar de uitgang van de tunnel (indien het station al gepasseerd is). Buiten de tunnel en op het station zijn goede mogelijkheden voor zelfredzaamheid en hulpverlening, waardoor een evacuatie vanaf deze locaties beter zal verlopen dan een evacuatie vanuit de tunnelbuis.

Toch kan het voorkomen dat een trein het station of de uitgang niet meer kan bereiken en in de tunnelbuis tot stilstand komt. Ook in het tunnelveiligheidsconcept en in het voorzieningenpakket van de tunnel is hier rekening mee gehouden. Het principe is dan dat reizigers in eerste instantie vluchten naar de naastgelegen (veilige) tunnelbuis en van daar uit naar buiten.

Deze evacuatiesituatie is in de viersporige situatie niet anders dan in de tweesporige situatie. In het tunnelveiligheidsconcept is aangetoond dat een evacuatie uit de tunnel veilig kan verlopen, waarbij circa 4 minuten na de start van de treinontruiming de incidentbuis ontruimd is en circa 12 minuten na de start van de treinontruiming de totale ontruiming voltooid is (ook de veilige buis is dan ontruimd).

De evacuatiesituatie is onafhankelijk van de gekozen variant voor de aansluiting van het DSM-terrein. Er wordt in alle gevallen uitgegaan van 1 incidenttrein in 1 tunnelbuis, waaruit personen geëvacueerd moeten worden. Dit omdat het vanuit de spoorbeveiliging niet mogelijk is dat zich nog een andere trein in hetzelfde buisdeel bevindt als het buisdeel waar de incidenttrein staat. Verder is het zeer onwaarschijnlijk dat een trein in een van de andere buizen tot stilstand komt als gevolg van de incidenttrein.

Beoordeling evacuatieveiligheid: 0

5.2. Spoorveiligheid

5.2.1. Spoorveiligheid in tunnel

In zowel de tweesporige als de viersporige situatie wordt voor alle goederentreinen (zowel met (als zonder gevaarlijke stoffen) het X/G regime toegepast. (Het vervoer van gevaarlijke stoffen betreft incidenteel vervoer bij bijsturing alsmede het transport richting DSM). Dit X/G

regime verkleint de kans op het stilvallen en/of stranden van een goederentrein in de tunnel, omdat het X/G sein pas toestemming geeft om de tunnel in te rijden wanneer een vrij treinpad door de gehele tunnel beschikbaar is (de goederentrein zal dan in de tunnel geen stoptonende seinen tegenkomen en kan dus zonder onderbrekingen door de tunnel rijden). De werking van dit systeem wordt niet beïnvloed door het aantal sporen.

De ontsporingsgeleiding wordt in de tunnelbuizen gevormd door het vluchtpad, dat hierop ontworpen is. (Ieder spoor ligt in een aparte buis, met een eigen vluchtpad.) In het station doen de perronranden dienst als ontsporingsgeleiding. Daarnaast wordt de gehele tunnel voorzien van geleidende opstorten. De westelijke tunnelbuizen en het westelijk perron zijn qua ontwerp gelijk aan de oostelijke buizen en het oostelijk perron, dus in de viersporige situatie zullen geen veranderingen optreden.

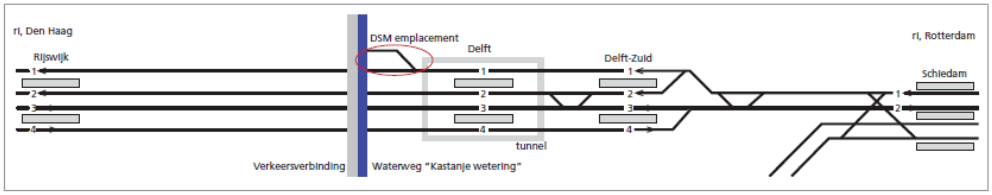
De baanvakbeveiliging vormt ook een onderdeel van de spoorveiligheid in de tunnel. Dit wordt verder uitgewerkt in het OTB.

Beoordeling spoorveiligheid in tunnel: 0

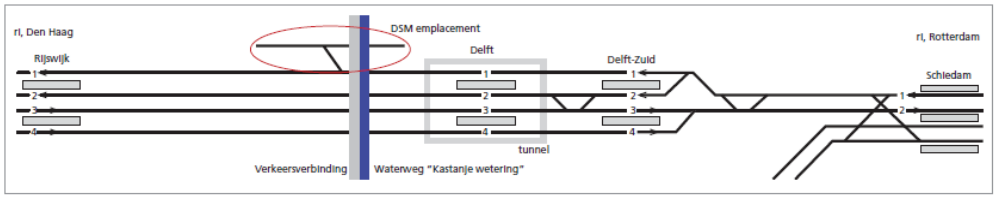
5.2.2. Spoorveiligheid aansluiting DSM-terrein

Voor de aansluiting van het DSM-terrein op het hoofdspoor worden twee uitvoeringsvarianten beschreven:
1. aansluiting direct op het hoofdspoor, dichtbij de noordzijde van de tunnel (zie figuur 5.1);
2. aansluiting via een zijspoor op het hoofdspoor, verder van de tunnel gelegen (zie figuur 5.2).

Figuur 5.1. Schematische weergave variant 1, aansluiting direct op hoofdspoor



Figuur 5.2. Schematische weergave variant 2, aansluiting via zijspoor



Vanuit het kader veiligheid binnen tunnel en station is er geen voorkeur voor een van de varianten. De tunnelveiligheid is zowel bij variant 1 als bij variant 2 geborgd:
- door de aanwezigheid van het X/G regime neemt de kans op stilstand van een goederentrein in de tunnel significant af. In het geval er dat er geen plaats is op het DSM-

raccordement, zal het hek van het raccordement niet geopend worden en zal de aankomende goederentrein uit zuidelijke richting geen vrij treinpad hebben. Deze trein zal dan al voor de tunnel tot stilstand komen. De tunnelveiligheid blijft hierdoor in beide varianten gelijk;
- het X/G regime zorgt er eveneens voor dat een trein pas kan vertrekken vanaf het DSM-terrein wanneer deze een vrij treinpad heeft van het DSM-terrein tot na de tunnel. In de tunnel zal deze trein op het meest linker spoor rijden en pas na het verlaten van de tunnel wordt de trein door wissels naar het rechter spoor geleid. Doordat het gehele treinpad bewaakt wordt (en er dus geen kruisend treinverkeer kan zijn), vormt dit geen extra risico. Dit geldt zowel voor variant 1 als voor variant 2;
- doordat de aansluiting van het DSM-terrein in variant 2 verder weg gelegen is van de tunnel, kan ook de benodigde wissel verder van de tunnel gelegd worden. De positieve bijdrage hiervan aan de spoorveiligheid in de tunnel is echter zeer gering (kleinere kans op ontsporing, maar deze kans is reeds zeer klein doordat het X/G regime ook de positie van de wissel bewaakt).

Voor verdere uitwerking van de spoorveiligheid wordt verwezen naar het OTB. Hierin worden de spoorontwerpen van de varianten verder toegelicht. Als randvoorwaarde aan het ontwerp van beide varianten is gesteld dat de ontwerpen dienen te voldoen aan het vereiste niveau van spoorveiligheid. De spoorveiligheid van beide varianten is hiermee geborgd.

Beoordeling Spoorveiligheid aansluiting DSM-terrein: 0

5.3. Brandveiligheid ondergronds station

5.3.1. Brandveiligheid/compartimentering

De ondergrondse perrons vormen samen met de mezzanine en de stationshal een groot brandcompartiment. Wanneer het westelijk perron gerealiseerd wordt, verandert dit de grootte van het compartiment niet (de tijdelijke scheidingswand die in de tweesporige situatie wordt aangebracht is geen compartimentsscheiding). Dit aspect van het veiligheidsniveau wordt dus niet beïnvloed door de voorgenomen uitbreiding naar 4 sporen en 2 perrons. Tevens wordt dit niet beïnvloed door de te kiezen variant voor de aansluiting van het DSM-terrein.

Beoordeling brandveiligheid/compartimentering: 0

5.3.2. Evacuatie

In het tunnelveiligheidsconcept is de evacuatie van het station geanalyseerd, zowel voor de tweesporige situatie als voor de viersporige situatie. In beide situaties wordt uitgegaan van 2 volle treinen die geëvacueerd worden vanaf perronniveau met daarbij nog de wachtende personen op perronniveau. In de tweesporige situatie staan beide treinen langs het oostperron, in de viersporige situatie is aangenomen dat een van de treinen langs het oostperron staat en de andere trein langs het westperron.

Uit deze analyse komt naar voren dat in de tweesporige situatie het stijgpunt van het perron naar de mezzanine maatgevend is voor de evacuatietijd. In de viersporige situatie is het stijgpunt van de mezzanine naar het station maatgevend. In beide situaties is een veilige ontruiming van het station mogelijk binnen de vereiste 15 minuten, waarmee de evacuatieveiligheid in zowel de tweesporige als de viersporige situatie geborgd is. De evacuatieveiligheid wordt niet beïnvloed door de te kiezen variant voor de aansluiting van het DSM-terrein.

Beoordeling evacuatie: 0

5.3.3. Rookbeheersing

Rookbeheersing is een belangrijk aspect van de evacuatieveiligheid van het ondergronds station. De rookbeheersing wordt onder andere gerealiseerd door rondom de stijgpunten naar de mezzanine glazen rookschermen aan te brengen. Deze schermen worden ook aangebracht rond de vluchttrappen op de perronkoppen en rond de trap naar de fietsenstalling.

Het station is daarnaast uitgerust met een rook-warmteafvoer (RWA) installatie. De afzuigopeningen van dit systeem bevinden zich langs de wanden van het station, op of nabij het plafond. Door de rookschermen wordt dus een rookbuffer gecreëerd, waaruit rook door de RWA installatie wordt afgezogen en naar buiten wordt gevoerd. Hierdoor blijven de condities in het station langer voldoen aan de condities voor een veilige vluchtweg en is een veilige evacuatie van het station mogelijk.

De rookschermen worden per stijgpunt aangebracht en zullen ook worden aangebracht op de stijgpunten van het westelijk perron. De RWA installatie is ontworpen op de viersporige situatie en behoeft dus geen verdere aanpassingen. De rookbeheersing blijft hiermee in de viersporige situatie gelijk aan de tweesporige situatie (en wordt niet beïnvloed door de te kiezen variant voor de aansluiting van het DSM-terrein).

Beoordeling rookbeheersing: 0

5.3.4. Toetreding hulpdiensten

De toetredingspunten voor de hulpdiensten zijn vastgelegd in het tunnelveiligheidsconcept. Alle toetredingspunten zijn zowel in de tweesporige als in de viersporige situatie aanwezig en worden niet beïnvloed door de keuze van de variant voor de aansluiting van het DSM-terrein.

De toetredingpunten bevinden zich zowel in het station als in de tunnelbuizen en bestaan uit een toegang op maaiveldniveau en een stijgpunt dat leidt naar het tunnelniveau. De afmetingen van de toetredingspunten voldoen aan de vermelde wetgeving.

De mogelijkheid bestaat dat er in de viersporige situatie nog een toetredingspunt wordt toegevoegd via de parkeergarage Spoorsingel. Hiervoor is in het ontwerp van de spoortunnel een reservering opgenomen. Wanneer dit toetredingspunt gereed is, is vooralsnog onbekend en hangt af van de ontwikkelingen rondom de parkeergarage.

Beoordeling toetreding hulpdiensten: 0

De toetredingsmogelijkheden verslechteren dus niet wanneer de viersporige situatie gerealiseerd wordt. Mogelijk wordt een verbetering gerealiseerd.

5.4. Externe veiligheid

5.4.1. Doorgaande spoor

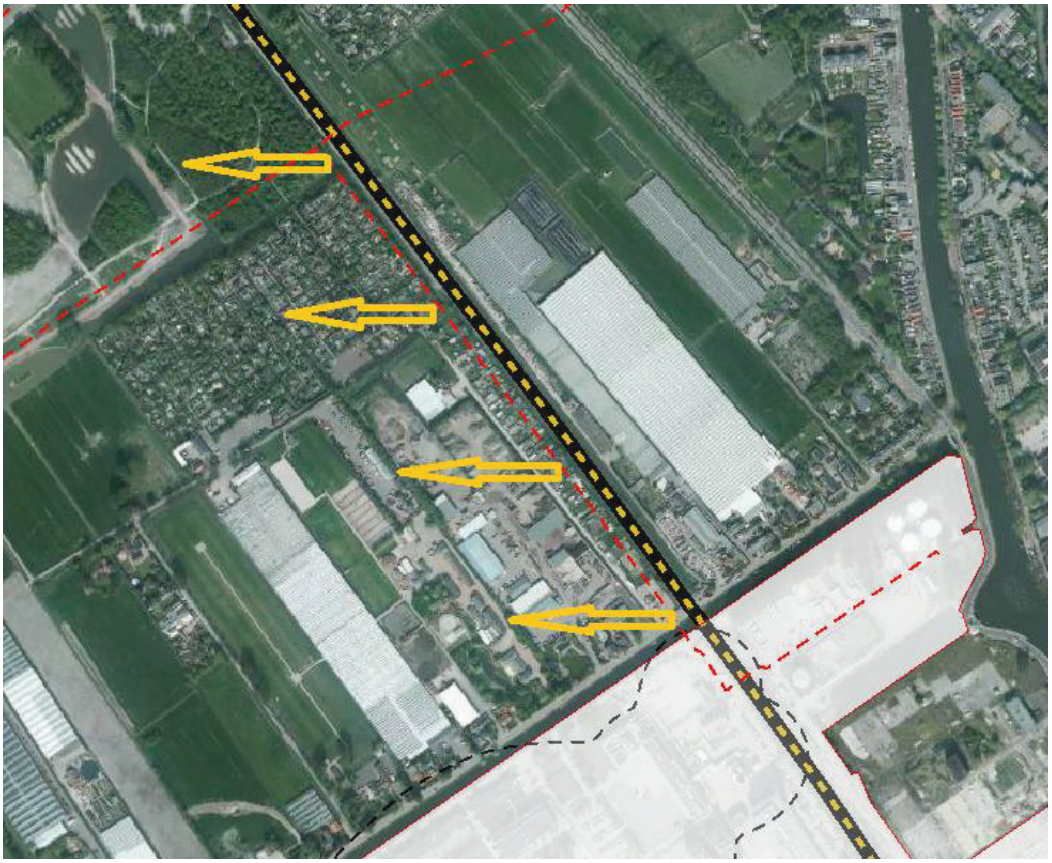
In de projectsituatie met vier sporen verandert het verwachte vervoer van gevaarlijke stoffen over dit traject niet ten opzichte van de referentiesituatie. Dit betekent dat er ook geen ander effect op de externe veiligheid optreedt.

Voor de DSM-aansluiting (variant B) geldt dat er een extra stuk spoor wordt aangelegd. Dit stuk spoor betreft echter nagenoeg alleen hoofdspoor. Daar geldt het Basisnet. Zodoende hebben de beide varianten geen effecten op het aspect externe veiligheid.

5.4.2. Hogedruk aardgastransportleidingen

Om de inpassing van twee extra sporen mogelijk te maken dient, over een lengte van ongeveer 750 meter, dient leiding W-514-10-KR-002 ongeveer tien meter in zuidwestelijke richting te worden verplaatst (zie voor een globale weergave figuur 5.3.)[1].

Figuur 5.3. Ligging van de leiding ter hoogte van ’t Haantje en Ons Genoegen



[1] Voor de verlegging van de leiding geldt geen m.e.r.(beoordelings)-plicht, aangezien die pas geldt bij een verlegging over een afstand van 5 km. In dit geval is er slechts sprake van een te verleggen afstand van circa 750 meter.

De momenteel vastgestelde planologische situatie die voortkomt uit het bestemmingsplan Sion - 't Haantje geldt als uitgangspunt voor het bepalen van de gevolgen van deze verplaatsing. De gevolgen voor de omvang van het groepsrisico zijn naar alle waarschijnlijkheid minimaal. De reden hiervoor is dat in de berekening van Kema, waaraan in dit onderzoek wordt gerefereerd, uitgegaan is van een gelijkmatige verdeling van de toekomstige personendichtheden over de te realiseren bestemmingsvlakken. Daarnaast ligt de gasleiding op grond van bestemmingsplan Sion - 't Haantje binnen vlakken met de bestemmingen Kantoren en Wonen. Het verschuiven van de leiding binnen deze vlakken, leidt slechts in uiterst beperkte mate tot extra personendichtheden binnen het 1 %-letaliteitsgebied van de leiding. Een rekenkundig herkenbare toename van het groepsrisico is daarmee uitgesloten.

Bij de aanleg van de extra sporen dient ten slotte rekening gehouden te worden met graafwerkzaamheden en bescherming van de leiding tegen mogelijke negatieve effecten van trillingen, zoals eventueel verhoogde faalkans van de leiding. Dit dient in overleg met de leidingbeheerder (Gasunie) te gebeuren en wordt onderzocht in een nog op te stellen verleggingsplan. Het overleg met de Gasunie is momenteel gaande.

5.5. Samenvatting effectbeoordeling

In tabel 5.1 is de effectbeschrijving en -beoordeling samenvattend weergegeven.

Tabel 5.1. Samenvattende tabel effectbeoordeling

veiligheid	criterium	VA+A en VA+B*
tunnelveiligheid	interne veiligheid treinreizigers	0
	evacuatieveiligheid	0
spoorveiligheid	spoorveiligheid in tunnel	0
	spoorveiligheid overig spoor	0
brandveiligheid ondergronds station	brandveiligheid/compartimentering	0
	evacuatie	0
	rookbeheersing	0
	toetreding hulpdiensten	0
externe veiligheid	plaatsgebonden risico	0
	groepsrisico	0
	hogedruk aardgastransportleidingen	0

* 'VA+A' staat voor 'voorgenomen activiteit met variant A' en 'VA+B' staat voor 'voorgenomen activiteit met variant B'.

6. OPLOSSINGSRICHTINGEN ’T HAANTJE EN ONTSLUITING STATION DELFT ZUID

6.1. Inleiding

Naast de twee varianten voor de DSM-aansluiting zijn er nog een aantal oplossingsrichtingen mogelijk voor de huidige overweg ’t Haantje en de ontsluiting van station Delft Zuid. Deze oplossingsrichtingen zijn echter geen volwaardige varianten, omdat de zoektocht naar de meest geschikte, gewenste en financieel haalbare oplossingen nog in volle gang is. Ook op bestuurlijk niveau zijn de oplossingsrichtingen nog een onderwerp van gesprek. Om in dit MER toch al voor te sorteren op de mogelijke uitkomst van die zoektocht zijn de mogelijke oplossingsrichtingen als doorkijk in dit hoofdstuk opgenomen. Daarnaast kan de effectbeschrijving in dit hoofdstuk ook enige input leveren voor die zoektocht.

In paragraaf 6.2 komen de oplossingsrichtingen voor de huidige overweg ‘t Haantje aan bod. Paragraaf 6.3 behandelt de oplossingsrichtingen voor de ontsluiting van station Delft Zuid. Voor een uitgebreide beschrijving van de oplossingsrichtingen wordt verwezen naar hoofdstuk 8 van het hoofdrapport van het MER (deel A).

6.2. Overweg ‘t Haantje

In de gemeente Rijswijk ligt de gelijkvloerse overweg ’t Haantje. Deze gelijkvloerse overweg dient als gevolg van de viersporigheid vervangen te worden door een ongelijkvloerse kruising. Het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, ProRail en de gemeente Rijswijk hebben gezamenlijk deze oplossing uitgewerkt. Op verzoek van de gemeente Rijswijk is daarnaast gezocht naar een locatie voor de ongelijkvloerse kruising ten noorden van de huidige locatie gezien dit beter past binnen de gebiedsontwikkelingen van Rijswijk Zuid.

Op basis van het zoekgebied kunnen drie mogelijke oplossingsrichtingen voor ’t Haantje geformuleerd worden:
1. een smalle onderdoorgang (tunnel) op de huidige locatie van de overweg ’t Haantje;
2. een onderdoorgang (tunnel) 250 m ten noorden van de huidige locatie van overweg ’t Haantje en;
3. een viaduct 225 m ten noorden van de huidige locatie.

6.3. Ontsluiting station Delft Zuid

Station Delft Zuid ligt ter hoogte van de ongelijkvloerse kruising van de Kruithuisweg met de spoorlijn Den Haag-Rotterdam. Het station bestaat in de huidige situatie uit twee zijperrons aan een tweesporige spoorbaan en wordt ontsloten via het fietspad op het Kruithuisweg-viaduct en op maaiveld.

Vanwege de viersporigheid op het traject en de daarmee samenhangende aanpassing van station Delft Zuid van tweesporig naar viersporig, zullen er, in plaats van twee zijperrons, twee middenperrons (eilandperrons) gerealiseerd worden waarmee op alle vier de sporen gehalteerd kan worden. De nieuwe middenperrons dienen bereikbaar gemaakt te worden middels trappen en liften. Tevens dienen de stationspleinen (oost- en westzijde) uitgevoerd te worden met elk zowel een trap als een lift, totaal dus vier trappen en vier liften.

Voor bovengenoemde ingrepen zijn meerdere oplossingsrichtingen mogelijk, te weten:
1. ontsluiting via trappen en liften aan een bordes tegen het Kruithuisweg-viaduct;
2. ontsluiting via een separate traverse;
3. ontsluiting via een fietsers-/voetgangerstunnel.

6.4. Effectbeschrijving en -beoordeling

Bovengenoemde oplossingsrichtingen hebben geen effecten op de aspecten interne en externe veiligheid. Interne veiligheid gaat immers over de veiligheid van de reizigers op het spoor, in de tunnel en ondergronds station. De oplossingsrichtingen voor ’t Haantje en een andere ontsluiting voor station Delft Zuid hebben hierop geen invloed.

Externe veiligheid gaat over het transport en de handelingen met gevaarlijke stoffen op het spoor, en het vervoer van gevaarlijke stoffen door buisleidingen. Er vindt namelijk geen vervoer van gevaarlijke stoffen plaats over het spoor tussen Schiedam en Delft NGSf (DSM).

Hogedruk aardgastransportleidingen en aanlegfase
Het enige aandachtspunt bij ’t Haantje zijn de aanwezige hogedruk aardgastransportleidingen. Wanneer de onderdoorgangen of viaduct gerealiseerd worden, worden de hogedruk aardgastransportleidingen gekruist. Hier dient dus bij de aanleg rekening mee gehouden te worden, afhankelijk van de diepte van de ligging van de hogedruk aardgastransportleidingen en de mogelijke diepte van de werkzaamheden. Zodoende dient bij de aanleg van de onderdoorgangen of viaduct goed rekening gehouden te worden met graafwerkzaamheden en bescherming van de leiding tegen mogelijke negatieve effecten van trillingen, zoals eventueel verhoogde faalkans van de leiding. Dit dient in overleg met de leidingbeheerder (Gasunie) te gebeuren en wordt onderzocht in een nog op te stellen verleggingsplan. Dit overleg met de Gasunie is momenteel gaande.

Verantwoording van het groepsrisico
Om de inpassing van twee extra sporen mogelijk te maken, dient leiding W-514-10-KR-002 ongeveer 10 meter in zuidwestelijke richting te worden verplaatst. Deze verplaatsing leidt naar verwachting niet tot een rekenkundig herkenbare toename van het groepsrisico. Er bestaat daarom op grond van het Bevb geen noodzaak tot het uitgebreid verantwoorden van het groepsrisico.

Figuur 6.1. Hogedruk aardgastransportleidingen en oplossingsrichtingen

7. MITIGERENDE EN COMPENSERENDE MAATREGELEN

Voor de viersporige situatie zijn geen aanvullende maatregelen noodzakelijk, naast de maatregelen die al getroffen zijn voor de tweesporige situatie. Voorwaarde hierbij is uiteraard wel dat deze maatregelen op dezelfde wijze worden geïmplementeerd in de viersporige situatie.

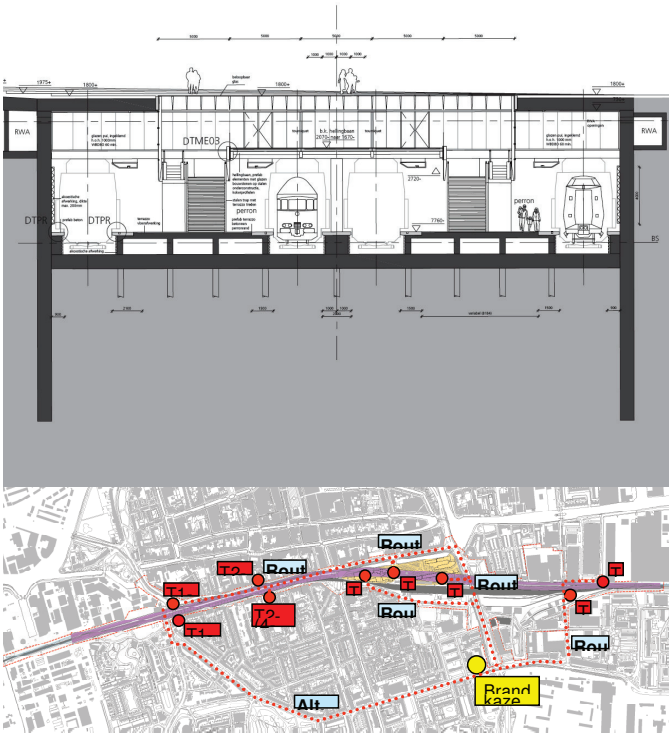
8. LITERATUURLIJST

[lit. 1.] Veiligheidsconcept spoortunnel en ondergronds station Delft (Tunnelveiligheids-concept), TCE, 9 april 2009.
[lit. 2.] De interne en externe veiligheid Spoorzone Delft - Een integrale rapportage, TCE, IE-SE20033010, april 2004.
[lit. 3.] Samenvatting CFD berekeningen station met hal, DRB, TCE151-12/kleb2/017, juni 2010.
[lit. 4.] Gemeente Delft, Bestemmingsplan Delft Spoorzone, 23 februari 2006.

BIJLAGE I VEILIGHEIDSCONCEPT SPOORTUNNEL EN ONDERGRONDS STATION DELFT

ProRail

Veiligheidsconcept spoortunnel en ondergronds station Delft



TCE

Stadsring 47-b

postbus 2023

3800 CA Amersfoort

telefoon 033 445 39 00

telefax 033 445 39 01

Witteveen+Bos en DB International

ProRail

Veiligheidsconcept spoortunnel en ondergronds station Delft

referentie	projectcode	status
	TCE151-8-925	definitief concept
projectleider	**projectdirecteur**	**datum**
ir. A.J.M. Snel	ir J. van de Velde	9 april 2009

autorisatie	naam	paraaf
goedgekeurd	ir A.J.M. Snel	

TCE

Stadsring 47-b

postbus 2023

3800 CA Amersfoort

telefoon 033 445 39 00

telefax 033 445 39 01

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd volgens ISO 9001 : 2000

© Transport Consultants and Engineers
Niets uit dit bestek/drukwerk mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van TCE, 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. Doelstelling rapportage 1
1.2. Toepasselijk ontwerp- en toetsingskader 1
1.2.1. Inleiding 1
1.2.2. Wettelijke voorschriften 1
1.2.3. Niet-wettelijke voorschriften 2
1.3. Systeemonderdelen TSD 2
1.4. Veiligheidsontwerpstudies sinds advies 2006 2
1.5. Vraagspecificaties en uitwerking 3
1.6. Stadskantoor met stationshal 3
1.7. Veiligheid bij twee- en viersporigheid 3
1.8. Parkeergarage Spoorsingel 3
1.9. Leeswijzer 4
1.10. Samenvatting TSD-veiligheidsconcept op hoofdlijnen 5
1.10.1. Rookbeheersing ondergronds station 5
1.10.2. Rookbeheersing tunnel 5
1.10.3. Brandbeheersing ondergronds station 6
1.10.4. Brandbeheersing tunnel 6
1.10.5. Ontvluchting ondergronds station 7
1.10.6. Ontvluchting tunnel 8
1.10.7. Repressie ondergronds station 10
1.10.8. Repressie tunnel 10
1.10.9. Raakvlakeisen 11

2. SYSTEEMBESCHRIJVING **12**
2.1. Inleiding 12
2.2. Station 12
Tunnelsysteem 13
2.4. Gebruik 14
2.5. Transport gevaarlijke stoffen 15

3. PREVENTIE **17**
3.1. Inleiding 17
3.2. Beperking ontsporingsrisico 17
3.2.1. Wet- en regelgeving 17
3.2.2. Basisconcept 17
3.3. Ontsporingsgeleiding 18
3.3.1. Wet- en regelgeving 18
3.3.2. Basisconcept 18
3.4. Seinplaatsing in spoortunnel 19
3.4.1. Inleiding 19
3.4.2. Wet- en regelgeving 19
3.4.3. Uitgangspunten 19
3.4.4. Ontwerpvarianten 19
3.4.5. Analyse en keuze seinontwerp 20
3.4.6. Analyse goederenvervoer 21
3.5. Ongevalspreventie vervoer gevaarlijke stoffen 22
3.5.1. Wet- en regelgeving 22
3.5.2. Basisconcept 22
3.6. Veiligheidseisen treinexploitatie 22

3.6.1. Bedrijfsregelingen 22
3.6.2. Basisconcept 23
3.6.3. Safe haven-principe in GOR Brand in tunnel 23
3.7. Programma van Eisen 24
3.7.1. Beperking ontsporingsrisico 24
3.7.2. Ontsporingsgeleiding 24
3.7.3. Seinplaatsing 24
3.7.4. Veiligheidseisen treinexploitatie 26
3.7.5. Raakvlakeisen 26

4. ROOKBEHEERSING TUNNEL EN STATION 27
4.1. Inleiding 27
4.2. Beperkingen vanuit functionaliteit TSD 27
4.3. Doelstelling ventilatieconcept 27
4.4. Wet- en regelgeving 27
4.4.1. Introductie 27
4.4.2. TSI-SRT 28
4.4.3. Bouwbesluit 2003 28
4.4.4. VEST 28
4.4.5. OVS 28
4.5. Basisconcept ventilatie 28
4.5.1. Basisconcept ventilatie spoortunnel 28
4.5.2. Basisconcept ventilatie ondergronds station 29
4.5.3. Interface aansturing ventilatie tunnel en station 29
4.5.4. Basisconcept ventilatie bovengronds stationsdeel 29
4.6. Aanpak ontwerp ventilatie-installaties 30
4.7. Analyses stationsventilatie 30
4.7.1. Inleiding 30
4.7.2. Stationsplattegrond 31
4.7.3. CFD-berekeningen 31
4.7.4. Maatgevend brandscenario 32
4.7.5. Resultaten CFD-berekeningen 32
4.7.6. Rookbeheersing in relatie tot ontvluchting station 35
4.8. Tunnelventilatie 36
4.8.1. Maatgevend brandscenario 36
4.8.2. Basisconcept 36
4.8.3. Effectiviteit langsventilatie 37
4.8.4. Aansturingsstrategie 37
4.9. Programma van Eisen 38
4.9.1. RWA-installatie perronniveau 38
4.9.2. Rookschermen perronniveau 38
4.9.3. Rookluiken in stationshal 39
4.9.4. Tunnelventilatie 39
4.9.5. Overdrukvoorzieningen 39
4.9.6. Stuwdrukventilatie 40
4.9.7. Rookbeheersing fietsenstalling 40
4.9.8. Raakvlakeisen 40

5. BRANDBEHEERSING TUNNEL EN STATION 41
5.1. Inleiding 41
5.2. Basisconcept 41
5.3. Brandwerendheid constructie tunnel en ondergronds station 41
5.3.1. Wet- en regelgeving 41

5.3.2. Basisconcept 42
5.4. Brandcompartimentering 43
5.4.1. Inleiding 43
5.4.2. Tunnel 43
5.4.3. Ondergronds station 43
5.5. Eisen aan toegepaste materialen 45
5.5.1. Wet- en regelgeving 45
5.5.2. Basisconcept 45
5.6. Kabels en leidingen 45
5.6.1. Wet- en regelgeving 45
5.6.2. Basisconcept 45
5.7. Opvang en afvoer van gevaarlijke vloeistoffen in tunnel 45
5.8. Branddetectie 46
5.8.1. Wet- en regelgeving 46
5.8.2. Basisconcept 46
5.9. Automatische brandbestrijding 47
5.9.1. Wet- en regelgeving 47
5.9.2. Basisconcept 47
5.10. Explosieveiligheid van de constructie 47
5.10.1. Inleiding 47
5.10.2. Wet- en regelgeving 48
5.10.3. Basisconcept 49
5.11. Energievoorziening installaties 49
5.11.1. Wet- en regelgeving 49
5.11.2. Basisconcept 50
5.12. Programma van Eisen 50
5.12.1. Brandwerendheid en compartimentering tunnel 50
5.12.2. Brandwerendheid en compartimentering ondergronds station 51
5.12.3. Materialisering 51
5.12.4. Kabels en leidingen 51
5.12.5. Opvang en afvoer van gevaarlijke vloeistoffen in tunnel 51
5.12.6. Branddetectie 51
5.12.7. Automatische brandbestrijding 52
5.12.8. Explosieveiligheid van de constructie 52
5.12.9. Energievoorziening installaties 52
5.12.10. Raakvlakeisen 54

6. ROOK- EN BRANDWERENDHEIDSEISEN SPECIFIEKE CONSTRUCTIES 55
6.1. Inleiding 55
6.2. Glasconstructies 55
6.2.1. Algemeen 55
6.2.2. Gedifferentieerde benadering voor TSD 55
6.2.3. Glazen brandscheiding fietsenstalling-ondergronds station 57
6.2.4. Glazen vloer van loopbrug mezzanine-fietsenstalling 57
6.2.5. Glazen downstands rondom stijgpunten op perronniveau 58
6.2.6. Verticale glazen scheiding mezzanine-perronniveau 59
6.2.7. Glazen daglichtvoorziening boven mezzanine 59
6.2.8. Glazen omhulling perronliften 60
6.2.9. Scheidingswand vluchtgang Noord boven sporen 60
6.3. Andere constructies 61
6.3.1. (Rol)trappen van perronniveau naar mezzanine, stationshal, fietsenstalling 61
6.3.2. Vluchtroute vanaf perron Noord via vluchtgang naar maaiveld 61
6.3.3. Vluchtroute vanaf perron Zuid naar maaiveld 61

6.3.4. Roosters RWA-afzuigopeningen 61
6.3.5. Fietsenstalling 62
6.3.6. Techniekruimten op perronkoppen (incl. deuren) 62
6.3.7. Brandweeropslagruimte op perronkoppen 62
6.3.8. Mezzaninevloer 62
6.3.9. Middenwand tunnel 62
6.4. Programma van Eisen 63
6.4.1. Rook- en brandwerendheidseisen glasconstructies 63
6.4.2. Rook- en brandwerendheidseisen overige constructies 64
6.4.3. Raakvlakeisen 65

7. BEHEERSING INCIDENTEN MET GEVAARLIJKE STOFFEN 66
7.1. Inleiding 66
7.2. Basisconcept 66
7.3. Analyse 66
7.3.1. Inleiding 66
7.3.2. Onderzoekskader 67
7.3.3. Vervoersgegevens 68
7.3.4. Potentiële GS-scenario's 68
7.3.5. Ongevalskansen 69
7.4. Resultaten 70
7.4.1. Conclusies op hoofdlijnen 70
7.5. Ontsporingsgeleiding 71
7.5.1. Wet- en regelgeving 71
7.5.2. Basisconcept 71
7.6. Opvang en afvoer van gevaarlijke vloeistoffen in tunnel 71
7.6.1. Wet- en regelgeving 71
7.6.2. Basisconcept 71
7.7. Gasdetectie 72
7.7.1. Wet- en regelgeving 72
7.7.2. Basisconcept 72
7.8. Compartimentering 73
7.8.1. Wet- en regelgeving 73
7.8.2. Basisconcept 73
7.9. Langsventilatie 73
7.9.1. Wet- en regelgeving 73
7.9.2. Basisconcept 73
7.10. Programma van Eisen 74
7.10.1. Opvang en afvoer van gevaarlijke vloeistoffen in tunnel 74
7.10.2. Gasdetectie 74
7.10.3. Compartimentering 74
7.10.4. Langsventilatie 74

8. ONTVLUCHTING STATION 75
8.1. Inleiding 75
8.2. Wet- en regelgeving 75
8.3. Referentieprojecten 76
8.4. Toetsingssystematiek 77
8.5. Basisconcept 77
8.6. Uitgangspunten 78
8.6.1. Situatieschets station Delft 78
8.6.2. Karakteristiek gebruik NS-station 78
8.6.3. Vluchtroutes vanaf perronniveau 78

8.7. Analyses en berekeningen 81
8.7.1. Aanpak 81
8.7.2. Scenario's 81
8.8. Uitwerking scenario's 81
8.8.1. Inleiding 81
8.8.2. Perronbezetting: aantal wachtenden per trein 81
8.8.3. Treinbezetting 82
8.8.4. Bezetting van mezzanine, stationshal en fietsenstalling 83
8.8.5. Scenario's Fase 1 (tweesporigheid) 83
8.8.6. Scenario's Fase 2 (viersporigheid) 83
8.9. Modellering 84
8.9.1. Geometrisch model 84
8.9.2. Loopsnelheden 85
8.9.3. Doorstroomcapaciteiten 86
8.9.4. Vluchtgedrag 86
8.10. Rekenresultaten 87
8.10.1. Handberekende ontruimingstijden Fase 1 en 2 87
8.10.2. Afwijkend model in STEPS-computersimulatie 88
8.10.3. Computerberekende ontruimingstijden Fase 1 89
8.11. Nadere beschouwing van resultaten 90
8.11.1. Vergelijking ontruimingsberekeningen 90
8.11.2. Perrons 91
8.11.3. Mezzanine 91
8.11.4. OVCP-poortjes 92
8.11.5. Stationsuitgangen 92
8.12. Programma van Eisen 93
8.12.1. Perronniveau en mezzanine 93
8.12.2. Fietsenstalling 94
8.12.3. Verlichting en vluchtwegaanduiding 94
8.12.4. Installaties 94
8.12.5. Raakvlakeisen 94

9. ONTVLUCHTING TUNNEL 96
9.1. Inleiding 96
9.2. Wet- en regelgeving vluchtroutes 96
9.2.1. Inleiding 96
9.2.2. TSI-SRT 96
9.2.3. Bouwbesluit 97
9.2.4. VEST 97
9.3. Wet- en regelgeving vluchtwegverlichting 98
9.3.1. TSI-SRT 98
9.3.2. VEST 99
9.3.3. Bouwbesluit 99
9.4. Uitgangspunten 99
9.4.1. Incidentscenario 99
9.4.2. Vluchtgedrag 100
9.5. Basisconcept 101
9.5.1. Zelfredzaamheid 101
9.5.2. Ontruimingsduur 101
9.5.3. Vluchtroutes 101
9.5.4. Vluchtwegverlichting en vluchtwegoriëntatie 104
9.5.5. Noodstroomvoorziening 104
9.5.6. Ontruimingsalarmering 105

9.6. Analyses en berekeningen 105
9.6.1. Doelstelling 105
9.6.2. Scenario's noordelijk tunnelbaanvak 105
9.6.3. Gevoeligheidsanalyse tussenafstand vluchtdeuren 106
9.6.4. Simulatieresultaten 106
9.6.5. Beschouwing van de resultaten 108
9.6.6. Conclusies 111
9.7. Programma van Eisen 112
9.7.1. Compartimentering tunnel 112
9.7.2. Vluchtroutes in tunnel 112
9.7.3. Verlichting en vluchtwegaanduiding in tunnel 112
9.7.4. Noodstroomvoorziening 113
9.7.5. Ontruimingsalarmering 113
9.7.6. Raakvlakeisen 113

10. REPRESSIE TUNNEL EN STATION 114
10.1. Algemene benadering 114
10.2. Wet- en regelgeving 114
10.3. Algemeen basisconcept 115
10.4. Uitgangspunten 115
10.5. Analyses en berekeningen 115
10.6. Analyse brandbestrijding en hulpverlening 115
10.6.1. Aanpak 115
10.6.2. Uitgangspunten 116
10.6.3. Analyseresultaten 116
10.7. Analyse geneeskundige hulpverlening 122
10.7.1. Aanpak 122
10.7.2. Scenario's voor GHOR-processen 123
10.7.3. Analyseresultaten 123
10.7.4. Optimalisaties basisconcept 123
10.8. Bestrijding incidenten met gevaarlijke stoffen 124
10.8.1. Inleiding 124
10.8.2. Wet- en regelgeving 125
10.8.3. Uitgangspunten 125
10.8.4. Basisconcept 125
10.8.5. Conclusies 128
10.9. Bereikbaarheid en toetreding 128
10.9.1. Wet- en regelgeving 128
10.9.2. Basisconcept 128
10.10. Brandbestrijdingsvoorzieningen in station 131
10.10.1. Wet- en regelgeving 131
10.10.2. Basisconcept perronniveau 131
10.10.3. Basisconcept fietsenstalling 132
10.11. Brandbestrijdingsvoorzieningen in tunnel 132
10.11.1. Wet- en regelgeving 132
10.11.2. Basisconcept tunnel 132
10.11.3. Gasblusinstallatie in technische ruimten in tunnel 133
10.12. Informatievoorziening, communicatie en bediening 133
10.12.1. Brandweercommmandoruimte 133
10.12.2. Brandweerinformatiepaneel 134
10.12.3. Communicatiemogelijkheden 134
10.13. Bedieningsmogelijkheden van veiligheidsinstallaties 134
10.14. Programma van Eisen 135

10.14.1. Aanrijdroutes en opstelplaatsen 135
10.14.2. Toetreding en aanvalsroutes 135
10.14.3. Brandbestrijdingsvoorzieningen 135
10.14.4. Informatievoorziening en bediening 136
10.14.5. Communicatie 136
10.14.6. Raakvlakeisen 137

11. BESTURING TTI BIJ INCIDENTEN 138
11.1. Inleiding 138
11.1.1. Algemeen 138
11.1.2. Functionele TTI-vraagspecificatie 138
11.1.3. Installaties versus veiligheidsfuncties 138
11.1.4. Afwijkend TTI-ontwerp 138
11.1.5. TVL-systeem 138
11.2. Functionele TTI-analyse 139
11.2.1. Schema van analysesystematiek 139
11.2.2. Lines of Defense TSD 139
11.2.3. Veiligheidsfuncties TSD 140
11.2.4. Rol van een VF binnen de TSD-incidentscenario's 140
11.3. Rol van een TTI bij beschikbaarheid van een VF 141
11.3.1. Bijdrage van elke TTI aan een VF 141
11.4. Grenswaarden voor werking van TTI-systemen 142
11.4.1. Inleiding 142
11.4.2. Veiligheidswaarde 142
11.4.3. Bodemwaarde 142
11.5. Concepten voor automatische TTI-besturing 143
11.5.1. Algemeen 143
11.5.2. Scenarioafhankelijke TTI-besturing 143
11.5.3. Statusafhankelijke TTI-besturing 144
11.5.4. Signaalafhankelijke TTI-besturing 145
11.5.5. Keuze TTI-besturingsconcept voor TSD 146
11.6. TTI-classificatie uit oogpunt van besturing 147
11.6.1. Algemeen 147
11.6.2. Detecterende en signaalgevende TTI 147
11.6.3. Standaard in bedrijf zijnde TTI 147
11.6.4. Aan te sturen TTI voor actieve incidentbeheersing 148
11.7. Automatische TTI-besturing op basis van inkomende signalen 149
11.7.1. Inleiding 149
11.7.2. Robuuste veiligheidsreactie 149
11.7.3. Automatische besturingstabel 150
11.7.4. Calamiteitenstatus TSD 151
11.8. TVL-beheerssysteem 152
11.8.1. Inleiding 152
11.8.2. Uitgangspunten TVL-beheerssysteem 152
11.8.3. TVL-beslisprocedure 152
11.8.4. TVL-logica 153
11.9. Conclusies 155
11.10. Programma van Eisen 156

12. GEFASEERDE AANLEG TSD 157
12.1. Inleiding 157
12.2. Vraagspecificatie 2-sporigheid 157
12.3. Implementatie veiligheidsconcept bij gefaseerde aanleg 157

13. RAAKVLAKKEN MET STATIONSHAL, STADSKANTOOR EN PARKEERGARAGE PSS159
13.1. Inleiding 159
13.2. Raakvlakken met stadskantoor en stadshal 160
13.3. Raakvlak met Parkeergarage Spoorsingel (PSS) 161

BIJLAGE I-1 INHOUD VEILIGHEIDSDOSSIER TSD 162

BIJLAGE I-2 FPVE 163

BIJLAGE I-3 VO STATIONSGEBOUW (MECANOO/LBP) 164

BIJLAGE I-4 TTI-PAKKET EN ENERGIEVOORZIENING TTI BIJ STORINGEN 165

BIJLAGE III-1 Generieke Operationele Regeling - Brand in tunnel 166

BIJLAGE III-2 Selectie van veiligheidsregels uit Handboek Machinist en Hoofdconducteur 167

BIJLAGE V-1 NEDERLANDSE PROJECTREFERENTIES VENTILATIE 176

BIJLAGE V-2 AANVULLENDE VEST-EISEN INZAKE VENTILATIECONCEPT 177

BIJLAGE V-3 EISEN OVS INZAKE VENTILATIECONCEPT 179

BIJLAGE V-4 EISEN VENTILATIE FPVE VEILIGHEID (VERSIE 2007) 180

laatste bladzijde **2**

1. INLEIDING

1.1. Doelstelling rapportage

Deze rapportage geeft een toelichting op het veiligheidsconcept van het project Tunnel en Station Delft (TSD). Het is de neerslag van de ontwikkelingen op gebied van veiligheid binnen het project sinds 2003. Het document maakt deel uit van het *Veiligheidsdossier* van TSD dat in 2009 voor een adviesvraag aan de Commissie Tunnelveiligheid zal worden voorgelegd. Ook resumeert het eisen op gebied van brandveiligheid ten behoeve van het DO Afbouw van het ondergrondse station door Benthem Crouwel Architekten (BCA).

Voor een volledig inzicht in de veiligheidsontwerpeisen, het veiligheidsontwerp en de onderbouwing hiervan wordt verwezen naar de *Vraagspecificatie voor het project 'Spoor & Stad Delft'* - zoals onderdeel van het contract met de aannemer – alsmede naar de overige documenten in het *Veiligheidsdossier*. Op grond van de keuze van de opdrachtgever voor een functionele formulering van de *Vraagspecificatie* heeft de aannemer nog een gedeeltelijke uitwerking van het ontwerp tot taak.

1.2. Toepasselijk ontwerp- en toetsingskader

1.2.1. Inleiding

In deze rapportage is voor een groot aantal onderwerpen aangegeven welke wet- en regelgeving alsmede niet-wettelijke normen relevant zijn voor TSD-veiligheidsontwerp. Als belangrijke voorschriftem worden hier genoemd (zie de Vraagspecificatie voor een compleet overzicht):

- Wettelijke voorschriften:
  - *Spoorwegwet 2003* c.a.: algemene regelgeving omtrent spoorwegen;
  - *Woningwet* & *Bouwbesluit 2003* (BB 2003): regelgeving voor bouwwerken (brandveiligheid);
  - *Wet Aanvullende Regels Veiligheid Wegtunnels* (WARVW) c.a.: regelgeving voor wegtunnels;
  - *Technical Specification of Interoperability – Safety of Railway Tunnels* (TSI-SRT): inhoudelijke uitwerking van *EU-richtlijn 2001/16/EG* voor veiligheid van spoortunnels;
- Niet-wettelijke voorschriften:
  - *Veiligheidseisen voor treintunnels - Matchen van Europese TSI en nationale praktijk* (VEST): eisenvoorstel (versie 12, 2008) aanvullend op TSI-SRT ter opname in Nederlandse wetgeving;
  - *Ontwerpvoorschriften Kunstwerken* (OVS00030 d.d. september 2003): ProRail-voorschriften voor ontwerp van kunstwerken in *heavy rail*-spoorprojecten, waaronder tunnels en stations;
  - *Basisstation*: ProRail-voorschiften voor functioneel en ruimtelijk ontwerp van spoorstations.

Onderstaand worden genoemde voorschriften nader toegelicht.

1.2.2. Wettelijke voorschriften

De meer algemene regels van *Spoorwegwet 2003* c.a. worden hier niet besproken.

Bouwbesluit 2003 stelt eisen geen specifieke eisen voor spoortunnels en stations. Wel worden eisen gesteld aan een station als zgn. 'overige gebruiksfuncties (voor het personenvervoer)', en een tunnel als zgn. 'bouwwerk geen gebouw zijnde', de gebruiksfunctie waarbinnen beide volgens het Bouwbesluit vallen. Deze eisen zijn overwegend in functionele termen gesteld en worden niet op prestatieniveau uitgewerkt, zodat de concrete invulling hiervan binnen het project TSD (ontwerpmaatregelen) op basis van andere wetgeving, inhoudelijke deskundigheid c.q. *fire safety engineering* dient plaats te vinden.

WARVW is alleen toepasselijk op TSD voor zover daarin de tunnelbeheerder de verplichting wordt opgelegd advies te vragen aan de Commissie Tunnelveiligheid over het TVP en Bouwplan (BP).

In 2007 is de *EU-richtlijn 2001/16/EG* in werking getreden. Op grond van de richtlijn zijn technische specificaties opgesteld zoals bedoeld in Art. 2 sub g van de richtlijn, waaronder de zgn. TSI-SRT

(*Technical Specification of Interoperability – Safety of Railway Tunnels*). Hierin zijn uniforme veiligheidsregels geformuleerd voor spoorwegtunnels binnen het conventionele trans-Europees spoorwegsysteem (en het trans-Europees hogesnelheidsspoorwegsysteem). De eisen gaan op onderdelen minder ver dan de gangbare Nederlandse praktijk. De TSI-SRT is van kracht sinds 1 juli 2008.

Krachtens Art. 10 lid 1 sub a jo. Art. 11 lid 1 sub a van de *Spoorwegwet 2003* dienen spoorprojecten te voldoen aan de TSI-SRT, dat daarmee onderdeel uitmaakt van het wettelijk toetsingskader voor TSD. Op grond van de *Woningwet* dienen de bouwtechnische voorschriften binnen de TSI overigens opgenomen te worden in het Bouwbesluit (zie ook VEST).

1.2.3. Niet-wettelijke voorschriften

Veiligheidseisen voor treintunnels (VEST), opgesteld door een werkgroep van experts onder regie van het Ministerie van Binnenlandse Zaken, doet een voorstel voor aanvullende Nederlandse wetgeving, bovenop de eisen van de TSI-SRT. Hiermee wordt invulling gegeven aan het gangbare hogere veiligheidsniveau in Nederlandse tunnels, vergeleken met het niveau zoals vastgelegd in de TSI-SRT.

VEST (versie 11 d.d. maart 2007) wordt ondersteund door ProRail (zie brief ProRail Raad van Bestuur aan V&W d.d. 10 mei 2007), BZK, IVW en NVBR en wordt aldus breed gedragen. Enkele tekstuele aanscherpingen (geen inhoudelijke aanpassingen) hebben geleid tot eindversie 12 d.d. januari 2008.

Het tijdpad voor de verwachte implementatie van VEST in het Bouwbesluit staat niet vast (mogelijk 2010, in het kader van een geplande herziening van het Bouwbesluit). VEST biedt echter nu reeds een belangrijk inhoudelijk kader met de recentste Nederlandse visie op veiligheid van spoortunnels. VEST is onderdeel van het toetsingskader gehanteerd door de Commissie Tunnelveiligheid. Hierbij wordt de kanttekening geplaatst dat VEST niet voor alle onderwerpen een volledige uitgewerkt eisenpakket kent.

In *Ontwerpvoorschriften Kunstwerken* (OVS00030) en *Basisstation* zijn de ontwerpeisen van ProRail voor kunstwerk en in *heavy rail*-spoorprojecten, waaronder tunnels en stations, geformuleerd.

1.3. Systeemonderdelen TSD

De volgende onderdelen van TSD komen aan bod:
- spoortunnel;
- ondergronds treinstation;
- ondergrondse fietsenstalling boven sporen;

Ook komen de raakvlakken met de volgende bouwdelen die buiten de TSD-scope vallen aan de orde:
- stadskantoor (Het Nieuwe Kantoor / HNK) (ontwerp Mecanoo/LBP);
- bovengrondse stationshal (ontwerp Mecanoo/LBP), opgenomen in bouwvolume van stadskantoor;
- ondergrondse parkeergarage Spoorsingel (ten westen van noordelijk tunneldeel);
- maaiveldinrichting (ontwerp Busquets).

1.4. Veiligheidsontwerpstudies sinds advies 2006

Sinds het advies van de Commissie Tunnelveiligheid van juni 2006 zijn als onderdeel van het lopende ontwerpproces en opstellen van de vraagspecificaties verschillende veiligheidsgerelateerde studies uitgevoerd. De volgende studies met een rol voor veiligheid kunnen worden genoemd:
- scenarioanalyse zelfredzaamheid en hulpverlening (juni 2006);
- evacuatieanalyse spoortunnel Delft (juli 2006);
- scenarioanalyse GHOR (februari 2007);
- CFD-analyses rookbeheersing station (juli 2006);
- seinplaatsing (april 2008);
- besturing TTI (januari 2009);
- brandveiligheid stadskantoor (augustus 2008, extern ontwerptraject in opdracht van gemeente).

1.5. Vraagspecificaties en uitwerking

Na het advies van de Commissie Tunnelveiligheid in 2006 zijn de volgende overkoepelende documenten met betrekking tot veiligheid van de tunnel binnen het project opgesteld:

- *Vraagspecificatie Veiligheid 1.1* (onderdeel van totale *Vraagspecificatie* aan de aannemer)
- *Definitief programma van eisen veiligheid*, versie 09 d.d. 9 jan 2007 (functioneel geïntegreerd in de contractstukken).

Hierin en in andere contractdocumenten zijn de uitkomsten van bovengenoemde onderzoek verwerkt.

Het project is als design & construct-opdracht in de markt gezet en gegund aan aannemer Combinatie Cromme Lijn (CCL) die het ontwerp verder zal uitwerken. Uit oogpunt van fasering wordt de bouwaanvraag voor de eerste ruwbouw in de eerste helft van 2009 ingediend. De onderliggende stukken vormen hierbij vanuit veiligheid de basis van de bouwaanvraag.

In het vervolgtraject zullen door de aannemer als onderdeel van zijn contract o.a. de volgende veiligheidsaspecten verder uitgewerkt worden:

- ontwerp en detaillering tunnelinstallaties;
- safety case en RAMS-analyse;
- installatieontwerp RWA-systeem station;
- ontwerp tunnelventilatie en aantoonbaarheid effectiviteit conform specificaties.

1.6. Stadskantoor met stationshal

Het Stadskantoor – met daarin opgenomen de bovengrondse NS-stationshal - is op dit moment uitgewerkt tot een voorlopig ontwerp (Mecanoo). Als onderdeel van het VO is een brandveiligheidsrapport opgesteld (LBP d.d. augustus 2008), waarin stadskantoor en stationshal op basis van het Bouwbesluit c.a. zijn uitgewerkt. Deze plannen zijn in opdracht van Ontwikkelbedrijf Spoorzone Delft (OBS Delft) opgesteld, worden apart aanbesteed en maken dus geen onderdeel uit van de TSD-vraagspecificatie.

Op gebied van brandveiligheid is wel sprake van enkele raakvlakken met TSD. Deze veiligheidsraakvlakken en de bijbehorende ontwerpoplossingen zijn onderling tussen OBS en ProRail afgestemd en geborgd. In het overkoepelende veiligheidsconcept is dit nader toegelicht (zie ook Hoofdstuk 13).

1.7. Veiligheid bij twee- en viersporigheid

In de vigerende Vraagspecificatie voor TSD (tunnel en ondergronds station) wordt uitgegaan van de bouw van een tunnelcasco geschikt voor gebruik van 4 sporen, waarvan in eerste instantie alleen oostelijke helft afgebouwd wordt voor 2-sporige exploitatie. In het westelijke cascodeel zijn alleen afwateringsvoorzieningen en tijdelijke oriëntatieverlichting (uit oogpunt van arbeidsomstandigheden) voorzien.

TSD dient vervolgens vanuit de tijdelijke 2-sporige situatie zonder zware ingrepen geschikt gemaakt te kunnen worden voor de toekomstige 4-sporige exploitatie. Het veiligheidsconcept van TSD dient daarom zowel de 4-sporige eindsituatie als de 2-sporige tussensituatie af te dekken. In Hoofdstuk 12 *Gefaseerde aanleg TSD* is toegelicht hoe hiermee in het veiligheidsconcept is omgegaan.

1.8. Parkeergarage Spoorsingel

De Parkeergarage Spoorsingel (PSS) maakt onderdeel uit van de TSD-vraagspecificatie. Vanuit veiligheid is hiervoor een aparte eisenspecificatie PSS opgesteld (document 0.3 van vraagspecificatie). Het PSS-ontwerp is op dit moment conceptueel uitgewerkt door de Gemeente Delft. De verdere uitwerking maakt onderdeel uit van het TSD-contract en zal door de aannemer opgepakt worden. In onderhavig brandveiligheidsconcept voor TSD wordt daarom geen toelichting gegeven op het PSS-ontwerp.

In de PSS-vraagspecificatie is aangesloten bij de *Praktijkrichtlijn Brandveiligheid Parkeergarages* (Hulpverleningsregio Haaglanden d.d. 1 december 2005), de vertaling van de landelijke brandveiligheidseisen van het Bouwbesluit, specifiek voor parkeergarages in regio Haaglanden (Regionale Commissie Bouwen en Infrastructuur).

Tunnel en Station Delft (TSD) functioneert geheel onafhankelijk van Parkeergarage spoorsingel (PSS). Enige uitzondering vormt het toetredingspunt tot de tunnel T2-west (halverwege noordelijk tunneldeel), dat toegankelijk is vanuit PSS. Dit toetredingspunt is opnomen ter verbetering van de repressiemogelijkheden in de spoortunnel en wordt functioneel in de 4-sporige situatie, op voorwaarde dat PSS ook daadwerkelijk gerealiseerd gaat worden (zie ook § 10.9.2 en § 13.3). Verder bestaan geen veiligheidsraakvlakken tussen TSD en PSS.

1.9. Leeswijzer

In deze rapportage worden achtereenvolgens de volgende veiligheidsthema's behandeld:

- Hoofdstuk **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** ***Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.***
- Hoofdstuk 3 *Preventie*
- Hoofdstuk 4 *Rookbeheersing tunnel en station*;
- Hoofdstuk 5 *Brandbeheersing tunnel en station*;
- Hoofdstuk 6 *Rook- en brandwerendheidseisen*;
- Hoofdstuk 7 *Beheersing incidenten met gevaarlijke stoffen*;
- Hoofdstuk 8 *Ontvluchting station*;
- Hoofdstuk 9 *Ontvluchting tunnel*;
- Hoofdstuk 10 *Repressie tunnel en station*;
- Hoofdstuk 11 *Besturing TTI bij incidenten*;
- Hoofdstuk 12 *Gefaseerde aanleg TSD*;
- Hoofdstuk 13 *Raakvlakken met stationshal, stadskantoor*.

De veiligheidsthema's worden in beginsel volgens een vast stramien behandeld:

- Inleiding: achtergronden en kaderstelling;
- Wet-en regelgeving: hoofdlijnen van de toepasselijke wettelijke en niet-wettelijke regels en normen;
- Basisconcept: hoofdlijnen van de uiteindelijk ontwerpoplossing;
- Uitgangspunten: inhoudelijke uitgangspunten die ten grondslag liggen aan de gekozen oplossing;
- Analyses en berekeningen: hoofdlijnen van de onderbouwing van de ontwerpoplossing;
- Programma van Eisen: resumering van veiligheidseisen en -ontwerp op de belangrijkste punten.

Voor een aantal subthema's of ontwerponderdelen zijn de wet- en regelgeving en het basisconcept apart uitgewerkt.

Na de behandeling van elk thema wordt het PvE op de belangrijkste punten geresumeerd. Benadrukt wordt dat alleen de *Vraagspecificatie voor het project 'spoor & Stad Delft'* (ProRail AKI) - waarin een volledig overzicht van eisen is opgenomen - leidend is richting de aannemer. Geadviseerd deze bij lezing van onderhavig document parallel te raadplegen.

Voor een meer gedetailleerde en volledige onderbouwing van het veiligheidsconcept wordt verwezen naar de documenten die onderdeel vormen van het *Veiligheidsdossier Tunnel en Ondergronds Station Delft* (DTB, 2009). Onderhavige rapportage maakt onderdeel uit van dat Veiligheidsdossier.

1.10. Samenvatting TSD-veiligheidsconcept op hoofdlijnen

1.10.1. Rookbeheersing ondergronds station

Rook- en warmteafvoerinstallatie (RWA)
Het ondergrondse perronniveau en de bovengrondse stationshal staan in open verbinding met elkaar langs de weg van het stijgpunt via de mezzanine (vide). Daarom vormt het station als geheel in formele zin één rookcompartiment. Om op gelijkwaardige wijze te voldoen aan de eisen omtrent rookbeheersing wordt daarom een rookbeheersingsconcept toegepast bestaande uit een rook- en warmteafvoerinstallatie (RWA) in combinatie met rookschermen rondom de stijgpunten en vluchttrappen (zie hierna). Dit is getoetst in CFD-berekeningen voor de verspreiding en afvoer van rook en warmte, gegeven de projectspecifieke maatgevende brandscenario's.

Bij brand wordt rook en warmte afgezogen langs beide buitenwanden van het ondergrondse station volgens het concept van semi-transversale ventilatie. Hiertoe zijn verdeeld over de volledige lengte van de perrons RWA-afzuigopeningen (met roosters) aangebracht op korte afstand onder het stationsplafond. De openingen zijn voorzien van kleppen die in een vaste stand gezet worden. De rook wordt afgevoerd via twee RWA-langskanalen die direct naast de buitenwanden gelegen zijn. Deze voeren op hun beurt af op één gezamenlijke schacht die naar de buitenlucht uitblaast. De langskanalen zijn voorzien van afzuiginstallatie(s) met bijbehorende ventilatoren en geluiddempers. De effectiviteit van de afzuiging in de zone rondom de mezzanine wordt geoptimaliseerd door een uitgekiende instelling van de kleppen. De aannemer doet het definitief ontwerp voor de kanalen en de configuratie van de afzuiginstallaties (opties zijn bijv. één installatie per langszijde of één totaalinstallatie).

De RWA wordt automatisch opgestart op basis van branddetectie in het station boven de sporen.

Rookschermen rondom stijgpunten
De toevoerende (rol)trappen naar de mezzanine, alsmede de trappen naar de fietsenstalling en de vluchttrappen naar het maaiveld bij beide perronkoppen worden rondom van (glazen) rookschermen voorzien. De onderzijde van deze zgn. *downstands* bevinden zich op 3.500 mm boven perronvloerniveau. Door het opnemen van glazen rookschermen langs de mezzaninecontour tussen plafond van het ondergrondse station en de mezzaninevloer wordt de mezzanineniveau gescheiden van het omringende perronniveau.

Deze maatregelen borgen dat de vluchtroutes gedurende de perronontruiming rookvrij en dus functioneel blijven. Hiermee worden ook de aansluitende ruimten, zoals de bovengelegen stationshal en de fietsenstalling, gedurende de vluchtduur rookvrij gehouden.

Bij eventuele rook *spill* via de mezzanine naar de stationshal (bijv. na afloop van de geborgde rookbeheersingsduur of in geval van extreme scenario's) verzorgen rookluiken in het plafond van de stationshal de rookafvoer (raakvlakeis).

1.10.2. Rookbeheersing tunnel
In de tunnels wordt langsventilatie opgenomen.

Als primaire doelstelling biedt de langsventilatie een borging van de veilige evacuatie uit een reizigerstrein in geval van een brandincident in een reizigerstrein. Voor de tunnel is sprake van een standaard vluchtconcept, waarbij reizigers in langsrichting ontvluchten en via zijdeuren (h.o.h. 75 m) de naastgelegen veilige buis bereiken en doorvluchten richting perron of tunnelmonden. Door de keuze voor langsventilatie in de tunnelbuis kan bovenwinds van de brandlocatie in de incidentbuis een veilige vluchtroute worden geboden, die verder loopt via de veilige niet-incidentbuis naar tunnelmond of station. Dit ventilatieconcept sluit aan bij de gangbare aanpak voor spoortunnels.

Benedenwinds zal sprake zijn van opmenging van rook, waarbij de mate waarin het incident zich ontwikkeld heeft de rookconcentratie bepaalt. Langs de trein zullen bij maximale ventilatie-intensiteit hoge windsnelheden optreden, zodat daar sprake zal zijn van aanmerkelijke opmenging. Voor de borging van het vluchtproces zijn eisen gesteld aan de evacuatieduur vanuit de incidentbuis: maximaal 10 min. Door de vluchtdeurtussenafstand van 75 m wordt ruim hieraan voldaan (ca. 4 min). De brand- en rookontwikkeling zal in dat tijdsbestek nog slechts beperkt zijn; de ontwerpwaarden voor de ventilatiecapaciteit zullen dan voldoende zijn.

Ten tweede ondersteunt de langsventilatie eventuele hulpverlening en repressie door één zijde zo lang mogelijk begaanbare condities voor de hulpdiensten te bieden (VEST Art. 4.7.9).

1.10.3. Brandbeheersing ondergronds station

Brandcompartimentering
Uit oogpunt van brandbeheersing worden de fietsenstalling uitgevoerd als apart brandcompartiment. De scheiding met het perronniveau wordt uitgevoerd door middel van een brandwerende glazen wand. De stijgpunten van perron naar de stalling worden in de stalling zelf rondom voorzien van een brandscheiding met deuren. Ook de scheiding tussen stalling en mezzanine wordt als brandscheiding uitgevoerd.

Ook de vluchtgang die aansluitend op de noordelijke vluchttrap naar maaiveld leidt is met behulp van een brandwerende (glazen)wand gescheiden van de rest van het perronniveau uit oogpunt gebruik voor van ontvluchting en toetreding.

De ondergrondse technische ruimten worden ook als brandcompartiment uitgevoerd en (voor zover daarin veiligheidsrelevante installaties aanwezig zijn) voorzien van een automatische gasblusinstallatie.

Gedifferentieerde brandwerendheidseisen
Aan elke compartimentscheiding en elk rookscherm (en glazen vloeren zonder compartimenteringsfunctie) worden brandwerendheidseisen (tijdsduur van functiebehoud bij brandcurve of temperatuursbelasting) gesteld die zijn afgestemd op de specifieke functie van die component, gegeven de projectspecifieke omstandigheden en de geldende (tunnel)veiligheidsregelgeving.

1.10.4. Brandbeheersing tunnel

Brandcompartimentering
De hoofddraagconstructie van de tunnel is 2 uur brandwerend op basis van de RWS-brandcurve.

De sporen zijn ondergebracht in enkelsporige tunnelkokers, van elkaar gescheiden door brandwerende wanden met brandwerende vluchtdeuren (120 min brandwerendheid op basis van de RWS-curve). Ook de deur naar het toetredingstrap T2 (direct toegankelijk vanuit noordelijk tunnelbaanvak, km 68,85), alsmede T1 en T6 (toetreding en ontvluchting) zijn 120 min brandwerend uitgevoerd bij de RWS-curve.

Door de brandscheidende wanden kan een brandgevaarlijke stof die vrijkomt uit een goederentrein zich niet verspreiden naar de naastgelegen sporen. Het brandgevaar wordt aldus beperkt tot het spoor waarop de trein zich bevindt. Dit beperkt de omvang van de direct getroffen zone. Ook verbetert dit de bestrijdingsmogelijkheden door de beschikbaarheid van aanvalsroutes vanuit een veilige tunnelbuis en de ontvluchtingsmogelijkheden via die veilige buis.

Beheersing incidenten met gevaarlijke stoffen
TSD beperkt de risico's bij scenario's met vrijkomen van gevaarlijke vloeistoffen of gassen uit een goederentrein door de volgende twee mitigerende ontwerpmaatregelen:
- afvoer van GS-vloeistof via putten naar de vloeistofopvangkelder;

- beperking van bronsterkte (verdampingssnelheid) door opname van vloeistof in ballastbed.

Het systeem voert toxische of brandbare vloeistoffen in eerste instantie dwarsrichting af naar een kanaal onder de kabelkoker en vervolgens in langsrichting naar de betreffende vloeistofopvangkelder. Er zijn drie opvangkelders: kelder voor noordelijk tunneldeel (nabij toerit), kelder voor middendeel (inclusief station) en kelder op zuidelijk tunneldeel (nabij toerit). Ter bevordering van de zijwaartse afstroming is sprake van een dwarshelling van de tunnelvloer van 1:100.

Vanwege de aanwezigheid van ontsporingsgeleiding wordt verwacht dat er bij ontsporing van een goederentrein maximaal één ketelwagen (80 m³) lek slaat. Elk van de vloeistofopvangkelders met de bijbehorende (explosieveilige) pompvoorzieningen wordt gedimensioneerd op een opvang van gelekte vloeistoffen vermeerderd met de maatgevende hoeveelheid bluswater (incidentbestrijding) alsmede regenwater (toeritten), lekwater (tunnelconstructie), inrijd- en condenswater (trein). Bij een incident worden de rioolafvoerpompen (naar riool) uitgeschakeld ter voorkoming van milieuverontreiniging.

Energievoorziening
In beginsel worden installaties (afgezien van tractiestroomsysteem) gevoed vanuit het openbare elektriciteitsnet. Bij storing of uitval van deze energievoorziening worden bepaalde installaties gevoed vanuit een noodstroomvoorziening,

1.10.5. Ontvluchting ondergronds station

Zelfredzaamheid en gelijkwaardigheid
Uitgangspunt voor het ontvluchtingsconcept van het station is zelfredzaamheid. De prestatie-eisen van het Bouwbesluit worden op basis van gelijkwaardigheid ingevuld met behulp van aanvullende voorzieningen in de vorm van een RWA-installatie en rookschermen rondom de stijgpunten. Hiermee wordt aangesloten op het basisprincipe van zowel het Bouwbesluit alsook de VEST ten aanzien van veilige ontvluchting.

Concreet betekent dit dat de volgende ontwerpbenadering is aangehouden:
- benodigde ontruimingstijd (van perronniveau en station) is bepaald op basis van evacuatieberekeningen voor de maatgevende bezettingsgraadscenario´s (RSET, *Required Safe Egress Time*);
- beschikbare ontvluchtingstijd is door middel van CFD-berekeningen van rookverspreiding bepaald, waarbij de zgn. *tenability conditions* (begaanbaarheidscriteria) als maatstaf gelden voor een veilige vluchtroute (ASET, *Available Safe Egress Time*).

Getoetst is vervolgens of ASET > RSET en dus of een veilige ontvluchting wordt geborgd (benadering conform *fire safety engineering*). Uit de berekeningen blijkt dat hieraan wordt voldaan.

Maximale vluchtafstand perronniveau
Voor het ondergrondse perronniveau zal niet op alle locaties kunnen worden voldaan aan de standaardeisen voor vluchtafstanden (maximaal 30 m) tot de uitgang van het rookcompartiment. Daar sprake is van een RWA-installatie in het station is op basis van gelijkwaardigheid één groot compartiment met langere loopafstanden aanvaardbaar. Hierbij dient de volgende stijgpuntconfiguratie als uitgangspunt:
- tweezijdige ontvluchtingsmogelijkheden op elk deel van het perron;
- een vluchtafstand tot het dichtstbijzijnde stijgpunt van maximaal 60 m.

Ten opzichte van het plan zoals eerder beoordeeld door de Commissie Tunnelveiligheid is er een extra opgang (tevens vluchtroute) toegevoegd, te weten die van het perronniveau naar de fietsenstalling.

Maximale ontvluchtingsduur NS-station
Daar het perronniveau, mezzaninestijgpunt en stationshal als één compartiment moet worden gezien zal de totale ontruimingseis van 15 minuten als aanvullend toetscriterium voor het NS-station in zijn totaliteit (ondergronds plus bovengronds) worden gehanteerd. Ook hieraan wordt voldaan.

Beschikbare vluchtroutes perronniveau en fietsenstalling
Per perron zijn er twee stijgpunten die via de mezzanine naar de bovengrondse stationshal leiden (één voor het noordelijk deel van het perron en één voor het zuidelijk deel van het perron). Elk stijgpunt bestaat uit 1 roltrap en 1 vaste trap. Vanaf het mezzanineniveau leidt vervolgens één breed stijgpunt met 2 vaste trappen en 3 roltrappen naar de stationhal. De lift op elk perron naar de stationshal vervult geen formele functie in het ontvluchtingsconcept.

In de bovengrondse stationshal (ontwerp valt buiten bestek van TSD) zijn rondom het stijgpunt vanaf de mezzanine OVCP-controlepoortjes geplaatst. Deze dienen automatisch te worden opengestuurd bij een ontruimingsalarm om over voldoende doorstroomcapaciteit te beschikken. Vervolgens zijn er vanuit de stationshal meerdere uitgangen naar de openbare ruimte beschikbaar. De stationshal is opgenomen in het bouwvolume van het nieuwe stadskantoor. Evacuatietechnisch is er echter geen sprake van een interactie tussen stationshal en stadskantoor. Het stadskantoor heeft de beschikking over eigen vluchtroutes en maakt voor ontruiming geen gebruik van de stationshal.

Per perron zijn in aanvulling op de mezzaninestijgpunten 3 vluchtroutes uit het rookcompartiment (perronniveau) beschikbaar:
- één stijgpunt (vaste trap) naar de fietsenstalling (zie hieronder)
- één vluchttrap aan de noordkop van het perron;
- één vluchttrap aan de zuidkop van het perron.

De twee vluchttrappen leiden direct naar maaiveld (bij de noordelijke nooduitgang eerst nog via een vluchtgang bovenlangs de sporen).

De aanwezigheid van het stijgpunt naar de fietsenstalling heeft tot gevolg dat de maximale looptijden op perronniveau (in het rookcompartiment) sterk afnemen. De maximale vluchtafstand op perronniveau wordt gevonden voor het zuidelijk deel van het perron: ca. 55 m (helft van de afstand tussen mezzaninestijgpunt en zuidelijk vluchttrap).

De fietsenstalling is toegankelijk vanuit het station zelf via twee routes:
- toegangsroute vanaf mezzanine (nooddeuren naast de niet voor ontvluchting beschikbare tourniquets; OVCP-poortjes dienen automatisch opengestuurd te worden; eventueel alternatief: extra nooddoorgangen);
- directe toegang aan zuidzijde via het stijgpunt vanaf elk perron (nooddeuren; opensturing OVCP).

Vanaf zowel de oost- als westzijde van de stalling is er vervolgens een uitgang naar de openbare ruimte. Binnen in de stalling zijn langs de wanden vluchtgangen opgenomen, leidend naar diezelfde uitgangen. Op deze wijze wordt direct voldaan aan de prestatie-eisen voor loopafstand (naar de uitgang van het rookcompartiment) volgens het Bouwbesluit.

1.10.6. Ontvluchting tunnel

Zelfredzaamheid
Het TSD-ontvluchtingsconcept is gebaseerd op het algemene principe van zelfredzaamheid. Dit geldt alle treinreizigers en treinpersoneel in de tunnel bij aanvang van de ontruiming. De opgenomen voorzieningen faciliteren dat personen zelfstandig en zonder externe hulp veilig gebied kunnen bereiken.

De algemene doelstelling voor de ontruimingsduur van de incidenttunnel naar de veilige tunnel is 10 min (TSI-SRT in samenhang met Bouwbesluit). Aansluitend vindt voortgezette ontruiming naar het station (‘safe haven’) of de tunnelmond (buitenlucht).

Vluchtroutes

De volgende (onderdelen van) vluchtroutes zijn in het TSD-ontwerp opgenomen:

- 1 vluchtpad met passeermogelijkheid per koker langs middenwand (breedte 1,20 m, BS + 0,35 m);
- vluchtdeuren (schuifdeuren) in de middenwand hart-op-hart 75 m (breedte 2,0 m);
- vluchttrappen naar maaiveld (alle vluchtroutes zijn tevens brandweertoetredingsroutes):
  - alle routes leiden naar de buitenlucht / het maaiveld;
  - uitzonderingen: T4 (eerst via mezzanine naar stationshal) en T4-additioneel (fietsenstalling).

Tabel 1-1 Vluchtroutes & toetredingsroutes in TSD (aanwezig in 2- én 4-sporige situatie, tenzij anders vermeld).

Nr.	Locatie	Zijde	Bouwdeel	Kilometrering (indicatief)	Functie in vh.concept	
					Vluchten	Toetreding
T8-N	Tunnelmond Noord	n.v.t.	baanvak Noord	< km 68,40	X	X
-	-	-	*Tunnelmond*	*km 68,40*		
T1	Tunnelmond Noord	oostzijde	baanvak Noord	km 68,43	X	X
	Tunnelmond Noord	westzijde	baanvak Noord	km 68,43	X	X
T2	Midden noordelijk tunnelbaanvak	oostzijde	baanvak Noord	km 68,85		X
	Midden noordelijk tunnelbaanvak (4-sporige situatie / PSS) [1]	westzijde	baanvak Noord	km 68,85		X
T3	Vluchttrap op noordelijke perronkop	perron(s)	station	km 69,30	X	X
T4	Stijgpunt via mezzanine naar stationshal (tweezijdig)	perron(s)	station	km 69,36-69,40	X	X
T4-additioneel	Stijgpunt naar fietsenstalling boven sporen	perron(s)	station	km 69,50	X	X
T5	Vluchttrap op zuidelijke perronkop	perron(s)	station	km 69,60	X	X
T6	Tunnelmond Zuid	westzijde	baanvak Zuid	km 70,18	X	X
-	-	-	*Tunnelmond*	*km 70,20*		
T7	Tunnelmond Zuid	oostzijde	baanvak Zuid	km 70,33	X	X
T8-Z	Tunneltoerit Zuid (inspectiepad/geen trappenhuis)	n.v.t.	baanvak Zuid	> km 70,33	X	X

[1] T2 westzijde wordt additioneel gerealiseerd in 4-sporige situatie, indien Parkeergarage Spoorsingel (PSS) doorgaat.

Incidentbuis en veilige buis

De ontvluchting is per twee tunnelkokers geregeld. Er is sprake van één vluchtpad per koker, gelegen langs de scheidingswand, tegen de andere koker en verhoogd ten opzichte van het ballastbed. Tussen beide kokers zijn vluchtdeuren opgenomen waarmee vanaf het vluchtpad de naastgelegen koker kan worden bereikt bij schadelijke omstandigheden in de incidentbuis (rookontwikkeling, hittestraling en toxische of brandbare concentraties). De naastgelegen veilige buis fungeert als vluchtplaats voor de incidentbuis.

Afstand tussen vluchtdeuren

Wettelijk (TSI-VEST) is een hart-op-hart-afstand van de vluchtdeuren van maximaal 150 m vereist. Binnen het TSD-vluchtveiligheidsconcept van de tunnel is gekozen voor een afstand van 75 m tussen de deuren naar de naastgelegen tunnelkokor. Redenen van deze projectspecifieke optimalisatie zijn:

- mogelijkheden van ontvluchting (beperking van vluchttijd):
  - de mogelijk ongunstige effecten van de langsventilatie voor de vluchtomstandigheden langs en achter de trein indien de brandlocatie zich aan de bovenstroomse zijde van de trein bevindt;
  - kans op verminderde effectiviteit van een vluchtdeur als gevolg van congestie danwel blokkade van de vluchtpad en deur door nabijheid van de brandlocatie;
- mogelijkheden van de hulpverlening:
  - meer flexibiliteit in locatie van toetreding, verkenning en aanval in de incidentbuis;

- meer flexibiliteit in snel verlaten van de incidentbuis in geval van escalatie van het incident;
- beperking van loopafstanden met uitrusting ter bescherming tegen gevaarlijke stoffen.

1.10.7. Repressie ondergronds station

Toetredingsroutes
Voor de toetreding tot het station staan de hulpdiensten de routes ter beschikking die in bovenstaande tabel genoemd staan. Uitvoering van de fietsenstalling als apart brandcompartiment verbetert de mogelijkheden voor zowel ontvluchting (kortere loopafstand tot uitgang rookcompartiment) als toetreding en brandbestrijding (veiliger benaderen van brandlocatie en redundantie van aanvalsroutes).

Brandbestrijdingsvoorzieningen
In het station is ter plaatse van de vluchttrappen op de perronkoppen een mogelijkheid om bestrijdingsmateriaal op te slaan, zodat dit niet via de trappen aangevoerd hoeft te worden. De droge blusleiding op perronniveau (met behulp van de vaste TSD-pompvoorzieningen vanuit naburig oppervlaktewater door de brandweer gevuld en op druk gebracht) kan worden gebruikt voor blussing van branden of andere bestrijdingswerkzaamheden. In de fietsenstalling kan voor blussing naast de brandslanghaspels gebruik worden gemaakt van de openbare bluswatervoorziening op maaiveld (brandkranen te positioneren in nabijheid van hellingbanen / stallingingangen), zonodig aangevuld met een droge stijgleiding met vulpunt(en) op maaiveld.

Brandweercommandoruimte
In TSD is een brandweercommandoruimte (BCR) opgenomen. Hier kunnen bepaalde veiligheidsinstallaties worden bijgestuurd en zijn communicatielijnen beschikbaar met de Verkeersleiding / SMC en relevante technische ruimten elders in TSD.

Noot: Vooralsnog is de BCR voorzien in het dienstgebouw Zuid (bij zuidelijke tunnelmond). Als uitkomst van een ontwerpoptimalisatie kan de BCR eventueel verplaatst worden naar een (als separaat brandcompartiment uitgevoerde) ruimte direct aangrenzend aan de ondergrondse fietsenstalling, buiten de tunnelcontour.

1.10.8. Repressie tunnel

Vluchtpadbreedte in tunnel
De ontwerpbreedte van de vluchtpaden bedraagt 1,20 m conform de VEST-regelgeving. Een vluchtpadbreedte van 1,20 m maakt onderling passeren van vluchtenden mogelijk. Bij stilstand van de trein is op schouderhoogte meer ruimte aanwezig. Passage van hulpverlening met een tegemoetkomende brancard of schepbrancard (gewondentransport) is met beperkingen mogelijk. De beperkingen aan de grootschalige GHOR-hulpverlening ten gevolge van de looppadbreedte worden vanuit ProRail en Gemeente/Brandweer geaccepteerd aangezien aangesloten wordt bij de vigerende wetgeving

Toetreding
De brandweer kan gebruik maken van de diverse toetredingspunten tot de tunnel (tunnelmonden, vluchttrappen, perronstijgpunten, zie § 10.9). Relatief veilige benadering van de incidentlocatie is mogelijk via de niet-incidentbuis. Toetreding halverwege het noordelijk tunneldeel is (alleen) aan de oostzijde mogelijk, vanwege de ligging van het trappenhuis T2 aan de oostzijde (2-sporige situatie). De positie van de incidenttrein in de buis staat kan de gebruiksmogelijkheden van dit toetredingspunt beperken.

Bi een GS-scenario kunnen hoge concentraties brandbare gassen in de lucht binnen TSD het te gevaarlijk maken zijn om toe te treden tot TSD, op grond van het explosiegevaar. Bij toxische stoffen zal toetreding zonder persoonlijke beschermingsmiddelen over het algemeen onmogelijk zijn. De afstand waarover een hulpverlener kan lopen door de tunnel wordt door deze beschermingsmiddelen beperkt.

Voor het geval van een plasbrand (ontstoken brandbare vloeistofplas) of een fakkelbrand (ontstoken continue uitstroming van brandbaar gas) kunnen de hulpverleners voordat zij toetreden tot de incident-buis vanuit de veilige buis, van een scherm bij elke tussendeur aflezen welke temperatuur heerst aan de andere zijde van de wand. Dit voorkomt onverwachte blootstelling aan zeer hoge temperaturen.

Bestrijdingsmiddelen
De aanwezige blusleiding (incl. permanente pompvoorziening en schuiminmengsysteem) kan na vulling worden gebruikt voor het blussen van een treinbrand, sproeien (afschermen, neerslaan, oplossen van toxische of brandbare gasconcentraties) of afdekken van een GS-vloeistofplas (schuim) ter beperking van de verdamping. Ook kan met bluswater een wagon met brandbaar gas (die vanuit een plasbrand wordt aangestraald) worden gekoeld, ter reductie van het BLEVE-gevaar.

Er is in de tunnel bij elke vluchtdeur (deur in tussenwand) een afnamepunt van bluswater aanwezig. Er is een hoeveelheid schuim opgeslagen in TSD ter plaatse van de pompinstallatie, aanvullend schuim zal moeten worden meegebracht door de hulpverleners zelf. De schuimvoorziening is opgenomen als reservering voor het moment dat de tunnel voor GS-vervoer in gebruik zal komen.

In een ogs-haakarmbak of ogs-hulpverleningsvoertuig neemt de brandweer aanvullende hulpmiddelen mee voor de bestrijding van een ongeval met gevaarlijke stoffen. Het gaat om middelen die de uit-stroom van gevaarlijke stoffen uit de ketelwagon kunnen beperken, of die vrijgekomen gevaarlijke stof-fen kunnen lokaliseren. Deze middelen hebben vooral een functie bij kleinere ongevallen.

Verkleining tussenafstand (vlucht)deuren in tunnel
Mede op basis van de resultaten van de GHOR-scenarioanalyse is de tussenafstand van de deuren tussen de kokers verkleind van 150 naar 75 m. Dit beperkt de loopafstanden voor de hulpverleners.

Brandweercommandoruimte
Zie voorgaande paragraaf (Repressie perronniveau en fietsenstalling).

1.10.9. Raakvlakeisen
Het ontwerp van de bovengrondse NS-stationshal dient rekening te houden met onder meer de volgen-de randvoorwaarden vanuit TSD:
- rookbeheersing: rookluiken in het plafond van de stationshal;
- ontvluchting: opensturing van OVCP-poortjes bij ontruiming;
- ontvluchting: voldoende uitgangscapaciteit naar buitenlucht;
- brandwerendheid: beperking van het risico op bezwijken van de hoofddraagconstructie van het stadskantoor bij brand (met name bij brand in stadskantoor, maar ook bij TSD-brand langs perron) vanwege de grote omvang van de economisch schade bij stilleggen van de treinenloop.
- brandbeheersing c.q. compartimentering: winkelzone in stationshal.

Het maaiveldontwerp (stedenbouw en inrichting) rondom het NS-station dient rekening te houden met onder meer de volgende randvoorwaarden vanuit TSD:
- rookbeheersing: inpassing van RWA-uitblaasrooster op maaiveld;
- ontvluchting: obstakelvrij maaiveld bij (nood)uitgangen;
- bereikbaarheid: adequate aanrijdroutes en inpassing van opstelplaatsen voor hulpdiensten;
- repressie: adequate positionering van afnamepunten van openbare bluswatervoorziening op maai-veld ten behoeve van de stationshal de en fietsenstalling.

2. SYSTEEMBESCHRIJVING

2.1. Inleiding

In dit hoofdstuk wordt op hoofdlijnen het systeem van de Tunnel en Station Delft beschreven. Voor de meer detailbeschrijvingen en oplossingen wordt verwezen naar de betreffende tekeningen, ontwerpen van de architecten (Ondergronds station en tunnel BCA en Stadskantoor Mecanoo) en de betreffende hoofdstukken in dit rapport.

In algemeenheid wordt onderscheid gemaakt tussen het ondergronds station, de tunnel en de stationshal geïntegreerd in het Stadskantoor.

2.2. Station

Het station Delft zal uiteindelijk bestaan uit twee ondergrondse eilandperrons (NAP –7,7 m) en een op maaiveldniveau gelegen stationshal (NAP +1,6 m). Tussen de perrons en de stationshal zal een mezzanine (zwevende vloer) worden aangelegd op een niveau van NAP –1,62 m. Vanaf de mezzanine is er toegang tot de ondergrondse, deels bewaakte, fietsenstalling op NAP –2,15 m.

Per perron komen er twee opgangen naar de mezzanine bestaande uit een roltrap en een vaste trap. De opgangen zijn asymmetrisch gesitueerd ten opzichte van het perron. Circa 1/3 van het perron bevindt zich aan de noordzijde van de opgangen en 2/3 aan de zuidzijde van de opgangen. Op het zuidelijke deel van het perron is een directe opgang van perron naar de fietsenstalling. Op beide koppen van het perron zijn daarnaast nooduitgangen voor ontvluchting opgenomen.

Voor minder validen is er één lift per eilandperron die direct de stationshal met het perron verbindt. Voor evacuatie zijn er per perron 2 nooduitgangen; één aan de noordzijde en één aan de zuidzijde. Deze nooduitgangen leiden naar het maaiveld.

Vanaf de mezzanine zijn er 3 roltrappen en 2 vaste trappen naar de stationshal, ook is er een uitgang naar de fietsenstalling. Tussen de fietsenstalling en de mezzanine zijn er twee vaste trappen naar het maaiveld. Deze trappen kunnen in geval van nood ook gebruikt worden voor de ontruiming van het station en de ondergrondse perrons.

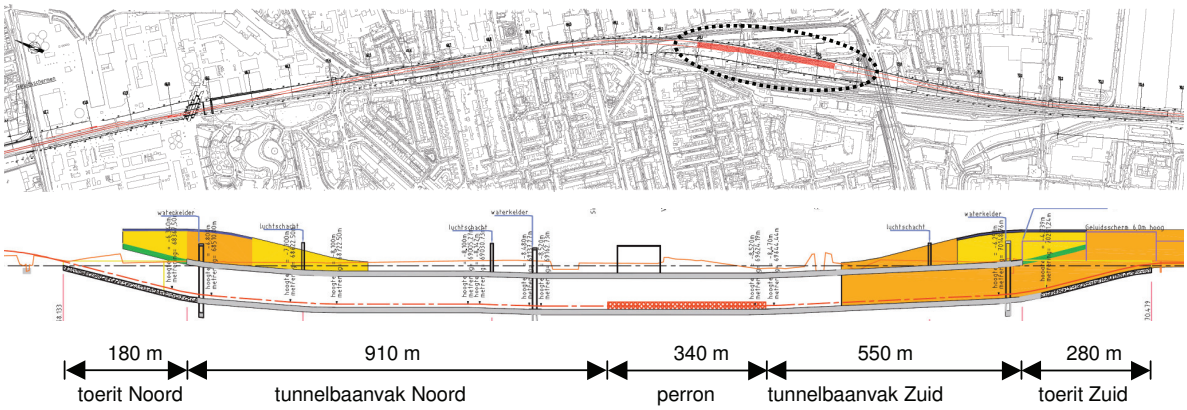
Figuur 2-1 Impressies ondergronds station (links mezzanine opgang vanaf noordzijde perron, midden mezzanine opgang vanaf zuidelijk deel perron, rechts opgang naar fietsenstalling).

In het stationsgebouw is er ruimte voor servicebalies van de NS, commercie (winkels), kaartjesautomaten en diverse andere voorzieningen. Naast en gescheiden van de stationshal is de centrale hal van het stadskantoor gelegen. Boven zowel de stationshal als de zijn de kantoren van het nieuwe stadhuis gevestigd. Het stadskantoor kantoren en het stadhuis grotendeels zijn eigen in- en uitgangen kent en voor evacuatie geen gebruik maakt van de uitgangen van het station.

Om de luchtstroom in de stationshal door de passage van treinen te beperken zijn de in- en uitgangen voorzien van draaideuren. In geval van nood (evacuatie) worden deze deuren opengezet zodat er een grotere doorstroom capaciteit ontstaat.

Aan de buitenkant van het station is er een busplatform, tram halte en een “kiss & ride” gelegenheid (ook voor taxi´s). De tramhalte en het centrum van Delft zijn bereikbaar via een aantal bruggen over de gracht .

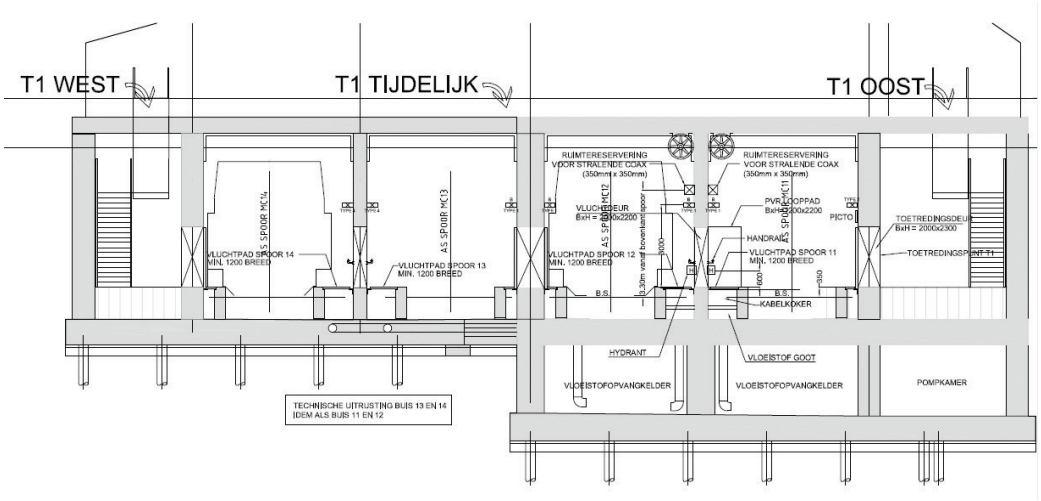
2.3. Tunnelsysteem



Figuur 2-2 Plattegrond Delft met tracé (rood, TSD omcirkeld) en langsdoorsnede van TSD (onder, met lengteindicatie).

Het tunnelsysteem ziet er als volgt uit:

- onderdelen spoortunnel (lengte vermeld):
  - open noordelijke tunneltoerit (± 180 m);
  - noordelijk tunnelbaanvak (± 900 m)
  - ondergrondse treinstation (± 340 m);
  - zuidelijk tunnelbaanvak (± 550 m);
  - open zuidelijke tunneltoerit (± 280 m).
- twee afzonderlijke tunneldelen (dwarsdoorsnede), gescheiden door een diepwand;
- middenwand (brandcompartimentering) in elk tunneldeel:
  - oostelijke tunnelbuis (enkelsporig);
  - westelijke tunnelbuis (enkelsporig);
- één vluchtpad met passeermogelijkheid per buis langs middenwand (breedte 1,2 m, BS + 0,35 m);
- vluchtdeuren (schuifdeuren) in de middenwand hart-op-hart 75 m (breedte 2,0 m);
- vluchttrappen naar maaiveld (tevens brandweertoetredingsroutes):
  - alle routes leiden direct naar de buitenlucht / het maaiveld;
  - uitzondering: T4 (eerst naar stationshal) en T4-additioneel (fietsenstalling).



Figuur 2-3 Principe dwarsdoorsnede tunnel (nabij noordelijke tunnelmond).

In onderstaande tabel zijn de vlucht en toetredingspunten voor tunnel en station aangegeven.

Tabel 2-1 Vluchtroutes & toetredingsroutes in TSD (aanwezig in 2- én 4-sporige situatie, tenzij anders vermeld).

Nr.	Locatie	Zijde	Bouwdeel	Kilometrering (indicatief)	Functie in vh.concept	
					Vluchten	Toetreding
T8-N	Tunnelmond Noord	n.v.t.	baanvak Noord	< km 68,40	X	X
-	-	-	*Tunnelmond*	*km 68,40*		
T1	Tunnelmond Noord	oostzijde	baanvak Noord	km 68,43	X	X
	Tunnelmond Noord	westzijde	baanvak Noord	km 68,43	X	X
T2	Midden noordelijk tunnelbaanvak	oostzijde	baanvak Noord	km 68,85		X
	Midden noordelijk tunnelbaanvak (4-sporige situatie / PSS) [1]	westzijde	baanvak Noord	km 68,85		X
T3	Vluchttrap op noordelijke perronkop	perron(s)	station	km 69,30	X	X
T4	Stijgpunt via mezzanine naar stationshal (tweezijdig)	perron(s)	station	km 69,36-69,40	X	X
T4-additioneel	Stijgpunt naar fietsenstalling boven sporen	perron(s)	station	km 69,50	X	X
T5	Vluchttrap op zuidelijke perronkop	perron(s)	station	km 69,60	X	X
T6	Tunnelmond Zuid	westzijde	baanvak Zuid	km 70,18	X	X
-	-	-	*Tunnelmond*	*km 70,20*		
T7	Tunnelmond Zuid	oostzijde	baanvak Zuid	km 70,33	X	X
T8-Z	Tunneltoerit Zuid (inspectiepad/geen trappenhuis)	n.v.t.	baanvak Zuid	> km 70,33	X	X

[1] T2 westzijde wordt additioneel gerealiseerd in 4-sporige situatie, indien Parkeergarage Spoorsingel (PSS) doorgaat.

2.4. Gebruik

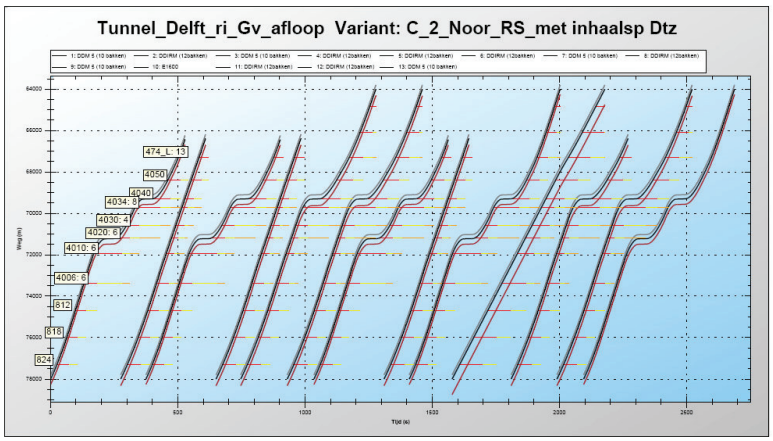
De zowel goederen- als reizigerstreinen maken gezamenlijk gebruik van de tunnel.

Voor het aantal reizigers en treinbezetting wordt verwezen naar hoofdstuk 8. Vanuit evacuatie is het dubbeldeks DD-IRM materieel maatgevend.

Voor de uitwerking van het Functioneel Integraal Systeemontwerp (FIS, seinplaatsing en capaciteitsbeschouwing) is als uitgangspunt voor de baanvakbelasting het dienstregelingsmodel 2008 gehanteerd.

Dit gaat uit van de volgend spitsuur bedrijfspatroon:
- totaal 13 treinen per uur per richting
- 4 stoppend in Delft
- 5 stoppend in Delft en Delft Zuid
- 3 doorgaande rztreinen
- 1 goederentrein

Onderstaand is hiervan een voorbeeld gegeven.



Voor details wordt verwezen naar de onderliggende FIS berekeningen en de hieraan ten grondslag liggende Spoorfunctionaliteit als omschreven in het FPvE van ProRail Spoorontwikkeling met kenmerk SpO/NWP/20624155 versie 1.0 d.d. 29 mei 2006.

De volgende ontwerpsnelheden zijn uitgangspunt van het ontwerp:
- Reizigerstreinen 140 km/uur
- Goederentreinen 80 km/uur, (entreesnelheid) en bodemsnelheid maximaal 100 km/uur

2.5. Transport gevaarlijke stoffen

Voor het transport van gevaarlijke stoffen en de beoordeling van de veiligheid is rekening gehouden met meerdere scenario's met als onderscheid:
- huidige situatie en autonome ontwikkeling
- toekomstige reservering categorie 3a

Voor de huidige situatie en de bijbehorende autonome ontwikkeling, zijn de waarden uit de Risicoatlas Spoor, van het traject Delft - Schiedam centrum gehanteerd. Dezen zijn gebaseerd op de door Railned verstrekte vervoerscijfers van 1998 en betreft met name transport naar DSM. Voor de autonome ontwikkeling is uitgegaan van een verdubbeling van de transportaantallen van 1998, waarbij wordt verondersteld dat de getransporteerde aantallen zullen toenemen in de loop der jaren. Sprake is zodoende van een beperkte autonome groei van het huidige vervoer.

Spoortunnel Delft kan in de toekomst eventueel gebruikt gaan worden voor doorgaand transport van gevaarlijke stoffen (GS) in beide richtingen. Er is sprake van een zgn. reservering van GS-vervoerscapaciteit volgens categorie 3a (RVGS-spoor, categorie-indeling Nederlandse baanvakken:

geen ruimtelijke beperkingen aan weerszijden van de spoorbaan; begrenzing van hoeveelheid per jaar, van alle soorten gevaarlijke stoffen). Dit betreft zowel brandbare als toxische vloeistoffen en gassen.

Tabel 2-2 Scenario's betreffende vervoer gevaarlijke stoffen (totaal aantal ketelwagens per jaar).

	relevante stofcategorie	voorbeeldstof	scenario I: huidig vervoer	scenario II: verdubbeling huidig vervoer (autonome groei)	scenario III: categorie 3a RVGS-spoor	scenario IV: categorie 3a RVGS-spoor
A	brandbare gassen	LPG			350	350
B2	toxische gassen	ammoniak	50*	100	950	1250
B3	zeer toxische gassen	chloor			300	0
C3	zeer brandbare vloeistoffen	benzine	150	300	1500	1250
D3	toxische vloeistof	acrylonitril			0	1200
D4	zeer toxische vloeistoffen	HF in oplossing			0	750

** 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.*

3. PREVENTIE

3.1. Inleiding

De volgende onderwerpen in relatie tot preventie van ongevallen in TSD worden toegelicht:
- Beperking ontsporingsrisico;
- Ontsporingsgeleiding;
- Seinplaatsing in spoortunnel;
- Ongevalspreventie vervoer gevaarlijke stoffen;
- Veiligheidsprocedures treinexploitatie.

3.2. Beperking ontsporingsrisico

3.2.1. Wet- en regelgeving

TSI-SRT Art. 4.2.4.1. *Detectie van oververhitte aslagers*
- Op baanvakken met tunnels moeten op strategische plaatsen langs de baan hotboxdetectoren of predictieve apparatuur worden geplaatst opdat oververhitte aslagers met een hoge graad van waarschijnlijkheid kunnen worden ontdekt en de trein tot stilstand kan worden gebracht voor hij de tunnel binnenrijdt.
- De infrastructuurbeheerder moet de plaats van deze hotboxdetectoren aangeven in het infrastructuurregister. De spoorwegonderneming moet deze informatie opnemen in de routebeschrijving.

TSI-SRT Art. 4.2.2.1 *De installatie van wissels en kruisingen*
- De infrastructuurbeheerder moet er voor zorgen dat er zo weinig mogelijk wissels en kruisingen geïnstalleerd worden voor zover dit verenigbaar is met het ontwerp, de veiligheid en de exploitatieeisen.

VEST Art. 4.2.2.1 stelt de volgende aanvullende eis:
- Deze eis [TSI-SRT Art. 4.2.2.1] geldt ook in een gebied voorafgaand aan de tunnelmonden, met een lengte gelijk aan de ter lengte van de maximale afstand die een ontspoorde trein, uitgaande van baanvaksnelheid en een remvertraging van 3 m/s2, conform de UIC fiche 777-2R de normale rijrichting en baanvaksnelheid, kan afleggen.

3.2.2. Basisconcept

Buiten de tunnel van TSD wordt op de aansluitende baanvakken Gotcha/Quo Vadis, de opvolger van hotboxdetectie, toegepast. Uitgangspunt in het veiligheidsconcept is een volledig operationeel Gotcha/Quo Vadis op het baanvak. Gotcha/Quo Vadis valt buiten de projectscope van TSD.

Gotcha/Quo Vadis dient om onregelmatigheden in de aslasten op te sporen, als indicator van een verhoogd ontsporingsrisico. Dit systeem ligt in de baanvakken buiten de spoortunnel. Bij een signalering door Gotcha/Quo Vadis brengt de VL een risicotrein (evt. GS) buiten de spoortunnel tot stilstand. Er is geen sprake van een automatische koppeling met de baanbeveiliging/seinen. Het systeem is niet gekoppeld aan SCADA van TSD en vormt dus geen aangrijpingspunt voor automatische TTI-besturing.

In het gesloten deel van TSD (tunnel) en de toeritten worden uit oogpunt van beperking van het ontsporingsrisico geen wissels opgenomen. De meest nabij gelegen wissels zijn gelegen:
- ca. 500 m ten zuiden van de zuidelijke tunneltoerit;
- ca. 200 m ten noorden van de noordelijke tunneltoerit.

3.3. Ontsporingsgeleiding

3.3.1. Wet- en regelgeving

Het Bouwbesluit en TSI-SRT stellen omtrent ontsporingsgeleiding in spoortunnels geen eisen.

VEST Art. 4.7.1 *Ontsporingsgeleiding* stelt de volgende aanvullende eisen:

- Een tunnel of tunnelvormig bouwwerk, moet in het omsloten gedeelte en de open toeritten zijn voorzien van een geleideconstructie die de kans, dat de ontsporing in de dwarsrichting escaleert, verkleint.
- De geleideconstructie dient in de open toeritten voor de normale rijrichting te worden aangebracht met een lengte minimaal gelijk aan de lengte van de maximale afstand die een ontspoorde trein uitgaande van baanvaksnelheid en een remvertraging van 3 m/s², conform de UIC-fiche 777-2R, kan afleggen.
- Wanden van een tunnel of tunnelvormig bouwwerk moeten glad worden uitgevoerd.
- Discontinuïteiten die niet vervormen, versplinteren of uitgedrukt worden, in de dwarsdoorsnede van een tunnel of tunnelvormig bouwwerk, moeten in de langsrichting geleidelijk worden uitgevoerd.

VEST Art. 4.7.3 *Belasting van de tunnelconstructie door een ontsporende trein* eist aanvullend:

- Het ontwerp van de tunnel dient rekening te houden met belastingen die kunnen ontstaan door aanrijdingen door spoorverkeer als gevolg van ontsporingen conform NEN-EN 191-2-7 'bijzondere belastingen door botsingen en explosies' en UIC-fiche 777-2R.

Noot: De toepasselijke norm is in VEST Art. 4.7.3. (versie 12) onjuist weergegeven. De artikeltekst is hierboven ongecorrigeerd weergegeven. Juist is: NVN-ENV 1991-2-7 *Bijzondere belasting door botsingen en explosies*. Deze is per 20-11-2007 ingetrokken en vervangen door de op 01-11-2007 gepubliceerde norm NEN-EN 1991-1-7 *Buitengewone belastingen: stootbelastingen en ontploffingen*.

3.3.2. Basisconcept

Het basisconcept voor ontsporingsgeleiding is als volgt:

- Ontsporingsgeleiding voorkomt en beperkt de gevolgen van het ontsporen van een trein. Dit betreft beperking van zowel lichamelijk letsel van inzittenden van de trein als schade aan de tunnel- en stationsconstructie.

- Het vluchtpad in de tunnel zal als ontsporingsgeleiding dienst doen en wordt hierop ontworpen.

- TSD is voorzien van geleidende opstorten langs de sporen conform OVS00030.

- In het station wordt de ontsporingsgeleiding geïntegreerd in het perronontwerp.

- Bij het constructief ontwerp van de tunnel (en de hoofddraagconstructie van TSD) wordt rekening gehouden met aanrijd- en ontsporingsbelastingen conform NAD-NVN-ENV 1991-2-7:2000 *Bijzondere belastingen door botsingen en explosies* (zie ook de noot in § 3.3.1 *Wet- en regelgeving*) en UIC 777-2R *Structures built over railway lines - Construction requirements in the track zone*.

3.4. Seinplaatsing in spoortunnel

3.4.1. Inleiding

Voor de seinplaatsing in de spoortunnel is een *Functioneel Integraal Systeemontwerp* (FIS, kenmerk DT-SE20071412 d.d. april 2008) opgesteld. Doel van het FIS was het seinontwerp zodanig te optimaliseren dat, binnen de veiligheidsrandvoorwaarden, de baanvakcapaciteit zo hoog mogelijk zal zijn. Hierbij zijn de relevante raakvlakeisen, zoals tunnelveiligheidseisen inzake het verkleinen van de kans op een stilstand in de tunnel (van reizigers- en ook goederentreinen) meegenomen.

Het baanvak zal worden voorzien van ATB-EG. Bij start exploitatie zal worden gereden onder ATB-EG.

3.4.2. Wet- en regelgeving

Dit wordt hier niet nader uitgewerkt. Verwezen wordt naar de Spoorwegwet 2003 c.a..

3.4.3. Uitgangspunten

Het seinontwerp wordt zodanig uitgelegd dat de kans op een stop van een trein in de tunnel gelijktijdig met een incident elders in de tunnel wordt geminimaliseerd. De beoordeling van de verschillende seinplaatsingsvarianten vanuit veiligheid is verwoord in de memo *Beoordeling seinplaatsing vanuit veiligheid d.d. 20 februari 2008*. Deze beoordeling is als aandachtspunt medegenomen bij de ontwikkeling van het FIS. Het FIS stelt:

> *Het plaatsen van extra seinen* [ten opzichte van de nul-variant met uitsluitend seinen ter hoogte van elk perronkop] *in de tunnel* [voor het naderen van het perron] *heeft negatieve gevolgen voor de tunnelveiligheid. Door de extra seinen is het niet meer gegarandeerd dat personentreinen die de tunnel inrijden ook kunnen doorrijden rijden tot langs het perron, of de tunnel verlaten vanaf het perron. De trein kan vroegtijdig een stoptonend sein tegenkomen. Bij een calamiteit geeft dit een verhoogd risico met betrekking tot veiligheid omdat de trein geen* safe haven *kan bereiken, maar in de tunnelbuis stilstaat waar de vluchtvoorzieningen minder gunstig zijn. Het is desondanks de verwachting dat nog steeds wordt voldaan aan de minimale tunnelveiligheidseisen.*

De veiligheidseisen in relatie tot treinafwikkeling en seinplaatsing bij tweesporigheid kunnen als volgt worden geformuleerd:

1. De treinafhandeling in de oost- en westbuis zijn niet aan elkaar gerelateerd;
2. Een goederentrein mag zich gelijktijdig met een reizigerstrein in een tunnelbuis bevinden;
3. Een goederentrein mag niet stilstaan in de tunnel;
4. Een goederentrein mag niet stilstaan ter plaatse van het perron;
5. Een reizigerstrein moet, eenmaal in de tunnel, in verband met het *safe haven*-principe het perron van station Delft zo veel mogelijk kunnen bereiken.

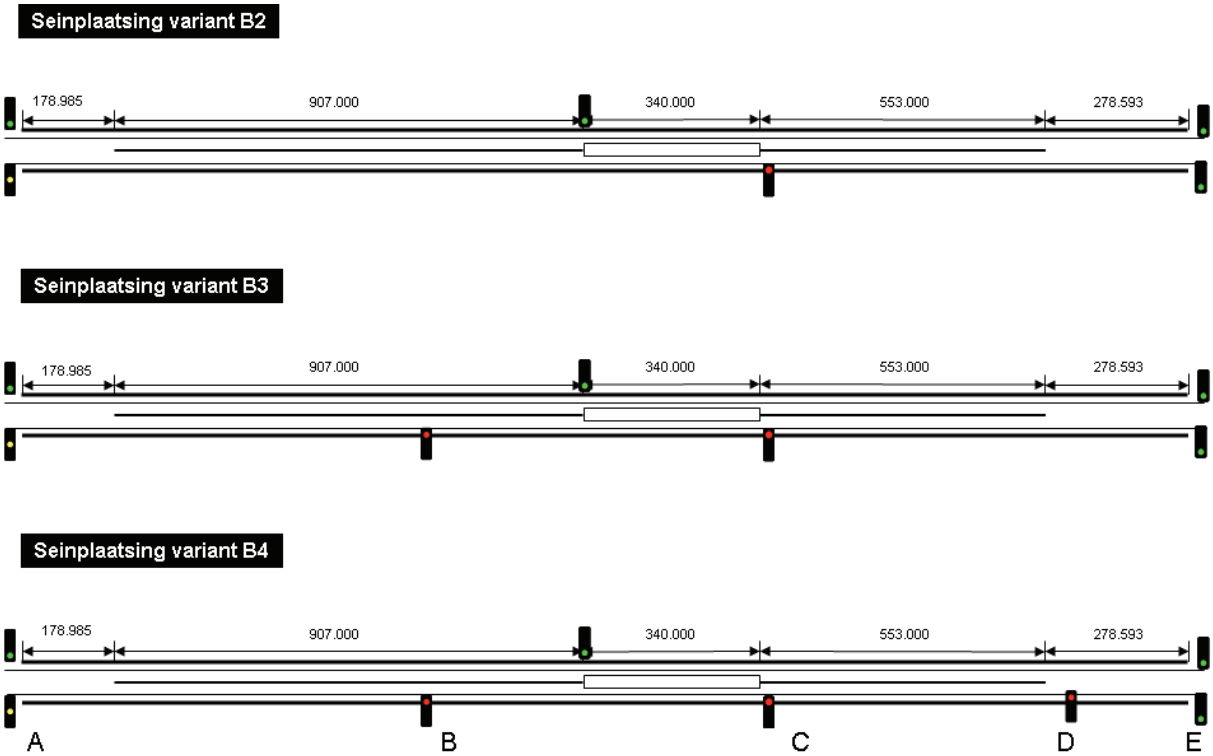
3.4.4. Ontwerpvarianten

Verschillende varianten voor de seinplaatsing zijn beschouwd, te weten:

- Variant A: bestaande situatie (peildatum 2008);
- Variant B: nieuwe situatie zonder DSM-aansluiting, zonder inhaalsporen bij Delft-Zuid;
- Variant C: nieuwe situatie met DSM-aansluiting en met inhaalsporen bij Delft-Zuid;

Van variant B zijn subvarianten onderzocht die zich kenmerken door een steeds verder gaande seinverdichting rond Delft en Delft Zuid. Startpunt voor de ontwikkeling is geen seinen in de tunnel en een baanvak snelheid van 140 km/u. Het gaat om de volgende subvarianten:

- variant B1 en B2: geen seinen in de tunnel m.u.v. seinen direct na het perroneinde;
- variant B3: één extra tussensein in de tunnel voor de toegang tot het perron;
- variant B3 en B4: extra tussensein na het perron aan de rand van het gesloten tunneldeel bij het begin van de helling.



Figuur 3-1 Varianten seinplaatsing spoortunnel Delft.

3.4.5. Analyse en keuze seinontwerp

Bij het opstellen van het seinontwerp is er uitgegaan van een zo veilig mogelijk ontwerp, inclusief tunnelveiligheid waarbij ook de gevolgen voor de baanvakcapaciteit zijn meegewogen.

De capaciteitswinst met extra seinen in de tunnel is groot: richting Zuid meer dan 200 seconden en richting Noord meer dan 100 seconden. Omdat het baanvak al overbelast is, is het noodzakelijk deze winst te realiseren en extra seinen in de tunnel te plaatsen. Met behulp van de seinen in de tunnel is het mogelijk om de huidige hoge baanvak belasting dicht te benaderen.

Daarom is uiteindelijk gekozen om toch seinen in de tunnel op te nemen: variant B4. Deze is verder ontwikkeld in variant C, door de benodigde wissels voor de DSM-aansluiting, de overlopen en de inhaalsporen in te passen. Door middel van de variantenstudie is een optimale variant ontwikkeld (C3) waarin alle benodigde functionaliteit is opgenomen en die zo robuust mogelijk is opgezet. Een seinverdichting in de tunnel was daarbij nodig om de baanvakbelasting niet onacceptabel hoog te maken.

Noot: Voor een volledige behandeling wordt verwezen naar het FIS-rapport.

3.4.6. Analyse goederenvervoer

De FIS-studie beschouwt ook op het minimaliseren van de kans op de stop van een (zware) goederentrein in de tunnel. Uit oogpunt van externe veiligheid wordt de eis gesteld dat in de tunnel geen goederentrein tot stilstand mag komen.

Risico op stranding

Wanneer een trein in een opgaande helling moet remmen bestaat er een kans dat de trein door een moeilijk controleerbare remming (te vroeg) tot stilstand komt en niet meer weg kan komen. Wanneer een goederentrein voor een stoptonend sein met tonnagebeperking moet stoppen, bestaat eveneens een kans dat de trein niet meer weg kan komen.

Om stranding door een stoptonend sein te voorkomen mag een goederentrein de tunnel pas inrijden wanneer de rijweg tot het laatste tonnagebeperkende sein onbezet is en het laatste tonnagebeperkend sein beter dan rood toont. Dit kan worden bewaakt met het L/H- of het X/G-regime*:*

- een L/H-regime is een advies aan de machinist door middel van seinbeelden.
- een X/G-regime wordt afgedwongen door de treinbeveiliging.

Er is in het FIS voor TSD gekozen voor een X/G-regime omdat dat het veiligst is. Onderstaand wordt het X/G-regime voor TSD nader uitgewerkt.

Stranding door ongecontroleerd remmen is mogelijk een risico tussen seinen 3011 en 3021. Dit zal nog nader onderzocht worden. Een oplossing zou kunnen zijn dat het X/G-regime nog één sein verder opgeschoven wordt naar sein 3021.

X/G-regime TSD

Om te voorkomen dat een goederentrein in de tunnel tot stilstand komt moet er voor een goederentrein een vrije rijweg tot het eerste niet-tonnagebeperkende sein na de tunnel ingesteld kunnen worden, vóórdat de trein de tunnel mag inrijden. Dit kan alleen veilig met een X/G-regime worden gerealiseerd.

Het X/G-regime is een methode waarbij in de beveiliging twee treinsoorten onderscheiden kunnen worden. Het onderscheid wordt bij de bediening van een sein meegegeven en doorgegeven aan de beveiliging langs de baan die vervolgens afhankelijk van de treinsoort seinen kan aansturen of ATB-snelheidscodes kan beïnvloeden. De invulling van de aansturing is projectafhankelijk.

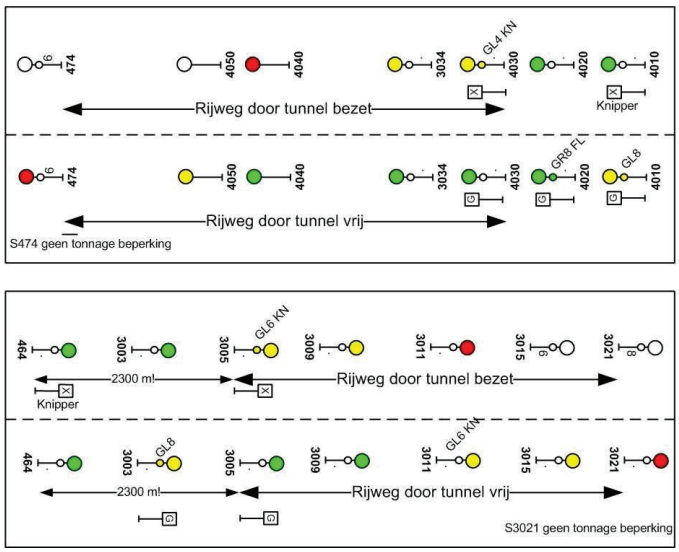
Voor spoortunnel Delft wordt voorgesteld om het X/G-regime als volgt te realiseren:

1. Bij het laatste sein voor de tunnel wordt een “X-sein” en een “G-sein” geplaatst.
   - Wanneer het “X-sein” brandt moet een goederentrein voor dit sein stoppen.
   - Wanneer het “G-sein” brandt is er een vrije rijweg door de gehele tunnel aanwezig en mag de goederen trein de tunnel inrijden.

2. Op remweg afstand van het “X-sein” wordt een “X-knipper-sein” en een “G-sein” geplaatst.
   - Wanneer het “X-sein” knippert betekent dit dat de goederentrein moet afremmen naar 40 km/u en gestopt moet worden bij het volgende “X-sein” of het eerstvolgende stoptonende sein.
   - Wanneer het “G-sein” brandt is er een vrije rijweg door de gehele tunnel aanwezig en mag de goederentrein de tunnel inrijden.

3. Het “G-Sein” wordt bij elk tussengelegen sein herhaald om tussentijdse seinverbeteringen door te geven. Omdat het X/G-regime aanwezig is, is het ook mogelijk om de entreesnelheid af te dwingen waarmee extra zekerheid verkregen wordt dat de bodemsnelheid niet overschreden wordt. Dit wordt gerealiseerd door in het sein voorafgaand aan het “X-sein” GL8 te tonen als het “G-sein” brandt.

Voor de noordelijke en zuidelijke rijrichting leidt dit tot in de onderstaand afgebeelde seinbeelden.



Figuur 3-2 Seinbeelden X/G-regime noordelijke en zuidelijke rijrichting.

3.5. Ongevalspreventie vervoer gevaarlijke stoffen

3.5.1. Wet- en regelgeving

Het GS-spoorvervoer is gebonden aan een groot aantal (inter)nationale veiligheidsregelingen:

- Een belangrijke regeling betreft het *Reglement betreffende het internationale vervoer van gevaarlijke goederen over de spoorweg* (RID).
- Aanvullende Nederlandse voorschriften zijn opgenomen *Wet Vervoer Gevaarlijke Stoffen* (WVGS) en uitvoeringsbesluiten: *Besluit vervoer gevaarlijke stoffen* en *Regeling vervoer over de spoorweg van gevaarlijke stoffen* (VSG).

Binnen dit kader is er veel aandacht voor preventie (bijv. veiligheid van rollend materieel, opleidingen, veiligheids- en communicatieprocedures).

3.5.2. Basisconcept

De maatregelen voor de veiligheid van GS-goederenvervoer zijn generiek en niet projectspecifiek en worden in deze rapportage niet verder uitgewerkt.

3.6. Veiligheidseisen treinexploitatie

3.6.1. Bedrijfsregelingen

Er zijn diverse veiligheidsgerelateerde bedrijfsregelingen van toepassing op de exploitatie van het spoor. Hoewel deze niet specifiek gericht zijn op TSD, maar algemeen geldend zijn voor tunnelsituaties (ook met station), worden enkele hier genoemd. De regels betreffen met name de handelswijze bij incidenten, maar omvatten ook enkele preventieve aspecten:

- *Generieke Operationele regeling - Calamiteitenplan Rail* (ProRail Verkeersleiding, Calamiteitenmanagement, kenmerk 20516122 d.d. 21 december 2007) (CPR);
- *Generieke Operationele Regeling - Brand in tunnel: Vuistregels voor het treinpersoneel en de treindienstleider* (ProRail Verkeersleiding, kenmerk 20516126 d.d. 13 april 2006) (GOR);
- *Handboek Machinist* (ProRail Productie Services Veiligheid & Regelgeving d.d. december 2006);
- *Handboek Hoofdconducteur* (ProRail PS V&R d.d. mei 2007);
- *Handboek Vertrekassistent* (ProRail PS V&R d.d. mei 2007);
- *Handboek Medewerker Mobiele Controle* (ProRail PS V&R d.d. mei 2007).

Deze bedrijfsregels vormen ('dwingende') instructies voor de vervoerders en beheerders op het spoor.

De CPR-procedures worden hier niet verder toegelicht. In de bijlagen bij deze rapportage is de *GOR - Brand in tunnel: Vuistregels voor het treinpersoneel en de treindienstleider* alsook een selectie van veiligheidsregels uit het *Handboek Machinist* en het *Handboek Hoofdconducteur* opgenomen.

3.6.2. Basisconcept

In het algemeen geldt het zogenaamde ***safe haven*-principe** voor reizigerstreinen in de tunnel. Dit houdt in dat een incidenttrein zo mogelijk stopt en ontruimt buiten de tunnel in de open lucht ofwel op het ondergronds NS-station (de *safe haven*) dat onderdeel vormt van het baanvak vanTSD. Voor de volgende scenario's wordt het *safe haven*-principe geoperationaliseerd. Bepalend zijn de positie van de trein in TSD en de treinsnelheid op het moment dat de brand wordt vastgesteld:

1. Brand vastgesteld vóór inrijden van de tunnel:
   a. indien de rijsnelheid dit toelaat (voldoende laag), stopt de reizigerstrein (doorgaande of niet-doorgaande trein) buiten de tunnel voor ontruiming;
   b. indien de rijsnelheid niet toelaat (te hoog) te stoppen buiten de tunnel (doorgaande of niet-doorgaande trein): zie 2 a/b.

2. Brand vastgesteld ná inrijden van de tunnel maar vóór het bereiken van het station:
   a. indien de rijsnelheid dit toelaat (voldoende laag), stopt de reizigerstrein (doorgaande of niet-doorgaande trein) op het station voor ontruiming;
   b. indien de rijsnelheid niet toelaat (te hoog) te stoppen op het station (doorgaande trein), rijdt de trein langs het station en verder door tot buiten de tunnel, alwaar deze stopt voor ontruiming.

3. Brand vastgesteld tijdens halteren op station: trein vertrekt niet en ontruimt op station.

4. Brand vastgesteld tijdens rijden in tunneldeel ná het station:
   a. brand vastgesteld bij vertrek uit station (niet-doorgaande trein): trein zet vertrek zo mogelijk door en rijdt door tot buiten de tunnel, alwaar deze stopt voor ontruiming;
   b. brand vastgesteld tijdens rijden in tunneldeel ná station: trein houdt snelheid zo mogelijk vast (doorgaande of niet-doorgaande trein) en rijdt door tot buiten de tunnel, alwaar deze stopt voor ontruiming.

Voor goederentreinen geldt het *safe haven*-principe niet: deze moeten (zo mogelijk) vóór inrijden van de tunnel stoppen of (indien dit niet mogelijk is) doorrijden tot buiten de tunnel en vervolgens in de buitenlucht stoppen en ontruimen.

Daarnaast fungeert het NS-station zo nodig als vluchtplaats voor evacués die zich in de tunnel bevinden (afkomstig uit trein). De *safe haven* is zo toegerust dat het de ontruiming van een treinbezetting optimaal faciliteert (ontruimingscapaciteit, rook- en brandbeheersing, hulpverlening etc.). Indien een trein toch stopt en ontruimt in de tunnel, dan zijn ook daar voldoende mogelijkheden voor ontvluchting.

3.6.3. Safe haven-principe in GOR Brand in tunnel

De *GOR - Brand in tunnel: Vuistregels voor het treinpersoneel en de treindienstleider* formuleert enkele algemene principes voor het handelen van het treinpersoneel in geval van een treinbrand of andere brand in een tunnel - ook met een station, zoals bij TSD. Het *safe haven*-principe vormt een onderdeel van deze algemene principes.

De GOR gaat bij de formulering uit van de volgende definities:
- *Tunnel*: het aan vier kanten gesloten deel van een baanvak inclusief daaraan gelegen stations.
- *Vluchtplaats*: nooduitgangen, doorgangen naar andere tunnelbuizen en stations.

De GOR begrijpt onder 'vluchtplaats' - naast de niet-incidentbuis - dus ook het NS-station van TSD.

Het gaat in de GOR om de volgende algemene principes (citaat uit GOR):

1. Als een machinist constateert of vermoed dat hij, anders dan door seingeving, in een tunnel tot stilstand gaat komen, meldt hij dit direct aan de treindienstleider. Hij geeft de treindienstleider daarbij informatie over de (mogelijke) oorzaak en de acties die hij gaat ondernemen.
2. *Er moet zo veel als mogelijk voorkomen worden dat bij brand in een tunnel of in/aan de trein, de trein in de tunnel tot stilstand komt. Als evacuatie noodzakelijk is, dient dat bij voorkeur zo snel mogelijk te gebeuren op een geschikte plaats: buiten de tunnel of bij een station in de tunnel.*
3. *Bij brand in de tunnel moet zoveel als mogelijk voorkomen worden dat een trein de tunnel inrijdt of in de tunnel naar de brand toe rijdt. Bij een noodoproep voor de tunnel, brengt de bestuurder zijn trein zo mogelijk vóór de tunnel tot stilstand.*
4. Bij brand in een trein moet zoveel mogelijk voorkomen worden dat de trein een tunnel inrijdt.
5. Brand/rookontwikkeling in de tunnel of in/aan de trein wordt direct gemeld aan de treindienstleider met zo compleet mogelijke informatie. Op basis hiervan neemt de treindienstleider maatregelen, om zoveel mogelijk te voorkomen dat overig treinverkeer de tunnel inrijdt en er voor te zorgen dat de betrokken trein en andere treinen de tunnel kunnen verlaten, door de bovenleidingspanning niet te snel af te laten schakelen.
6. Wanneer brand geconstateerd wordt in/aan een trein wordt het evacuatieproces opgestart en pas afgeschaald als de brand door het treinpersoneel beheerst wordt.
7. Wanneer een trein 'onvrijwillig tot stilstand komt in een tunnel' wordt het evacuatieproces opgestart en pas afgeschaald als de situatie door het treinpersoneel beheerst wordt.
8. Bij alarmering door de bestuurder aan de treindienstleider meldt de bestuurder de volgende gegevens: functie/dienst nr.; treinnummer; plaats/kilometrering; omstandigheden; (nr.) nooduitgang; (nr.) tunnelbuis; rijrichting; lengte trein, indien mogelijk; schatting aantal reizigers, indien mogelijk.
9. De treinbemanning beslist over het wel of niet evacueren.

De regels geformuleerd onder 2. en 3. komen neer op het *safe haven*-principe, zoals dat ook onderdeel is van het veiligheidsconcept van TSD: het station fungeert zo nodig als vluchtplaats voor de tunnel.

3.7. Programma van Eisen

3.7.1. Beperking ontsporingsrisico

Zie § 3.7.4 *Raakvlakeisen*.

3.7.2. Ontsporingsgeleiding

- Ontsporingsgeleiding in tunnelbuizen en station geïntegreerd in vluchtpad en perron
- geleidende opstorten langs de sporen conform OVS00030.
- constructief ontwerp van tunnel en hoofddraagconstructie met aanrijd- en ontsporingsbelastingen conform normen NAD-NVN-ENV 1991-2-7:2000 en UIC 777-2R.

3.7.3. Seinplaatsing

De volgende ontwerpeisen voor de seinplaatsing zijn vastgelegd in de FIS-studie.

Tabel 3-1 Ontwerpeisen seinplaatsing TSD conform FIS-studie.

Techniekveld	Aspect	Ontwerpeisen seinplaatsing
1. Bovenleiding	a. Gesloten spaninrichtingen: Door de lengte van de tunnel en de open bak is het noodzakelijk om gesloten spaninrichtingen in de tunnel te projecteren.	Plaatsing van het sein t.o.v. de afspandraad.
	b. Open spaninrichtingen: Om de bovenleiding in de tunnel spanningsloos te kunnen maken moeten rondom de tunnel open spaninrichtingen geprojecteerd worden.	1. Geen sein tot 390 m na de open-spaninrichting. 2. Geen sein in een open-spaninrichting (m.u.v. 10 m voor het overnameveld).
	c. Bovenleiding draagconstructies: Seinen zichtbaar conform AV 133.1	Seinen (vrijwel) continue zichtbaar vanaf 350 m. (Max. toegelaten snelheid 140 km/u).
	d. Tractievoeding	De voeding moet voldoende capaciteit hebben om het voorgeschreven dienstregelingsmodel te faciliteren.
2. Spoorbouw	a. Wissels: Bestaande overlopen Dta (465A/B en 467A/B) en wissels op emplacement Dtz (inhaalsporen).	1. Geen sein tot 200 m na achterkant wissel. 2. Sein zo dicht mogelijk bij voorkant wissel.
	b. Aansluiting DSM vlak na de tunnel	1. Beveiligd kunnen in- en uitrijden. 2. Inrijden vanuit de helling moet mogelijk zijn.
	c. Verkanting in bogen	Seinen moeten profielvrij geplaatst worden.
	d. Hellingen	1. Bij voorkeur geen seinen plaatsen op hellingen groter dan 10‰. 2. Maximum bodemsnelheid 100 km/u. 3. Voor goederentreinen rekening houden met 70 m blokmarge ten gevolge van uitbuffering bij stilstand in opgaande helling (20 m uitbuffering + stilstand 50 m voorbij het sein)
		4. Passagierstreinen en goederentreinen moeten te allen tijde kunnen vertrekken vanaf een sein in de helling. Zo niet, dan moet dit worden aangegeven en moeten er maatregelen worden getroffen.
	e. Bogen en hellingen	5. Seinen (vrijwel) continue zichtbaar vanaf 350 m. (Max. toegelaten snelheid =140 km/u). 6. Installaties projecteren aan hand van seinplaatsing.
3. Overwegen	Overweg 't Haantje	Geen sein tot 390 m na de overweg.
4. Tunnelbouw	a. Tunneltechnische installaties	1. Seinen (vrijwel) continue zichtbaar vanaf 350 m. (Max. toegelaten snelheid =140 km/h). 2. Installaties projecteren aan hand van seinplaatsing.
	b. Seinen aan de wand	Seinen moeten profielvrij geplaatst kunnen worden.
	c. Railspoelen	Railspoelen tussen de sporen.
	d. Relaiskasten (RK),	1. Plaatsing van één RK, HSK in de technische ruimtes

Techniekveld	Aspect	Ontwerpeisen seinplaatsing
	Hoogspanningskasten (3Kv) (HSK), Relaishuis (RH)	aan weerszijden van het perron moet mogelijk zijn. 2. Het RH wordt geplaatst in het Dienstgebouw Zuid
5. Perron	Inrichting en trappen	1. Seinen (vrijwel) continue zichtbaar vanaf 350 m. (Max. toegelaten snelheid =140 km/u). 2. Rode zone voor inrichting aangeven.
6. Inframanagement	Spoorgebruik: Keren op Delft en Delft Zuid moet mogelijk zijn.	Per spoor dient aan beide zijden van de perronkop een sein geplaatst te worden dat waarneembaar is voor een machinist van een vertrekkende trein (ongeacht de rijrichting van die trein).
7. Tunnelveiligheid	a. Goederentreinen: Geen stilstaande goederentreinen in de tunnel.	Goederentreinen moeten ongehinderd de tunnel kunnen in- en uitrijden
	b. Passagierstreinen: Passagierstreinen moeten op een veilige plek tot stilstand kunnen komen.	Bij voorkeur geen seinen in de tunnel met uitzondering van het perron voor vertrekkende treinen. Als er seinen in de tunnel moeten komen dan zo dicht mogelijk bij een veilige plaats (uitgang of nooduitgang)

3.7.4. Veiligheidseisen treinexploitatie

De generieke veiligheidseisen worden hier niet verder uitgewerkt. Verwezen wordt naar de hoofdtekst en de bijlagen (*CPR; GOR – Brand in tunnel; Handboek Machinist; Handboek Hoofdconducteur*).

3.7.5. Raakvlakeisen

Het volgende raakvlak is geïdentificeerd:

- Buiten de tunnel van TSD wordt op de aansluitende baanvakken Gotcha/Quo Vadis (opvolger van hotboxdetectie) toegepast. Dit valt buiten de projectscope van TSD.

4. ROOKBEHEERSING TUNNEL EN STATION

4.1. Inleiding

In het geïntegreerde *fire safety engineering* (FSE) concept van veiligheid voor de ondergrondse tunnel en station Delft speelt rookbeheersing een belangrijke rol. Enerzijds ter ondersteuning van een veilige ontvluchting in de tunnel en op het perron, anderzijds ter beheersing van incidenten. Deze incidentbeheersing omvat zowel de beperking van de rookverspreiding naar andere onderdelen van het systeem (zoals stationshal en tunnelbuizen), als de incidentbeheersing om inzet van hulpdiensten en repressie (voldoende lang, binnen de vastgelegde uitgangspunten inzake repressie) mogelijk te maken.

De opgenomen ventilatievoorzieningen bieden secundair tevens mogelijkheden om in geval van incidenten met toxische gassen - afhankelijk van de incidentontwikkeling - de luchtstromingen te sturen.

4.2. Beperkingen vanuit functionaliteit TSD

De gecombineerde functionaliteit van de tunnel en het station legt beperkingen op aan de mogelijkheden van rookbeheersing binnen het systeem. De verbindingen tussen de tunnels en de perrons zijn open, hetgeen de rookbeheersing op het perron bemoeilijkt daar luchtstromingen niet zijn uit te sluiten. Het station Delft kent zowel een ondergronds gelegen perron als bovengrondse transferhal.

Daar een open vide-achtige constructie gewenst is (onder meer uit overwegingen van transparantie en sociale veiligheid), is een volledige compartimentering tussen stationshal en perronniveau niet haalbaar. Deze ‘openheid’ als randvoorwaarde van het systeemontwerp bepaalt in belangrijke mate de mogelijkheden en keuzes op gebied van rookbeheersing en ventilatie.

4.3. Doelstelling ventilatieconcept

Bij de ontwikkeling van het ventilatieconcept is een aantal doelstelling nagestreefd:

- ontwerp van rookbeheersing minimaal gelijkwaardig aan dat van referentieprojecten;
- aansluiting bij de specifieke tunnelwetgeving alsook algemene bouwregelgeving (Bouwbesluit c.a.);
- goede balans tussen ventilatieregime voor de tunnel en ventilatieregime voor het station;
- *safe haven*-station met optimale mogelijkheden voor borging van zelfredzaamheid.

Toepasselijkheid referenties

De referenties (zie bijlagen) voor situaties met een ondergronds station geïntegreerd in een tunnelsysteem vertonen geen eenduidige systematiek. Voor *heavy rail*-stations is veelal de toepassing van langs- c.q. stuwdrukventilatie in de tunnel leidend, terwijl binnen metroprojecten het accent meer op de stationsvoorzieningen ligt en in de tunnels slechts beperkt ventilatie is opgenomen.

Voor de rookbeheersing in TSD is - zoals geformuleerd in de doelstellingen - een goede balans van het ventilatieregime voor de tunnel en het ventilatieregime voor het station uitgewerkt.

4.4. Wet- en regelgeving

4.4.1. Introductie

Vanuit de wetgeving kunnen meerdere sporen worden aangegeven, die langzaam convergeren. Allereerst is de VEST (als ‘vertaling’ van de TSI-SRT) voor ondergrondse railtunnels en stations leidend, maar formeel nog niet definitief van kracht. De VEST biedt meer duidelijkheid en specificatie ten aanzien van ondergrondse stations dan de TSI-SRT.

Ten tweede kan de bouwregelgeving (Bouwbesluit 2003) worden genoemd, die echter minder toegesneden is op ondergrondse stations (transferfunctie). De stationshal, welke geïntegreerd is in één

bouwvolume met het Stadskantoor wordt ook getoetst aan eisen van het Bouwbesluit (als onderdeel van de ontwerptoetsing van het Stadskantoor). Hierover wordt afgestemd tussen LBP en DTB.

Ten slotte kunnen de OVS-richtlijnen worden genoemd, welke momenteel binnen ProRail worden bewerkt om aan te sluiten bij de nieuwe wetgeving (TSI-SRT en - op termijn - VEST).

Gelijkwaardigheid
Met het vigerende ontwerp wordt direct dan wel door middel van gelijkwaardigheid aan genoemde regelgeving voldaan, waarbij de VEST voor het ondergrondse TSD leidend is.

4.4.2. TSI-SRT
TSI Art. 1.1.4. *Ondergrondse stations* stelt de volgende eisen:
- Ten aanzien van spoorwegsubsystemen moeten tunnelstations voldoen aan de relevante specificaties van deze TSI. Bovendien moeten de gedeelten van die stations die toegankelijk zijn voor het publiek voldoen aan de nationale brandweervoorschriften. Wordt aan deze twee voorwaarden voldaan, kan het ondergrondse station worden beschouwd als een veilig gebied als gedefinieerd in 4.2.2.6.1.

Zoals vermeld wordt vanuit de TSI-SRT geen ventilatie in de tunnel of op de stations voorgeschreven als onderdeel van het basispakket aan voorzieningen. Wel kan uit de veiligheids- of scenarioanalyses de noodzaak tot toepassing van RWA volgen.

4.4.3. Bouwbesluit 2003
Voor het station (perron en hal) geldt dat dit als gebouw kan worden aangemerkt. Derhalve zal ook aan het Bouwbesluit voldaan dienen te worden (overige functie of bijeenkomstfunctie). Voor veiligheid stelt dat eisen aan veilige ontvluchting, in casu loopafstanden en compartimentsgrootte.

Daar het perron een groot ongecompartimenteerd gebied is en de (nood)uitgangen onderling op meer dan 30 m afstand liggen zal vanuit de bouwregelgeving de veiligheid door middel van ‘gelijkwaardigheid’ aantoonbaar gemaakt dienen te worden.

4.4.4. VEST
Vanuit de VEST worden eisen gesteld aan zowel de veilige ontvluchting van de tunnel alsook aan de veilige ontruiming van het station. In de bijlage is een kort overzicht gegeven.

- Voor het station worden criteria gesteld voor de (verblijfs)omstandigheden tijdens veilig vluchten alsmede voor repressie. Voor Delft wordt dit door middel van de keuze voor een RWA-installatie in het station ingevuld.
- Voor de tunnel geldt naast de ontruimingstijd eveneens de eisen ten aanzien van veilige ontvluchting. Dit wordt door middel van de langsventilatie in de tunnelkokers gerealiseerd.

4.4.5. OVS
De (in bewerking zijnde) OVS voor spoortunnels volgt de principes en eisen zoals gesteld in de VEST.

4.5. Basisconcept ventilatie

4.5.1. Basisconcept ventilatie spoortunnel
Voor de tunnel is sprake van een standaard vluchtconcept, waarbij reizigers in langsrichting ontvluchten en middels zijdeuren (h.o.h. 75 m) de naastgelegen veilige buis bereiken en doorvluchten richting perron of tunnelmonden. Door de keuze voor langsventilatie in de tunnelbuis kan bovenwinds van de brandlocatie in de incidentbuis een veilige vluchtroute worden geboden,die verder loopt via de veilige

niet-incidentbuis naar tunnelmond of station. Dit ventilatieconcept sluit aan bij de gangbare aanpak voor spoortunnels.

4.5.2. Basisconcept ventilatie ondergronds station

Voor het ventilatieprincipe van het station zijn meerdere principes te overwegen:

- gebruik van de langsventilatie in de tunnelbuizen (bijv. station Best);
- langsventilatie in tunnelbuizen aan elke zijde afwaarts gericht van het station en toetreding van lucht via de stationshal (bijv. station Blaak);
- natuurlijke ventilatie gebruikmakend van de temperatuurseffecten en openingen in het perron.

De voor- en nadelen van deze principes zijn op basis van een beknopte effect- en scenariobeschouwing beoordeeld. Bij keuze voor langsventilatie zal bij incidenten nabij het stijgpunt de rook en warmte over het perron worden geblazen en treedt benedenstrooms van het incident een volledige menging en bedreiging voor aanwezigen op. Daar de locatie van het brandincident langs het perron kan verschillen is zodoende niet altijd sprake van een veilige beheersbare situatie op het station. Natuurlijke ventilatie vraagt een aanzienlijk aantal openingen of rookluiken en schachten op maaiveld boven het station, hetgeen uit oogpunt van stedenbouwkundige inpassing en geluidsemissie niet is gekozen.

Op basis van bovenstaande beschouwing is gekozen voor een RWA-ventilatiesysteem (rook- en warmteafvoer) op het perron, terwijl voor de tunnelbuizen wordt gekozen voor langsventilatie.

Het RWA-systeem is gecombineerd met rookschermen hangend aan het plafond ('downstands') rondom de stijgpunten op perronniveau. Tussen de perronvloer en de onderzijde van de downstands is een vrije hoogte van 3,5 m aanwezig. Deze downstands zorgen ervoor dat de rook en hitte niet ongehinderd langs het plafond de stijgpunten kan instromen en ze daarmee onbruikbaar maakt voor ontvluchting.

Er niet voor geheel gesloten (rookgecompartimenteerde) trappenhuizen gekozen om architectonische redenen, overwegingen van sociale veiligheid (bijv. zichtlijnen over perron) en technische redenen. De beperkte doorsnede van de gehele ondergrondse constructie is beperkend op de mogelijkheden voor luchtdrukvereffening bij treinpassages met hoge snelheid (Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium heeft hiervoor aërodynamisch onderzoek uitgevoerd). Om de noodzakelijke mogelijkheden van drukvereffening te borgen zijn obstakels (beperking van doorstroomoppervlak) op de perronkoppen (en elders op perron) beperkt en ontbreken gesloten trappenhuizen op perronniveau.

In het dak van de bovengrondse stationshal zijn rookluiken opgenomen voor rookbeheersing in de hal (zie § 4.5.4). Deze dienen tevens ter compensatie van luchtvolumebalans c.q. toestroom van schone lucht naar het perronniveau ten behoeve van de RWA-installatie op perronniveau. Om windsnelheden in het station bij treinpassages te beperken (comforteis) zijn de stationsuitgangen op maaiveld in de vorm van (gesloten) draaideuren uitgevoerd. De (rook)luiken in het dak van de stationshal zijn dus noodzakelijk voor aanvoer van voldoende schone lucht naar het perronniveau voor een goede werking van de RWA (voorkomen van afzuiging van valse lucht en rookvrij houden van het centrale stijgpunt door de instroming van schone lucht vanuit het halniveau).

4.5.3. Interface aansturing ventilatie tunnel en station

In geval van een incident langs het perron wordt de RWA-installatie ingeschakeld en vindt voeding (toevoer van schone lucht) plaats vanuit de tunnelbuizen en in beperkte mate vanuit de stationshal (daar deze dicht is naar de omgeving). Bij brandincidenten in de tunnelbuizen wordt van het perron af geblazen de tunnelbuizen in.

4.5.4. Basisconcept ventilatie bovengronds stationsdeel

Het ontwerp van de stationshal valt buiten de scope van TSD (ontwerp Mecanoo/LBP). De rookbeheersing in de hal wordt echter kort toegelicht vanwege de samenhang met het ondergrondse deel.

In het ventilatieprincipe wordt onderscheid gemaakt tussen de situatie op het perronniveau (met RWA-ventilatiesysteem) en de maatregelen voor het bovengronds deel van het station: de mezzanine en de stationshal. Er bestaat echter een samenhang tussen beide. Hierbij zijn twee aspecten van belang:
- mezzanine en stationshal maken onderdeel uit van de totale vluchtroute vanaf perron naar buiten.
- deze route zal ook belangrijk zijn voor toetreding van brandweer en overige hulpdiensten.

In de stationshal (met brandgecompartimenteerde en gesprinklerde winkels) en mezzanine is de vuurbelasting relatief beperkt, waardoor vanuit rookbeheersing geen substantiële voorzieningen worden geeist. Van belang is desalniettemin dat bij zeer ongunstige scenario´s op het perron, waarbij rook vanuit het perron de mezzanine en hal zou kunnen instromen, deze rook uit de hal kan worden afgevoerd en de vluchtroute voldoende rookvrij blijft. In de stationshal zijn daarom automatisch bediende rookluiken opgenomen, voor afvoer van rook *spill* vanuit het perronniveau naar de stationshal

De luiken kunnen daarnaast ook van nut zijn bij branden in de stationshal zelf.

4.6. Aanpak ontwerp ventilatie-installaties

Voor de beoordeling van de ventilatie in het ondergrondse systeem is gekozen voor:
- ondergronds station: het uitvoeren van CFD-berekeningen om de rookbeheersing op het station aantoonbaar te maken
- tunnelkokers: het vastleggen van de eisen voor de tunnelventilatie op hoofdlijnen.

In het kader van de D&C-opdracht zal bij het definitieve ontwerp van de installaties door de aannemer het aantonen van de effectiviteit van het rookbeheersingsconcept onderdeel zijn van het takenpakket van de aannemer.

4.7. Analyses stationsventilatie

4.7.1. Inleiding

Om de rookbeheersing van het ondergrondse station door middel van RWA te onderzoeken zijn CFD-analyses uitgevoerd. Voor de volledige rapportage wordt verwezen naar het rapport:

> *OV-Knoop Delft, CFD STUDY OF OV-KNOOP DELFT,*
> *Predicting fire conditions in a two vs four track station layout* (NIRAS, juli 2006)

In dat rapport zijn de resultaten opgenomen van rookscenario's bij brand in het station van Delft.
Het onderzoek behelst een analyse van een concept rookbeheersingsplan in het perrongebied voor een station met twee en met vier sporen. Het model met vier sporen is onderzocht om een toekomstige uitbreiding van de capaciteit naar vier sporen te toetsen.

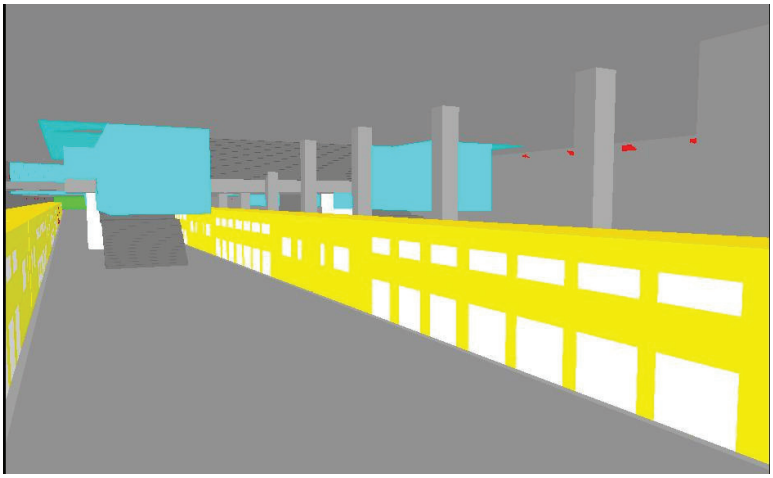
Door een minimum aan beschikbare plafondhoogte, een smalle dwarsdoorsnede en openingen naar het stationshalniveau is een standaard aanpak voor rookbeheersing niet voldoende. De situatie is zeer complex als gevolg van optredende driedimensionale stromingspatronen.

Het rookbeheersingsconcept van het OV-knooppunt Delft is daarom ontwikkeld en geëvalueerd met behulp van computersimulaties op basis van de CFD-methode (*computational fluid dynamics*). Hiertoe is een 3D-model van het ondergrondse stationsdeel van het OV-knooppunt Delft gemaakt. Randvoorwaarden vanuit de aangrenzende tunnelbuizen en het stationshalniveau zijn geïmplementeerd, waarna de geldende vergelijkingen voor stroming, hittetransport, verbranding, turbulentie en straling numeriek zijn opgelost over een tijdsperiode na aankomst van een brandende trein langs het perron.

4.7.2. Stationsplattegrond

Het station bestaat uit twee sporen (later dus uit te breiden naar vier), ongeveer 10 m onder het maaiveld. Door een gat in het dek van ca. 27 bij 30 m is het met trappen en liften verbonden via een tussenverdieping met de stationshal (*concourse*).

Het perrongebied is verder fysiek gescheiden van het concourse door middel van *downstands* c.q. glaswanden. Deze *downstands* reiken tot 3,5 m boven het perronniveau. Het noordelijke gedeelte van het perron is 8 m hoog, terwijl de hoogte aan de zuidkant 5 tot 6 m bedraagt als gevolg van de fietsenstalling op het tussenniveau. Vooral in het lagere gedeelte kunnen zonder maatregelen hoge rookconcentraties en kleine zichtlengtes ontstaan.



Figuur 4-1 CFD-model van station Delft (gezicht op mezzanine met downstands in blauw; treinen in geel).

4.7.3. CFD-berekeningen

Meer dan 18 CFD-simulaties zijn uitgevoerd om de meest effectieve rookbeheersingsstrategie in de OV-knoop Delft te identificeren. De nadruk lag op het vaststellen van de effectiviteit van de rook- en warmteafvoerstrategie voor het ondergrondse station (perronruimte), waarbij een vergelijking met stuwluchtventilatie is gemaakt. Zodoende is gekeken naar:

- ventilatie in langsrichting (vanuit de tunnelbuizen schone lucht blazen aan een kant en wegzuigen aan de andere kant van het perron)
- semi-transversale ventilatie (afzuiging in dwarsrichting zoveel mogelijk ter hoogte van de rookwolk)
- oplossingen waar alleen vanuit een rookbuffer nabij de mezzanine rook werd afgevoerd.

Deze strategieën zijn doorgerekend voor zowel 2- als 4-sporige situaties en vergeleken met een *benchmark*-strategie, waarbij er geen ventilatie plaatsvindt maar slechts sprake is van migratie van de rook door het systeem als gevolg van een resulterende luchtstroming (door treinbeweging).

SIMULATIONS BREAKDOWN

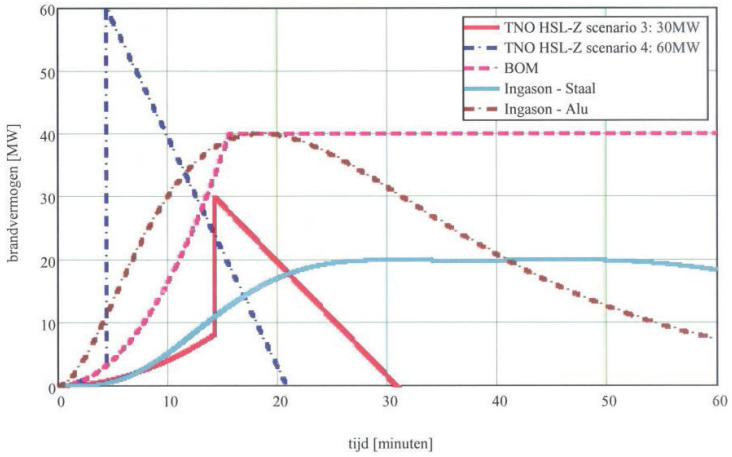
Test	Tracks	Design fire	Downstands free height	Downstand shape	Wall against bike park.	Flow breaker	Solution	SHEVS North	SHEVS Mid	SHEVS South	Smoke chamber	Res. flow
1	2	Steel	3,5 m	Perpendicular	Perpendicular	No	Steady: 20 MW	350,000 m^3/hr	175,000 m^3/hr	175,000 m^3/hr	E+W (+0 m^3/hr)	0.5 m/s
2	2	Steel	3,5 m	Perpendicular	Perpendicular	No	Transient	350,000 m^3/hr	175,000 m^3/hr	175,000 m^3/hr	E+W (+0 m^3/hr)	0.5 m/s
3	4	Steel	3,5 m	Perpendicular	Perpendicular	No	Transient	350,000 m^3/hr	175,000 m^3/hr	175,000 m^3/hr	E+W (+0 m^3/hr)	0.5 m/s
4	2	Steel	3,5 m	Perpendicular	Perpendicular	No	Steady: 20 MW	350,000 m^3/hr	175,000 m^3/hr	175,000 m^3/hr	E+W (+50E3 m^3/hr, 0.4 m)	0.5 m/s
5	2	Steel	3,5 m	Perpendicular	Perpendicular	No	Steady: 20 MW	350,000 m^3/hr	175,000 m^3/hr	175,000 m^3/hr	E+W (+50E3 m^3/hr, 1.4 m)	0.5 m/s
6	2	Steel	3,5 m	Perpendicular	Perpendicular	No	Steady: 20 MW	350,000 m^3/hr	175,000 m^3/hr	175,000 m^3/hr	E+W (+50E3 m^3/hr, 2.4 m)	0.5 m/s
7	2	Steel	3,5 m	Perpendicular	~30 deg.	No	Transient	350,000 m^3/hr	175,000 m^3/hr	175,000 m^3/hr	E+W (+0 m^3/hr)	0.5 m/s
8	2	Steel	2,0 m	Perpendicular	~30 deg.	No	Steady: 20 MW	350,000 m^3/hr	175,000 m^3/hr	175,000 m^3/hr	E+W (+0 m^3/hr)	0.5 m/s
9	2	Steel	3,5 m	~30 deg.	~30 deg.	No	Transient	350,000 m^3/hr	175,000 m^3/hr	175,000 m^3/hr	E+W (+0 m^3/hr)	0.5 m/s
10	2	Steel	3,5 m	~30 deg.	~30 deg.	No	Transient	350,000 m^3/hr	350,000 m^3/hr	0 m^3/hr	E+W (+0 m^3/hr)	0.5 m/s
11	4	Steel	3,5 m	~30 deg.	~30 deg.	No	Transient	350,000 m^3/hr	350,000 m^3/hr	0 m^3/hr	E+W (+0 m^3/hr)	0.5 m/s
12	2	Aluminium	3,5 m	~30 deg.	~30 deg.	No	Transient	350,000 m^3/hr	350,000 m^3/hr	0 m^3/hr	E+W (+0 m^3/hr)	0.5 m/s
13	4	Aluminium	3,5 m	~30 deg.	~30 deg.	No	Transient	350,000 m^3/hr	350,000 m^3/hr	0 m^3/hr	E+W (+0 m^3/hr)	0.5 m/s
14	2	Steel	3,5 m	~30 deg.	~30 deg.	No	Transient	0 m^3/hr	0 m^3/hr	0 m^3/hr	E+W (+0 m^3/hr)	0.5 m/s
15	4	Steel	3,5 m	~30 deg.	~30 deg.	No	Transient	0 m^3/hr	0 m^3/hr	0 m^3/hr	E+W (+0 m^3/hr)	0.5 m/s
16	2	Steel	3,5 m	~30 deg.	~30 deg.	No	Transient	Longitudinal ventilation/south⇒north: 1.6E+03 m^3/hr			E+W (+0 m^3/hr)	0.5 m/s
17	2	Steel	3,5 m	~30 deg.	~30 deg.	No	Transient	Longitudinal ventilation/north⇒south: 1.6E+03 m^3/hr			E+W (+0 m^3/hr)	0.5 m/s
18	2	Steel	3,5 m	~30 deg.	~30 deg.	Yes	Transient	350,000 m^3/hr	350,000 m^3/hr	0 m^3/hr	E+W (+0 m^3/hr)	0.5 m/s

Table 8: ***Simulations breakdown.***

Figuur 4-2 Voor station Delft uitgevoerde CFD-simulaties.

4.7.4. Maatgevend brandscenario

Voor de maatgevende brandcurve is gekeken naar de (internationaal) beschikbare onderzoeksresultaten. In samenspraak met ProRail is gekozen voor de curve *Ingason – Staal* (zie onderstaande figuur), daar volgens opgave ProRail alleen stalen treinstellen gebruik zullen maken van TSD. Uit oogpunt van gevoeligheidsanalyse is ook de snellere curve voor aluminium materieel (*Ingason – Alu*) beschouwd.



Figuur 4-3 Diverse beschikbare brandcurves.

De onderzochte periode is 900 s (15 min) na aankomst van een dubbeldekkertrein bij een calamiteit. Op het moment van aankomst van de trein is aangehouden dat het brandscenario zich reeds 60 s heeft ontwikkeld, terwijl de RWA 2,5 min na aankomst van de trein op vol vermogen draait.

4.7.5. Resultaten CFD-berekeningen

Op basis van de CFD-analyses zijn de volgende conclusies opgetekend:

1. Een aanpak waarbij geen SHEVS (*Smoke & Heat Exhaust Ventilation System*) is geïnstalleerd is geen acceptabel rookbeheersingsconcept, daar de rook slechts voor de helft van de tijd in het perrongebied kan worden gehouden, indien vergeleken met het uiteindelijke uitgewerkte RWA-concept. Op basis hiervan is het aan te bevelen om SHEVS toe te passen in het station.

2. Bij het toepassen van longitudinale ventilatie wordt de ASET (*Available Safe Egress Time*) aanzienlijk verlaagd in de richting van de geforceerde stroming. De geleiding van rook in de richting van de mezzanine zal zware rookoverlast tot gevolg hebben in de mezzanine en daarboven en snel leiden tot onbeheersbare omstandigheden benedenstrooms van de brand. Het wegleiden van rook uit de buurt van de mezzanine zou een groter deel van het centrale en zuidelijke perron blootstellen aan zware rookbelasting. Daarom is longitudinale ventilatie niet aan te bevelen in het huidige project.

3. Het concept rookbeheersingsplan van semi-transversale ventilatie voldoet aan de rookbeheersingseisen, zowel in het stationsmodel met twee sporen als bij vier sporen. In dit plan is het station uitgerust met een RWA-installatie met afzuigopeningen langs de beide buitenwanden en rookschermen rondom de stijgpunten. Om een optimale rookbeheersing rondom de mezzanine (centraal stijgpunt) te bereiken is het perrongebied opgedeeld in drie rookbeheersingsecties:
   - *noordelijke sectie* (ten noorden van mezzanine): per langszijde 175.000 m³/uur afvoercapaciteit (totaal 350.000 m³/uur);
   - *centrale sectie* (ten zuiden van mezzanine, over de volledige lengte van de fietsenstalling,) en *zuidelijke sectie* (ten zuiden van de fietsenstalling): tezamen 175.000 m³/uur per langszijde (totaal 350.000 m³/uur). De centrale sectie moet initieel meer afvoercapaciteit hebben dan zuidelijke sectie: 135.000 m³/uur resp. 40.000 m³/uur per langszijde.

   Noot: Bij de uitwerking is gekozen voor 2 RWA-deelsecties: enerzijds het noordelijk deel van het perron en anderzijds het deel langs de mezzanine en het zuidelijk deel van het perron. De verhoging van het extractievolume rondom de mezzanine wordt bereikt door middel van het inregelen van de vaste kleppen in de afzuigopeningen.

4. De uitgevoerde CFD-simulaties wijzen uit dat de concept rookveiligheid strategie door semi-transversale ventilatie een voldoende grote volume stroom kan genereren van het hal/mezzanineniveau naar het perrongebied om rookoverlast (met een zichtvermogen kleiner dan 10 m) te vermijden. De toestroom van lucht onder de downstands rond de mezzanine voorkomt dat rook zich verplaatst naar de hal. Rook met een zichtvermogen groter dan 30 m zal wel enige overlast veroorzaken onder de downstands na ongeveer 600 s (10 min).

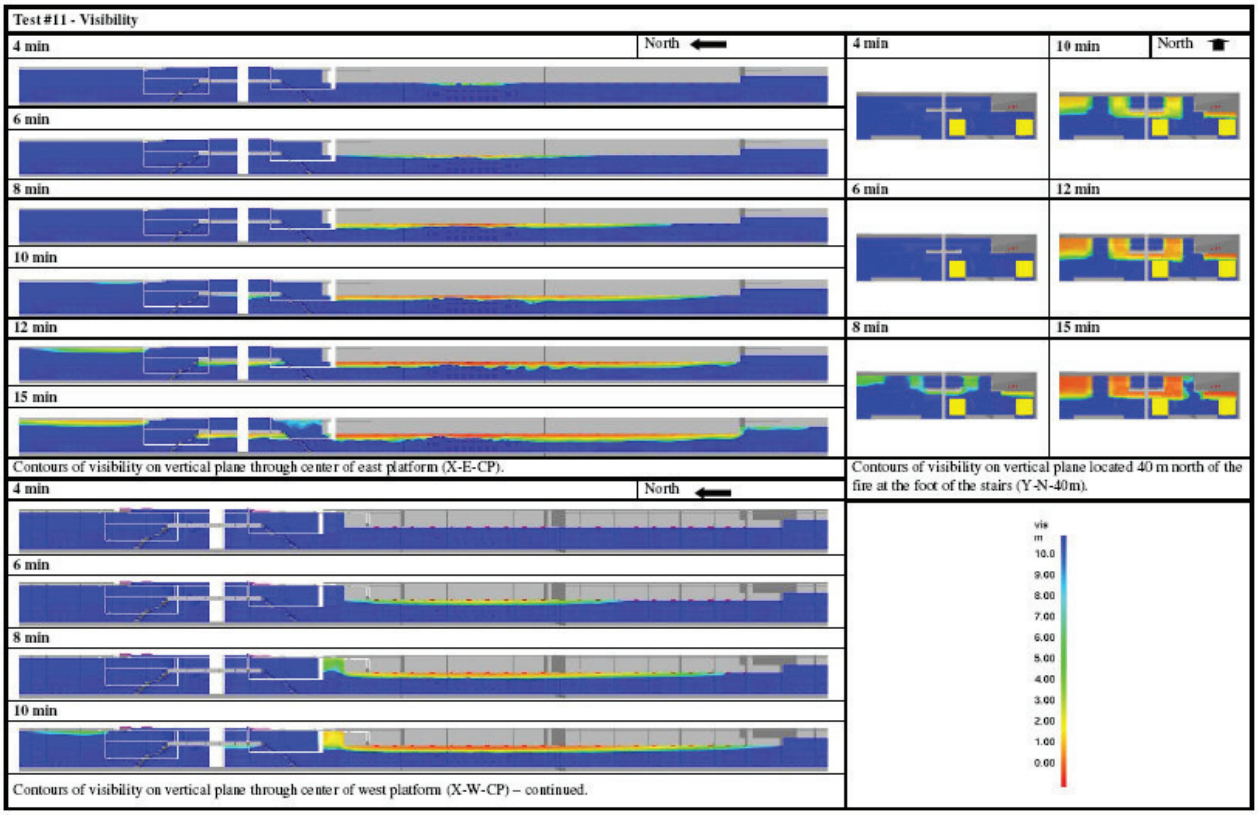
5. De residuele luchtstroom van 0,5 m/s (vanuit de zuidelijke tunnelbuizen) veroorzaakt door vertrekkende en binnenkomende aankomende treinen in het station duwt de rook richting het stijgpunt gebied, met als gevolg een onevenredige rookverdeling aan weerszijden van de brandende trein.

6. Bij implementatie van het voorgenomen rookbeheersingsconcept blijft de gemiddelde minimale rookvrije hoogte 3,5 m (vanaf perron) gedurende minstens 720 s in zowel de viersporige als tweesporige stationsconfiguratie. Bij gebruik van verticale glaswanden aan weerszijden van de trappen is dezelfde gemiddelde minimum rookvrije hoogte gehandhaafd gedurende de volledige 900 s van dit onderzoek. Observaties van de gemiddelde rooklaag geven aan dat de rook blijft gestratificeerd boven de vluchtroute in beide stationsplattegronden.

7. Met het voorgestelde rookveiligheidsplan komt de temperatuur in het vluchtgebied, op afstand van de brandincident, nooit boven en ruim onder de 60°C in beide stationsplattegronden.

8. de temperatuur van de rooklaag komt 600 s na aankomst van de trein uit boven de 200°C langs de gehele lengte van de brandende trein en op het naastgelegen spoorgedeelte (direct voor trein).

9. In beide stationsplattegronden blijven de concentraties koolmonoxide ruim onder de blootstellinglimiet van 800 ppm gedurende 15 min in de uitgangszone tijdens de gesimuleerde tijdsduur.



Figuur 4-4 Resultaten CFD-berekeningen voor station Delft: zichtlengte (*visibility)* op verschillende tijdstippen.

4.7.6. Rookbeheersing in relatie tot ontvluchting station

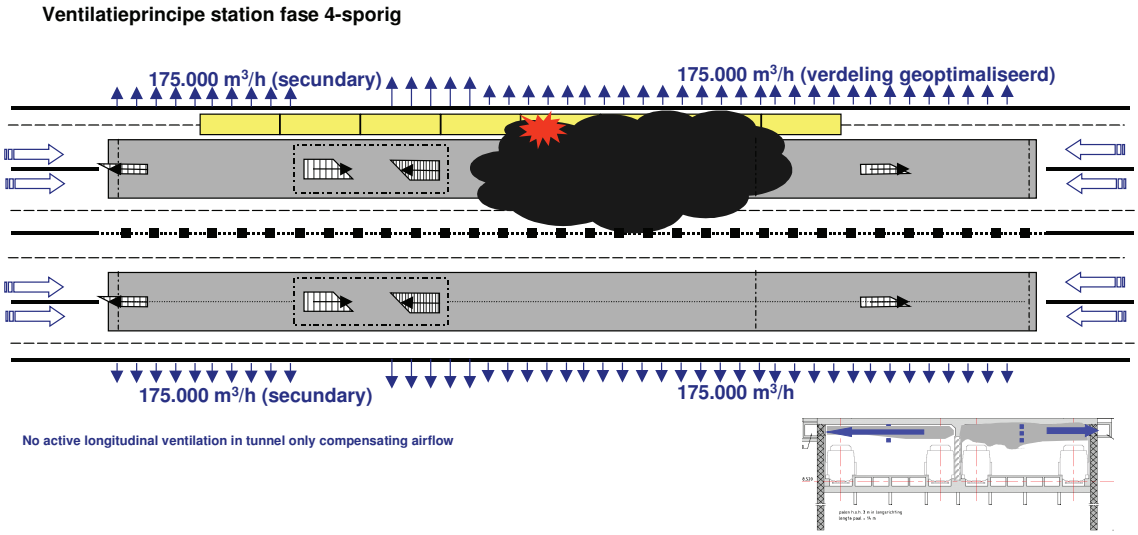
Bovenstaande resultaten kunnen gespiegeld worden aan de eisen ten aanzien van de ontvluchting van het ondergrondse station (STEPS).

Tabel 4-1 Spiegeling van prestaties van rookbeheersing aan ontvluchting.

	Perron	Station
Evacuatieduur		
In fase 1 (2 sporen)	6,3 min	8,2 min
In fase 2 (4 sporen)	5,8 min	7,7 min
Vluchtcondities		
Rookvrije hoogte tot 3,5 m	12 min (15 min bij optimalisatie rookschermen)	
Temperatuur op perron (op afstand van brandincidenten)	lager dan 60°C gedurende gehele simulatieduur (15 min)	
Rooklaagtemperatuur	rooklaag boven 200°C na 10 min op incidentperron langs brandende trein	
Concentratie koolmonoxide (CO)	gedurende gehele simulatieduur (15 min), ruim onder blootstellingslimiet van 800 ppm	

Op basis hiervan blijkt bij de RWA-installatie de ontvluchting op een veilige manier geborgd te zijn, waarbij ten aanzien van de berekende ontvluchtingstijden vanaf het perron nog een aanmerkelijke tijdsmarge (meer dan 1,5) beschikbaar is.

De warmtestraling vanuit de rooklaag blijkt als eerste bepalend voor de condities op het perron na 10 minuten. Een temperatuur van ca. 200 graden komt overeen met de grenswaarde van het stralingsniveau van 2,0 kW/m². Ook voor dit criterium geldt dat sprake is van voldoende marge ten opzichte van de daadwerkelijke ontruimingsduur (ASET>RSET).



Figuur 4-5 Ventilatieconcept station Delft: afzuiging in dwarsrichting (Fase 2, viersporigheid).

4.8. Tunnelventilatie

4.8.1. Maatgevend brandscenario

Voor het brandscenario is aansluiting gezocht bij de lopende onderzoeken en projecten (o.a. *Leidraad scenarioanalyse spoortunnels*).

Voor ontvluchtingssituaties is in de leidraad een tweetal brandscenario´s benoemd, zoals ook opgenomen in de hiervoor opgenomen overzichtsfiguur brandscenario´s:

a. medium brandscenario met kwadratische groei tot 1 MW bij 300 s en 9 MW bij 900 s;
b. snelle brandontwikkeling van 1 MW na 150 s en 40 MW na 900 s.

Scenario b. met een maximaal brandvermogen van 40 MW is in overleg met ProRail als maatgevend voor het ontwerp van de langsventilatie gehanteerd.

De tunnel is tevens uitgelegd voor goederenvervoer en kent een reservering voor het vervoer van gevaarlijke stoffen conform categorie 3a. Deze in potentie zwaardere en eventueel sneller (gevaarlijke stoffen) ontwikkelende branden zijn voor evacuatiesituaties niet als maatgevend beschouwd daar per baanvakdeel (gescheiden kokers en daarnaast opdeling in noord, station en zuidelijk tunneldeel) geen goederentreinen en reizigerstreinen gelijktijdig aanwezig kunnen zijn.

Bij scenario's met goederentreinen dient de langsventilatie alleen als ondersteuning voor eventuele repressie, terwijl daarnaast sprake is van borging van de constructieve integriteit van de tunnel gedurende 2 uur (zie § 5.3 Brandwerendheid constructie).

4.8.2. Basisconcept

Voor Delft is gekozen om langsventilatie in de tunnels toe te passen. Vanuit de regelgeving geldt voor het ontwerp van de tunnelventilatie een tweetal uitgangspunten:

1. Als primaire doelstelling biedt de langsventilatie een borging van de veilige evacuatie uit een reizigerstrein in geval van een brandincident in een reizigerstrein

Hierbij wordt opgemerkt dat een veilige vluchtsituatie per definitie alleen bovenwinds wordt gecreëerd. Benedenwinds zal sprake zijn van opmenging van rook, waarbij de mate waarin het incident zich ontwikkeld heeft de rookconcentratie bepaalt. Wel geldt dat langs de trein bij maximale ventilatie hoge windsnelheden optreden en zodoende sprake is van aanmerkelijke opmenging. Voor de borging van het vluchtproces worden daarnaast eisen gesteld aan de evacuatieduur vanuit de incidentbuis: maximaal 10 min. Door de vluchtdeurtussenafstand van 75 m wordt hier ruim aan voldaan: ca. 4 min. De brandontwikkeling zal dan nog slechts beperkt zijn en lager dan de ontwerpwaarden voor de ventilatie.

2. Daarnaast ondersteunt de langsventilatie eventuele hulpverlening en repressie door één zijde zo lang mogelijk begaanbare condities voor de hulpdiensten te bieden (VEST Art. 4.7.9).

VEST Art. 4.7.9 *Brandbestrijding moet mogelijk zijn. Daartoe moeten de condities begaanbaar zijn voor de brandweer. Gedurende de hulpverleningsfase moet daarom de zichtlengte vanaf één zijde van de brand minimaal 7 m bedragen op een hoogte van 2m boven het loopoppervlak, daarnaast moet op deze hoogte de stralingsintensiteit lager zijn dan 5 kW/m^2 en de luchttemperatuur lager zijn dan 100 graden C. Bij gebruik van infraroodcamera's door hulpverleners komt de zichtlengte-eis te vervallen.*

In het kader van de D&C-opdracht is gekozen om functionele specificaties op te stellen om aan deze doelstellingen te voldoen. De aannemer zal de effectiviteit van het installatieontwerp (conformiteit met de doelstellingen) aantonen door middel van ventilatieberekeningen.

4.8.3. Effectiviteit langsventilatie

De effectiviteit van de langsventilatie wordt bepaald door de stuwdruk/luchtsnelheid in de tunnelkoker. Op basis van uitkomsten van referentie CFD-onderzoek in de *Leidraad Scenarioanalyse voor Ongevallen in tunnels, Deel 2; Spoor-, tram-, metrotunnels en overkappingen* d.d. juni 2006 volgt dat:

- voor een enkelsporige tunnelkoker bij een stuwluchtventilatie van 3,5 m/s een maximaal en snel scenario van 40 MW, gedurende de eerste fase van 15 min enkelzijdig kan worden beheerst en sprake blijft van een veilige bovenwindse situatie. Tot 6 à 7 min is zowel boven- als benedenwinds nog sprake van beheersbare vluchtomstandigheden.
- voor het medium (minder snel en minder zware) brandscenario is gedurende de eerste 10 à 12 min langs de trein nog sprake van beheersbare vluchtomstandigheden.

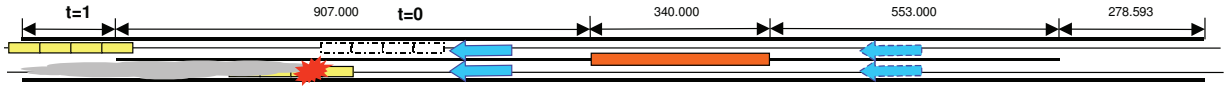
Zie ook de grafische weergaves van de CFD-resultaten (temperatuursverloop op het vluchtpad in een enkelsporige tunnel bij een medium resp. snelle brand, gegeven langsventilatie) in de *Leidraad Scenarioanalyse voor Ongevallen in tunnels, Deel 2; Spoor-, tram-, metrotunnels en overkappingen* d.d. juni 2006 (Appendix bij het bijlagedeel; deelonderzoek: rook- en warmtespreiding)

Deze resultaten zijn voor TSD gehanteerd voor het opstellen van de algemene eisen aan de tunnelventilatie. Bij het definitief installatieontwerp zullen nadere ontwerpdetaillering en controleberekeningen naar de brand- en rookbeheersing worden uitgevoerd. De randvoorwaarden voor opstart van de installatie worden nader uitgewerkt.

4.8.4. Aansturingsstrategie

Bij brandincidenten in de tunnels zal de langsventilatie in de incidentbuis worden opgestart met de blaasrichting van het station af. Uitgangspunt is onmiddellijke opstart tot maximaal vermogen, ofwel 3,5 m/s. De ventilatie in de naastgelegen niet-incidentbuis zal in dezelfde richting worden opgestart in lage (vlucht)modus 1 m/s om eventuele rook *spill* door deuren af te voeren van het station af.

De ventilatie in de tunnelsecties aan de andere zijde van het station zullen in dezelfde richting worden ingeschakeld, om de luchtbalans te borgen en de toestroomweerstand richting de incidentbuis te beperken. De RWA op het station wordt in beginsel niet opgestart bij een incident in de tunnelbuis.



Figuur 4-6 Aansturingsstrategie tunnelventilatie Delft bij brandincident in tunnel: blaasrichting van station (oranje) af.

De volgende aspecten worden in het DO-installaties verder uitgewerkt:

- De betreffende ventilatiecapaciteit in de toestromende buizen dient op basis van stromingsberekeningen als onderdeel van het definitieve installatieontwerp te worden bepaald.
- Overwogen kan worden om de ventilatie getrapt op te starten of bij te sturen om te hoge luchtsnelheden langs de trein voor vluchtenden tegen te gaan. Hiertoe is in de eisen een grenswaarde van 8 m/s ter plaatse van het vluchtpad gedefinieerd. De installatie is hiertoe al regelbaar uitgevoerd.

Noot: De aansturingsstrategie en met name de wijze van (gestaffelde) opstart zal worden vastgesteld op basis van nadere CFD-analyses, welke door de aannemer zullen worden uitgevoerd. De eisen en het basisontwerp van de ventilatie zijn zodanig ontworpen dat een maximale snelheid c.q. stuwdruk van 3,5 m/s kan worden gerealiseerd, daarbij rekening houdend met getrapte standen. Deze maximale stuwdruk is zodoende toereikend en kan nader geoptimaliseerd worden. Voor de Drontermeertunnel geldt momenteel op basis van CFD-analyses het uitgangspunt van een opstart van minimaal 1 m/s en maximaal 2 m/s om een juiste balans tussen beheersing van de rooklaagtemperatuur en behoud van stratificatie te bewerkstelligen. Voor Delft zal een juiste balans worden vastgesteld tussen rooklaagtemperatuur en behoud van stratificatie, waarbij de effecten van de aanwezigheid van het station zullen worden meegenomen.

De aansturing van het gehele veiligheidssysteem in geval van incidenten is apart beschouwd (zie Hoofdstuk 11 *Besturing TTI bij incidenten*).

4.9. Programma van Eisen

4.9.1. RWA-installatie perronniveau

Het Programma van Eisen voor de installatie van het ondergrondse station is vastgelegd in het *Functioneel Programma van Eisen Veiligheid TSD* (DTB, kenmerk DT-SE20060690 d.d. 9 januari 2007). Hieronder vindt een toelichting en opsomming plaats van het systeem, waarbij geldt dat de aannemer het definitief ontwerp maakt.

Systeem

- mechanisch ventilatiesysteem met geforceerde afvoer in dwarsrichting;
- systeem is opgesplitst twee secties:
  - sectie ten noorden van de mezzanine;
  - sectie ten zuiden van de mezzanine.

Capaciteit

- totale capaciteit: 700.000 m3/uur;
- noordelijke sectie: elke zijde 175.000 m3/uur;
- zuidelijke sectie: elke zijde 175.000 m3/uur;
- vol vermogen beschikbaar na 1,5 min.
- optimalisatie (verhoging) van afvoercapaciteit rondom de mezzanine (zie Figuur 4-5).

Rookafvoer

- rookafvoeropeningen:
  - gepositioneerd hoog in de beide buitenste wanden, verdeeld over de gehele perronlengte.
  - circa 400 mm x 600 mm (hoogte x breedte) h.o.h. gemiddeld circa 4 m. Bij de mezzanine en deels onder de fietsenstalling wordt dit geïntensiveerd, orde van h.o.h. 3 m.
  - voorzien van vast instelbare kleppen, waarbij de instelling en verdeling zodanig is dat rondom de mezzanine intensiever wordt afgezogen.
- rookkanalen:
  - kanaal voor rookafvoer langs de buitenzijde van de beide wanden.
  - de beide rookkanalen komen samen en worden via een ventilatorruimte naar een centrale koker geleid die door het stadskantoor wordt geleid en uitblaast in de buitenlucht.
  - uitgangspunt zijn kokers met een doorsnede van 2.000 mm x 2.000 mm en een maximale stroomsnelheid in de kanalen van 12 m/s.

Bediening

- automatische opstart bij incidentdetectie (zie Hoofdstuk 11 *Besturing TTI bij incidenten*);
- centraal op afstand door Schakel- en Meldcentrum (SMC) van ProRail Verkeersleiding;
- lokaal-centraal door middel van bedienpaneel in brandweercommandoruimte (BCR) van TSD.

Tweesporigheid

- voldoende vrije hoogte boven akoestische middenwand voor borging van bijdrage van RWA in niet in exploitatie genomen buis aan werking van RWA-systeem als geheel (nadere CFD-onderzoeken).

4.9.2. Rookschermen perronniveau

- glazen rookschermen vanaf het plafond (*downstands*) rondom het volledige stijgpunt naar de mezzanine en stationshal tot minstens 3,5 m boven perronniveau (zie ook § 6.2.5).
- glazen rookschermen vanaf het plafond (*downstands*) tot 3,5 m hoogte boven perronniveau ter plaatse van stijgpunt naar fietsenstalling en ter plaatse van noordelijke en zuidelijke noodtrap, ter voorkoming dat rook bovenzijde trap bereikt en vluchtproces beperkt (zie ook § 6.2.5).

4.9.3. Rookluiken in stationshal

- in de stationshal zijn automatisch bediende rookluiken opgenomen, voor afvoer (bij zeer ongunstige scenario's) van rook *spill* vanuit het perronniveau naar de stationshal alsook ter compensatie van de luchtvolumebalans c.q. toestroom van schone lucht naar het perronniveau ten behoeve van de RWA-installatie (raakvlakeis, zie Hoofdstuk 13 *Raakvlakken met stationshal, stadskantoor*).

4.9.4. Tunnelventilatie

Op hoofdlijnen is het volgende voorzien (zie *Vraagspecficatie voor het project "Spoor & Stad Delft"*):

Uitgangspunten

- aanwezigheid treintype DD-IRM met 12 treinstellen en totale lengte van 340 m;
- maximaal brandvermogen 40 MW.

Randvoorwaarden

- tegenwind 10 m/s op kop van tunnelbuis;

Systeem en capaciteit

- Langsventilatie in elk van de tunnelkokers, zodanig dat *backlayering* wordt voorkomen;
- Langsventilatie van 3,5 m/s (omkeerbaar, maximaal vermogen in beide richtingen);
- Voldoende overcapaciteit om bij uitval van 1 ventilator in de 'koude kolom' alsmede uitval van ventilatoren als gevolg van het brandincident binnen een gebied van 30 m (= 1 rijtuig) nog maximale ventilatiesnelheid te kunnen borgen;
- Maximaal vermogen binnen 90 s;
- Luchtsnelheden op vluchtpadniveau langs trein maximaal 8 m/s (bij treintype DD-IRM van 340 m);
- Geluidsniveau onder 104 dB (bij vol vermogen);
- Tunnelventilatie dient qua capaciteit instelbaar te zijn in een drietal standen:
    1. Uit;
    2. Laag (1 m/s): onderhoudsmode en lage vluchtmodus;
    3. Maximaal (3,5 m/s): voorkomen van *backlayering* bij treinbranden en GS-branden.
- In geval van brandincidenten wordt zowel de langsventilatie in de incidentkoker (maximaal) als in de naastgelegen tunnelbuis (laag) opgestart;
- voortzetting van de tussenwand als rookmuur (ca. 20-30 m) na het tunnelportaal (in open bak).

Bediening

- automatische opstart bij treinstilstanddetectie (zie Hoofdstuk 11 *Besturing TTI bij incidenten*);
- centraal op afstand door Schakel- en Meldcentrum (SMC) van ProRail (bijsturing);
- lokaal-centraal vanaf het bedienpaneel in de brandweercommandoruimte (BCR) (bijsturing).

4.9.5. Overdrukvoorzieningen

Ruimten

Tenminste de volgende ruimten worden voorzien van een overdrukvoorziening (incl. voorziening voor aanzuiging van *schone* lucht ten behoeve hiervan):

- technische ruimten uitkomende op de gesloten tunnelbuis (o.m. op perronkoppen);
- dwarsgang bovenaan de vluchttrap T3 vanaf noordelijke perronkop;
- toetredingspunt T2 (midden in noordelijk baanvak) van tunnel naar maaiveld;
- Brandweercommandoruimte (BCR);
- géén overdrukvoorziening in perronliften.

Bediening

- automatische opstart bij o.m. treinstilstanddetectie (zie § 11.7);
- centraal op afstand door Schakel en Meldcentrum van ProRail (SMC) (bijsturing);
- decentraal vanaf het bedienpaneel in de brandweercommandoruimte (BCR) (bijsturing).

4.9.6. Stuwdrukventilatie

Ruimte
- stuwdrukventilatie langs de vluchttrap T5 (route vanaf de zuidelijke perronkop naar maaiveld).
- bijbehorende aanvoermogelijkheid van *schone* buitenlucht (bij uitgangsconstructie op maaiveld).

Bediening
Zie Hoofdstuk 11 *Besturing TTI bij incidenten* en § 11.7.3 *Automatische besturingstabel*.

4.9.7. Rookbeheersing fietsenstalling
- fietsenstalling als geheel uitgevoerd als apart rookcompartiment (en brandcompartiment);
- Fietspoint uitvoeren als apart rookcompartiment;
- geen verdere rookcompartimentering of rookafvoerinstallaties binnen de fietsenstalling;
- voldoende open uitvoering van oostelijke gevel (langs bewaakt stallingdeel);
- rookafvoerrooster boven westelijke hellingbaan (inpassing in maaiveldontwerp):
  - afmetingen (ca. 1,5 m x 4 m);
  - locatie in richting van stalling teruggeschoven (gezien vanuit lijn van beide nabije nooddeuren).
- aangezogen lucht voor klimaatinstallatie (stalling-HVAC) dient rookvrij te zijn, ook bij incidenten.

4.9.8. Raakvlakeisen
- Rookluiken in stationshal voor afvoer van rook spill uit perronniveau, automatisch bediend bij brandscenario in TSD (ontwerp Mecanoo/LBP);
- Inpassing in maaiveldontwerp (ontwerp Busquets)
  - uitblaasopeningen van rookafvoerkanalen ten behoeve van de RWA van TSD;
  - eventuele innamepunten van schone lucht op maaiveld ten behoeve van TSD-ruimten met overdrukinstallatie of stuwdrukventilatie.

5. BRANDBEHEERSING TUNNEL EN STATION

5.1. Inleiding

Dit hoofdstuk behandelt autonome beheersing van een brandincident door het veiligheidssysteem van TSD. Het gaat hier dus om de ontwerpmaatregelen die – onafhankelijk van menselijke interventie - de brandontwikkeling en/of branduitbreiding naar aangrenzende ruimten tegengaan. Ook is gekeken naar de constructieve veiligheid in relatie tot explosies (deze zijn primair gerelateerd aan GS-vervoer).

Onderscheid wordt gemaakt tussen spoorgerelateerde branden (treinbranden of branden van vrijgekomen brandbare GS, RVGS-vervoerscategorie 3a) en overige branden. De spoorgerelateerde branden vinden plaats op de sporen in de tunnelbuizen of langs de perrons. De overige branden vinden plaats in technische installaties (in tunnelbuizen of in technische ruimten op perrons) of elders waar vuurbelasting aanwezig is (zoals openbare afvalbakken en locaties waar zich zwerfvuil ophoopt).

De brandbeheersing van de bovengrondse stationshal en het stadskantoor valt buiten de scope van TSD en wordt hier niet uitgewerkt (zie wel Hoofdstuk 13 *Raakvlakken met stationshal, stadskantoor*). Gedetailleerde rook- en brandwerendheidseisen aan constructies en bouwdelen staan in Hoofdstuk 6.

5.2. Basisconcept

Onderstaand wordt voor de volgende onderwerpen het basisconcept nader toegelicht:

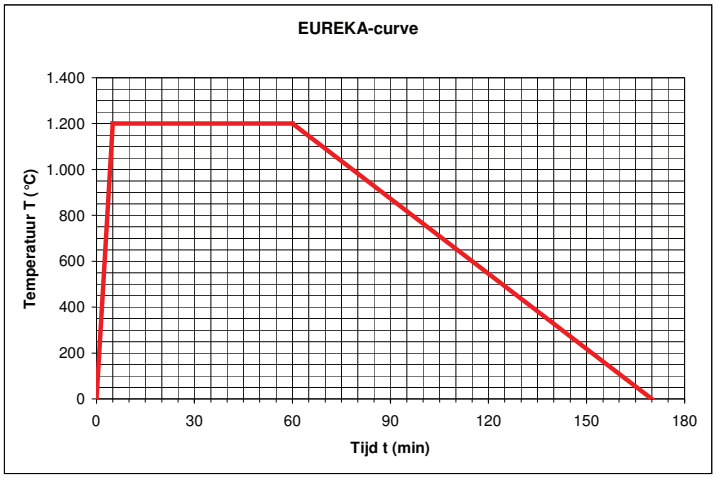
- Brandwerendheid tunnelconstructie
- Brandcompartimentering:
  - Tunnelbuis;
  - Ondergronds station:
    - Fietsenstalling;
    - Technische ruimten;
    - Vluchtroutes.
- Materialisering;
- Kabels en leidingen;
- Opvang en afvoer van gevaarlijke stoffen in tunnel;
- Automatische brandbestrijding;
- Explosieveiligheid.

5.3. Brandwerendheid constructie tunnel en ondergronds station

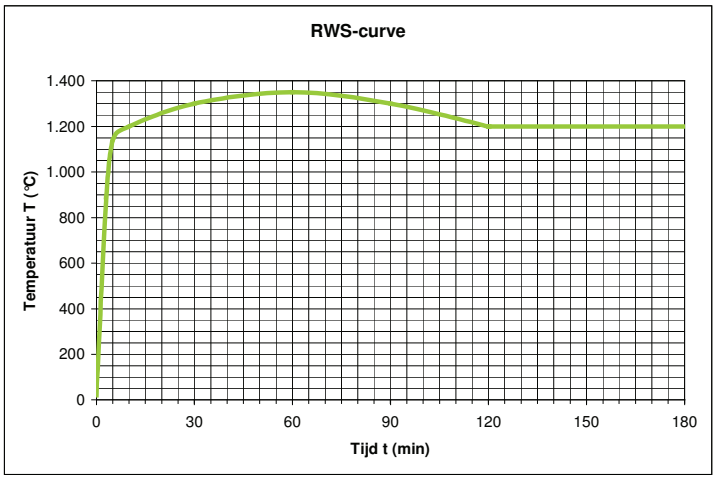
5.3.1. Wet- en regelgeving

De volgende regelgeving is van toepassing betreffende de weerstand van de constructie tegen brand:

- TSI Art. 4.2.2.3 *Brandveiligheidsvereisten voor kunstwerken*
  Deze specificatie is van toepassing op alle tunnels, ongeacht hun lengte. De integriteit van het kunstwerk moet bij brand lang genoeg stand houden om zelfredding en de evacuatie van reizigers en personeel en de werkzaamheden van de reddingsdiensten toe te laten zonder risico op een structurele instorting. De brandwerendheid van de tunnelwanden – rots of beton – moet worden getoetst. De wanden moeten voor een bepaalde tijdsduur hittevast zijn. De te hanteren “temperatuur/tijdcurve” (de EUREKA-curve) is hieronder weergegeven. De curve is uitsluitend van toepassing op het ontwerp van betonnen kunstwerken.
- VEST Art. 4.2.2.3 stelt de volgende aanvullende eisen:
  De structurele integriteit van tunnels die uitsluitend bestemd zijn voor goederentreinen en van tunnels bestemd voor gemengd verkeer (reizigers- en goederentreinen) moet tevens gedurende 2 uur gewaarborgd zijn bij een thermische belasting volgens de RWS-curve. Het temperatuurverloop gedurende 2 uur volgens de RWS-curve is weergegeven in de volgende figuur.



Figuur 5-1 Brandcurve EUREKA (TSI Art. 4.2.2.3): brand in een reizigerstrein.



Figuur 5-2 Brandcurve RWS (VEST Art. 4.2.2.3): GS-brand.

5.3.2. Basisconcept

Het volgende basisconcept is onderdeel van het ontwerp:

Hoofddraagconstructie van tunnel en ondergronds station

- De hoofddraagconstructie van tunnel en station moet 120 min brandwerend zijn, uitgaande van de RWS-brandcurve (ontwikkeld voor GS-brand). Deze eis is aanvullend op de TSI-SRT (met de EUREKA-curve, ontwikkeld voor brand in reizigerstrein) gesteld, primair gezien de reservering voor GS-vervoer en secundair met het oog op de instandhouding van de hoofddraagconstructie ten behoeve van de geprojecteerde bebouwing bovenop en naast TSD.
- De brandwerenheidseis SSTSD 1.2.3.2 'Dragen calamiteitsbelasting ‚brand' en de daarmee samenhangende eisen ten aanzien van herstelbaarheid en beschikbaarheid zijn zodanig geformuleerd, dat de hoofddraagconstructie zodanig dient te worden uitgevoerd dat na een 2 uur durende brand conform de RWS-brandcurve de wapening van de primaire constructie niet in sterkte en eigenschappen is aangetast en de constructie weer onder normale veiligheidscondities kan fungeren. De constructie zal zodoende niet in fysieke integriteit mogen zijn aangetast en na (kort) herstel weer bruikbaar dienen te zijn met het vereiste veiligheidsniveau bij het vereiste draagvermogen.

Tussenwanden in de tunnel

- De tussenwanden van de tunnel moeten 120 min brandwerend zijn, uitgaande van de RWS-brandcurve. De brand- en rookcompartimentering van de afzonderlijke tunnelkokers dient in stand te worden gehouden voor ontvluchtings- en repressiedoeleinden (handhaven als veilige buis). In verband met GS-incidenten is gekozen voor de RWS-curve (zwaarder dan standaard ISO 834-brandcurve; voor wat betreft de snelle temperatuursopbouw vergelijkbaar met Hydrocarboncurve in Eurocode 1). Deze eis is specifiek voor dit project geformuleerd, aanvullend op de TSI.

Voor de brandwerendheid van de hoofddraagconstructie van het Stadskantoor (HNK) wordt verwezen naar Hoofdstuk 13 *Raakvlakken met stationshal, stadskantoor*.

5.4. Brandcompartimentering

5.4.1. Inleiding

In TSD zijn diverse brandcompartimenteringen opgenomen die de branduitbreiding tegengaan. Onderstaand worden deze voor elk van de onderdelen van TSD toegelicht. Voor een detailoverzicht van brandwerendheideisen aan de constructies zie Hoofdstuk 6 *Rook- en brandwerendheidseisen*.

5.4.2. Tunnel

De hoofddraagconstructie van de tunnel is 2 uur brandwerend op basis van de RWS-brandcurve.

De sporen zijn ondergebracht in enkelsporige tunnelkokers, van elkaar gescheiden door brandwerende wanden met brandwerende vluchtdeuren (120 min brandwerendheid op basis van de RWS-curve). Ook de deur naar het toetredingstrap T2 (direct toegankelijk vanuit noordelijk tunnelbaanvak, km 68,85), alsmede T1 en T6 (toetreding en ontvluchting) zijn 120 min brandwerend uitgevoerd bij de RWS-curve.

Door de brandscheidende wanden kan een brandgevaarlijke stof die vrijkomt uit een goederentrein zich niet verspreiden naar de naastgelegen sporen. Het brandgevaar wordt aldus beperkt tot het spoor waarop de trein zich bevindt. Dit beperkt de omvang van de direct getroffen zone. Ook verbetert dit de bestrijdingsmogelijkheden door de beschikbaarheid van aanvalsroutes vanuit een veilige tunnelbuis en de ontvluchtingsmogelijkheden via die veilige buis.

5.4.3. Ondergronds station

Binnen het station (perronniveau) zijn diverse brandcompartimenteringen opgenomen.

Fietsenstalling

De ondergrondse fietsenstalling is uitgevoerd als een afzonderlijk brandcompartiment binnen het ondergrondse station. Naast de stallingvloer (verlaagd plafond boven de perrons) zijn de kopse glaswanden uitgevoerd als brandscheidingen naar het perronniveau:

- glaswand (inclusief nooddeuren en flexibele schermen bij de draaideuren) tussen fietsenstalling en mezzanine (noordzijde van de stalling);
- glaswand tussen fietsenstalling en perronniveau (zuidzijde van de stalling);

Aangezien de vides voor de stijgpunten van perron naar stalling de compartimentsgrens (stallingvloer) doorsnijden dienen hier additionele voorzieningen te worden opgenomen:

- glaswand (incl. nooddeuren en flexibele schermen bij de draaideuren) rondom trapvide van stijgpunten perron-fietsenstalling (stallingniveau).

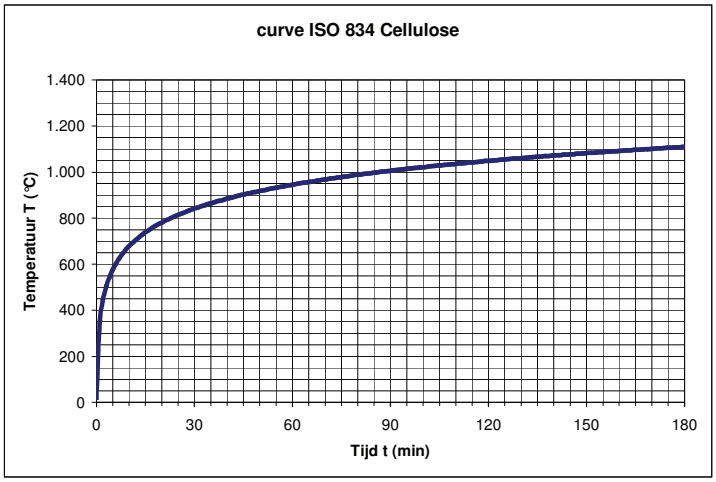
Geëist wordt 60 min functiebehoud van de brandscheiding tussen fietsenstalling en omgeving bij een standaard ISO 834-brandcurve (cellulosebrand in gebouwen), daar directe aanstraling en vlamcontact vanuit een treinbrand op de compartimentsscheiding denkbaar is.

Indien de stallingvloer onderdeel uitmaakt van de hoofddraagconstructie van TSD of een stempelfunctie vervult voor de buitenwanden (deze maken in ieder geval deel uit van de hoofddraagconstructie), dan dient de stallingvloer 120 min brandwerend te zijn bij de RWS-curve (in plaats van 60 min bij ISO 834). Of dit het geval is volgt uit het constructief ontwerp van de aannemer.

Noot: Aan de brandwerendheid van de stallingvloer worden ook eisen gesteld uit oogpunt van repressie. In het tijdsvenster waarin brandweerinzet onder de vloer mogelijk moet zijn (tijdsduur waarbinnen aan de inzetcondities van warmtestralingsflux, temperatuur en zichtlengte wordt voldaan) mag er geen sprake zijn van zodanig spatten van beton dat dit gevaarlijk is voor de brandweerlieden.

De VEST stelt het volgende in Art. 4.2.2.3 *Brandveiligheidsvereisten voor kunstwerken*:

> *Voor tunnels met een gemiddelde hoogte is er geen combinatie mogelijk van het spatten van beton en een leefbaar klimaat voor mensen. M.a.w.: het beton spat pas van de muren en/of het dak als de temperatuur op het vluchtpad al onhoudbaar is, ook voor de brandweer. Het is dan ook niet zinvol om een eisen met betrekking tot het voorkomen van spatten met het oog op het voorkomen van letsel bij aanwezigen in de tunnel op te nemen in het basispakket voor tunnels.*
>
> *In relatief hoge tunnels is het echter niet uit te sluiten dat direct onder het tunneldak temperaturen heersen die tot spatten leiden, terwijl onderin temperaturen heersen waarbij hulpverleners nog kunnen optreden. Voor deze uitzonderlijke situatie zou een eis t.a.v. het vermijden van betonspat wel toegevoegde waarde kunnen hebben.*



Figuur 5-3 Brandcurve ISO 834 (cellulosebrand bij een omgevingstemperatuur van 20°C).

Binnen de fietsenstalling zelf is het Fietspoint uitgevoerd als afzonderlijk rookcompartiment (30 min rookwerend bij ISO 834-brandcurve). De stalling van motorvoertuigen (bromfietsen en scooters) is alleen toegestaan in een aparte zone, direct grenzend aan de buitenlucht. Een eventuele bromfietsbrand zal hierdoor minder snel leiden tot een uitbreiding in de rest van de stalling (dan bij vrije stallingsmogelijkheid in de gehele stallingruimte). De wanden (inclusief vluchtdeuren) van de vluchtgangen binnen de stalling (langs de stallingomtrek) zijn uitgevoerd als brandcompartimentsscheiding.

Vluchtroutes

De vluchtgang dwars bovenlangs de sporen - aansluitend op noordelijke vluchttrap T3 vanaf perron - is brandgescheiden van het perronniveau uitgevoerd. Ook de vluchtdeuren in die scheiding (die vanaf de trap toegang geven tot de gang) zijn brandscheidend uitgevoerd.

Technische ruimten

De technische ruimten op perronniveau (op de kop van de perrons) zijn uitgevoerd als afzonderlijk brandcompartiment (ook de toegangsdeuren).

5.5. Eisen aan toegepaste materialen

5.5.1. Wet- en regelgeving

TSI Art. 4.2.2.4 stelt de volgende brandveiligheidseisen voor bouwmaterialen en installaties in tunnels:

- Afhankelijk van de ontwerpvereisten moeten ze moeilijk brandbaar, onbrandbaar of afgeschermd zijn. Materialen die worden gebruikt in de tunnelonderbouw moeten voldoen aan de eisen van klasse A2 conform EN 13501-1:2002. Niet-dragende panelen moeten voldoen aan de eisen van klasse B conform EN 13501-1:2002.

De VEST stelt geen aanvullende eisen.

5.5.2. Basisconcept

De toe te passen constructiematerialen moeten voldoen aan de regelgeving en voorschriften omtrent brandwerendheid, brandvoortplanting, vuurbelasting (brandarm), rookproductie (rookarm/halogeenvrij):

- constructieonderdelen classificatie A2 of EN 13501-1:2002;
- overige onderdelen en equipment classificatie B of EN 13501-1:2002.

5.6. Kabels en leidingen

5.6.1. Wet- en regelgeving

De TSI Art. 4.2.3.4 stelt de volgende eisen uit oogpunt van brandbeheersing:

- Bij brand moeten de geïnstalleerde kabels moeilijk brandbaar, brandvertragend en weinig giftig zijn en weinig rook ontwikkelen. Deze kabels moeten dus voldoen aan de eisen van EN 50267-2-1 (1998), EN 50267-2-2 (1998) en EN 50268-2 (1999).

Deze eis heeft betrekking op het beperken van de vatbaarheid van kabels voor en de gevolgen van brand, in de zin van emissies. De eisen houden o.a. in dat de materialen halogeenarm moeten zijn.

VEST stelt geen aanvullende eisen aan elektrische kabels in tunnels uit oogpunt van brandbeheersing

Noot: Functiebehoud van de kabels, als voorwaarde voor functioneren van de elektrische (brandveiligheids)installaties, is geregeld in TSI-SRT Art. 4.2.3.5. Dit kan eisen stellen aan de bescherming en brandwerendheid van kabels.

5.6.2. Basisconcept

In het ontwerp van TSD worden de volgende brandveiligheidseisen gesteld aan kabels, leidingen en bijbehorende kokers, kanalen en schachten:

- De brandeigenschappen van elektrische kabels en leidingen in TSD dienen zodanig te zijn dat deze niet (significant) bijdragen aan de ontwikkeling en verspreiding (voortplanting) van brand:
  - Alle kabels en leiding dienen te voldoen aan normen omtrent brandwerendheid, brandvoortplanting (en rookproductie, toxiciteit etc.): NEN-EN 50267-2-1/2:1998 en EN 50268-2:1999.
- Alle doorvoeren van kabels en leidingen door brandcompartimentsscheidingen dienen dezelfde brand- en rookwerende eigenschappen te bezitten als de scheiding zelf.
- Kabelkokers, -kanalen en -schachten in tunnel en station zijn brandgecompartimenteerd uitgevoerd.

5.7. Opvang en afvoer van gevaarlijke vloeistoffen in tunnel

Zie § 7.6 *Opvang en afvoer van gevaarlijke vloeistoffen in tunnel.*

5.8. Branddetectie

5.8.1. Wet- en regelgeving

De TSI Art. 4.2.2.5 *Brandmelding* stelt de volgende eisen:

- Technische ruimten zijn afgesloten ruimten met deuren in of buiten de tunnel waarin zich beveiligingsinstallaties bevinden die noodzakelijk zijn voor de volgende functies: zelfredding en evacuatie, noodcommunicatiesystemen, redding en brandbestrijding, en de levering van tractiestroom. Deze ruimten moeten voorzien zijn van brandmelders die de infrastructuurbeheerder waarschuwen in geval van brand.

De VEST Art. 4.2.2.5 stelt de volgende aanvullende eisen:

- Stations:
  Op stations dient een automatische brandmeldinstallatie aanwezig te zijn met volledige bewaking en aansturing van:
  - opensturen van tourniquets;
  - rook- en warmteafvoerinstallaties (indien aanwezig);
  - ontruimingsalarminstallatie.

  Andere stuurfuncties zijn denkbaar. De noodzaak voor aansturing daarvan kan volgen uit de scenarioanalyse of de kwantitatieve risicoanalyse.
- Tunnels:
  - De ontdekking en melding van een incident, met name brand, in een tunnel of tunnelvormig bouwwerk, moet worden gerealiseerd door middel van de signalering van een onderschrijding van een minimale snelheid (treinstilstanddetectie). Deze detectie moet betrekking hebben op een trein die zich geheel of gedeeltelijk in het gesloten deel van de tunnel bevindt.
  - Het ontstaan van een incident, zoals hiervoor genoemd, moet binnen 2 minuten worden doorgemeld aan de verkeersleiding.
  - Indien de onderschrijding van de minimale snelheid, zoals hiervoor genoemd, het gevolg is van een stoptonend sein moet de signalering worden onderdrukt zolang het sein stoptonend blijft en aansluitend de maximaal te verwachten tijd die nodig is om het sein te passeren.
  - Locatiebepaling en informatieverstrekking aan de brandweer moeten zodanig zijn dat het voor de brandweer mogelijk is om tijdig te bepalen wat de beste aanrijdroute is en bij aankomst bij de tunnel te bepalen wat de meest geschikte route in het tunnelcomplex naar de incidentlocatie is.

Bouwverordening van de Gemeente Delft eist voor een ‘overige gebruiksfunctie voor personenvervoer’:

- Artikel 2.6.3 Brandmeldinstallatie met gedeeltelijke bewaking met doormelding.

5.8.2. Basisconcept

De branddetectie van TSD wordt als volgt ingevuld:

- Gehele tunnelbaanvak (inclusief station):
  - treinstilstanddetectie, mede als functionele invulling van detectie van treinbrand in tunnelbuizen.
- Tunnelbuizen:
  - geen handbrandmelders aangebracht, aangezien de functie (incidentmelding, plaatsbepaling) wordt vervuld door de treinstilstanddetectie of door een melding door treinpersoneel aan de VL; bovendien zijn er tijdens normaal bedrijf geen personen in de tunnel aanwezig.
- Ondergronds station (perronniveau):
  - branddetectie (lintdetectie) langs sporen in station.
  - branddetectie (puntdetectie) in technische ruimten (met automatische gasblusinstallatie);
  - calamiteitenmelders op de perrons (SOS-knop op NS-zuilen);
  - branddetectie in fietsenstalling (puntdetectie / rookmelders).

- Bovengrondse stationshal (buiten scope van TSD, raakvlakeis):
  - branddetectie in stationshal;
  - handbrandmelders in stationshal.

Ten aanzien van een brandmelding gelden de volgende uitgangspunten:
- Brandmelding wordt doorgemeld aan de lokale meldkamer van de OHD.
- Brandmelding vormt aangrijpingspunt voor de besturing van de TTI (zie Hoofdstuk 11 *Besturing TTI bij incidenten*).
- Brand(door)melding van TSD – en bovengrondse stationshal (buiten scope) - dient volledig (zowel fysiek als softwarematig) gescheiden te zijn van het nieuwe stadskantoor (HNK).

5.9. Automatische brandbestrijding

5.9.1. Wet- en regelgeving

Vanuit wet- en regelgeving worden de volgende generieke eisen gesteld:
- VEST Art. 4.7.5 eist dat ruimten aangrenzend aan de tunnel en ruimten in ondergrondse stations een brandcompartiment vormen of zijn voorzien van een automatische blusinstallatie.

5.9.2. Basisconcept

Het centrale veiligheidsdoel is het voorkómen dat branden in de bedoelde ruimten uitbreiden naar de omgeving. Uit veiligheidsoverwegingen en economische is de volgende projectspecifiek invulling gekozen voor de vitale techniekruimten van TSD:
- automatische gasblusinstallatie in techniekruimten waar een vloeistofblussing niet is toegelaten (wegens aanwezigheid van elektrische installaties).
- techniekruimten die aangrenzend aan de tunnel zijn uitgevoerd als brandcompartiment.

Deze vitale techniekruimten betreffen *in ieder geval* de ruimten voor de volgende functies:
- bediening/controle;
- telecom;
- TTI-besturingssyteem;
- laag- en middenspanning;
- brandweercommandoruimte (BCR).

De technische ruimten op perronniveau zijn aldus uitgevoerd als brandcompartiment en uitgerust met een automatische gasblusinstallatie voor het bestrijden van een brand in een technische installatie. Zonder tussenkomst van hulpdiensten kan een (elektrische) brand daar worden gedoofd. Dit beperkt ook de risico's branduitbreiding en rookontwikkeling naar het perronniveau met personenbezetting. De winkels in de stationshal dienen te zijn voorzien van een automatische blusinstallatie (raakvlakeis).

5.10. Explosieveiligheid van de constructie

5.10.1. Inleiding

Er bestaat een kans dat zich in de tunnel of het station een explosie voordoet. Voor het TSD-ontwerp is daarom een onderzocht hoe groot de kans hierop is, of rekening moet worden gehouden met een explosiebelasting en hoe groot deze in dat geval is. Onderstaand worden wet- en regelgeving en het basisconcept beschreven. In het TSD-veiligheidsdossier is de volledige analyse opgenomen (memo *Analyse ontwerpexplosiebelasting TSD*, DTB d.d. april 2009).

In relatie tot vervoer van gevaarlijke stoffen bestaat een drietal potentiële explosiescenario's dat tot aanmerkelijke schade en mogelijk falen van de tunnelconstructie kan leiden. De scenario's betreffen

BLEVE's (koud/warm) alsook gaswolkexplosies als gevolg van het falen van drukketelwagens. Een verkenning van de effecten van explosies op de constructie heeft geleid tot de volgende conclusies:
- een koude BLEVE zal de wanden en het dak over grote lengte doen bezwijken;
- een warme BLEVE zal de wanden en het dak over grote lengte doen bezwijken;
- een gaswolkexplosie zal tot zeer grote schade aan de tunnel en diepwand leiden.

Opgemerkt wordt dat het landelijk onderzoek naar schademechanismen en effecten van explosies in tunnels nog slechts beperkt heeft plaatsgevonden en derhalve in een verkenningsfase verkeert. De kans op dergelijke scenario's ligt tezamen in de orde van 10^{-8} per jaar en speelt derhalve kanstechnisch beschouwd ten opzichte van andersoortige bedreigingen en normstellingen een verwaarloosbare rol. Voor een volledige analyse van de interne veiligheid bij het vervoer van gevaarlijke stoffen wordt verwezen naar Hoofdstuk 7 *Beheersing incidenten met gevaarlijke stoffen* (§ 7.3 *Analyse*)

De explosiegerelateerde externe veiligheidsrisico´s zijn al in de MER-fase onderzocht en ook als zodanig onderdeel van de besluitvorming (o.a. het Raadsbesluit). Zie voor een toelichting van de berekeningen o.a. *MER Spoorzone Delft*, *Themadocument externe veiligheid* (september 2003, dossier nr 24).

5.10.2. Wet- en regelgeving

OVS

Deel 3 van *OVS Kunstwerken* (september 2003) dient gebruikt te worden voor het ontwerp en de bouw van spoortunnels, en voor de ruwbouw van in de tunnel geïntegreerde delen van ondergrondse stations. Vastgesteld dient te worden of het stationgedeelte een onderdeel vormt van de tunnel. Het *Ontwerpvoorschrift Kunstwerken* is hier niet helemaal duidelijk in. De OVS beschrijft explosiebestendigheid onder *Brandvoorzieningen*. Het volgende wordt ten aanzien hiervan voorgeschreven:

> *In spoortunnels (mede) bestemd voor goederenverkeer de pompen in de waterkelders explosieveilig (met lage oppervlaktetemperatuur) uitvoeren. De tunnel zelf dimensioneren/controleren op een inwendige overdruk van 1 bar.*

De OVS maakt een onderscheid tussen de tunnel en geïntegreerde delen van ondergrondse stations. De eis voor explosiebestendigheid lijkt in beginsel alléén te gelden voor de *tunnel zelf*. Dit is in overeenstemming van een geaccepteerde definitie voor een tunnel (zie www.tunnelveiligheid.nl):

> *Een tunnel is een omsloten constructie die een verbinding vormt tussen twee eindpunten, elk gelegen aan een uiteinde van deze constructie en bedoeld om personen de mogelijkheid te geven zich via deze constructie te verplaatsen van het ene punt naar het andere. Daarbij kan de verplaatsing in het horizontale vlak of onder een beperkte hellingshoek plaatsvinden. Een tunnel kan ook een omsloten constructie zijn, die alleen geschikt is voor het verplaatsen van goederen met de mogelijkheid dat personen (bijv. onderhoudspersoneel, hulpverleningsdiensten) deze constructie incidenteel betreden.*

NEN 6700:2005

NEN 6700:2005 drukt de betrouwbaarheid van een betonconstructie uit in de betrouwbaarheidsindex β die de kans uitdrukt dat gedurende de referentieperiode een uiterste grenstoestand en een bruikbaarheid grenstoestand wordt overschreden.

De betrouwbaarheid van een betonconstructie moet zijn bepaald als de nominale kans dat een grenstoestand wordt overschreden. Hierbij moet worden aangetoond, dat - gedurende de referentieperiode - voldoende weerstand wordt geboden aan alle belastingen die geacht kunnen worden op te treden en dat de bruikbaarheid niet wordt aangetast. Bouwconstructies moeten zo zijn ontworpen dat het bezwijken van een onderdeel niet tot onevenredig grote schade leidt. Het systeemgedrag moet als geheel beschouwd zijn en zo ontworpen zijn dat:

a) na bezwijken van een onderdeel - door welke oorzaak dan ook - de instortingsschade beperkt blijft tot de aangrenzende ruimten of aangrenzende dragende onderdelen van de beschouwde constructie, of

b) de essentiële onderdelen van de bouwconstructie een zeer lage kans op bezwijken krijgen door:
   - het nemen van preventieve maatregen, dan wel het creëren van voldoende weerstand tegen bijzondere belastingen en
   - specifieke aandacht in de kwaliteitsborging van het ontwerp- en uitvoeringsproces, waardoor falen tot een aanvaardbaar risico is verminderd.

5.10.3. Basisconcept

Ontwerpwaarde explosiebelasting in tunnel
In het ontwerp van de spoortunnel wordt conform de OVS uitgegaan van een ontwerpexplosiebelasting van 1 bar overdruk.

Ontwerpwaarde explosiebelasting in station
Voor het ontwerp van het ondergronds station (perronniveau) wordt de OVS-ontwerpexplosiebelasting van 1 bar als te hoog beoordeeld op grond van de grotere doorsnede van de perronruimte (in vergelijking met de aangrenzende tunnelbuis) en de aanwezigheid van stijgpunten. Er is in het station dus sprake van minder opsluiting en meer ontsnappingsmogelijkheden voor de drukgolf dan in de tunnel.

De aannemer zal in zijn ontwerp een projectspecifieke (gereduceerde) ontwerpwaarde voor het station motiveren, die toegespitst is op de geometrie (en gebruik) van TSD. Vooralsnog is voor ontwerpwaarde van de explosiebelasting in station uitgangspunt: overdruk van 1 bar, die lineair gereduceerd wordt naar verhouding van de dwarsdoorsnede van het station ten opzichte van die van de tunnel.

Voorkomen voortschrijdende instorting van constructie (tunnel en station)
Bezwijken van delen van de constructie ter plaatse van de tunnel en het station door welke belasting dan ook - waaronder de ontwerpexplosiebelasting - mag echter niet leiden tot onevenredig grote schade. Derhave dient aangetoond te worden dat het falen van een constructiedeel (bijv. een kolom) niet leidt tot het falen van de gehele constructie volgens het mechanisme van voortschrijdende instorting (*progressive collapse*).

De ontwerpen dienen daarom op een aantal scenario's getoetst te worden. Hierbij wordt ten minste gedacht aan de volgende scenario's:
- Bezwijken van een kolom;
- Opbollen van het dak;
- Gat in het dak, met daardoor een verminderde stempelwerking ter plaatse van de (diep)wanden.

Deze toetsing zal door de aannemerscombinatie als onderdeel van de ontwerpwerkzaamheden verder worden uitgevoerd.

5.11. Energievoorziening installaties

5.11.1. Wet- en regelgeving
TSI Art. 4.2.3.5 *Bedrijfszekerheid van elektrische installaties*
- Elektrische veiligheidsinstallaties (brandmeldings-, noodverlichtings-, noodcommunicatie- en andere systemen die door de infrastructuurbeheerder of de aanbestedende instantie zijn aangewezen als van vitaal belang voor de veiligheid van reizigers in de tunnel) moeten worden beschermd tegen beschadiging door mechanische impact, hitte en brand. Distributiesystemen moeten onvermijdelijke schade kunnen opvangen door, bijvoorbeeld, redundant ontwerp. De elektriciteitsvoorzieningen moeten volledig kunnen blijven functioneren bij uitval van één hoofdcomponent. Noodverlichting en communicatiesystemen moeten, middels een noodenergievoorziening, gedurende 90 minuten in bedrijf kunnen blijven.

VEST stelt geen eisen in aanvulling op de TSI-SRT.

OVS Deel 3 Spoortunnels stelt de volgende eisen:
- Art. 5.6.5: De verlichting van vluchtwegen voorzien van een noodstroomvoorziening, waarvan de werking gedurende tenminste 120 minuten gegarandeerd is. De verlichtingsarmaturen op een hoogte van ca. 2,50 m boven het looppad aanbrengen.
- Art. 4.2.1 *Nooduitgang/Looppaden*
  - g. De looppaden en nooduitgangen voorzien van verlichting, waarvan de werking ook bij uitvallen van de netstroom gedurende tenminste 120 minuten gewaarborgd is.
  - e. Looppaden voorzien van duidelijke verwijzingen naar de nooduitgangen d.m.v. pictogrammen, met afstandsvermelding naar de dichtstbijzijnde nooduitgang en die in tegenovergestelde richting. De vluchtwegaanduiding zodanig uitvoeren, dat deze ook bij uitval van de netstroom gedurende tenminste 120 minuten blijft functioneren.

5.11.2. Basisconcept
In TSD zijn de volgende energievoorzieningen opgenomen, waaronder voorzieningen ten behoeve van de continuering van de energieleverantie in geval van storingen in het openbare elektriciteitsnet:
- B1: het openbare elektriciteitsnet;
- B2: voorziening voor opvang van storing in het openbare elektriciteitsnet;
- B3: voorziening voor opvang van storing in het openbare elektriciteitsnet, specifiek ten behoeve van permanente voeding van vitale installaties.

In beginsel worden installaties (afgezien van tractiestroomsysteem) gevoed vanuit het openbare elektriciteitsnet (B1). Bij storing of uitval van deze energievoorziening worden bepaalde installaties gevoed vanuit een noodstroomvoorziening, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen B2 en B3.
- B2 biedt een garantieduur van storingvoeding voor tenminste 24 uur normaal bedrijf óf 2 uur vollast calamiteitenbedrijf plus 6 uur normaal bedrijf. De voorziening levert tenminste het vermogen dat nodig is om een tunnelbrand te bestrijden conform de voor de betrokken installaties geldende eisen.
- B3 biedt een garantieduur van minimaal 15 min (OVS-eis) en voor enkele specifieke installaties minimaal 120 min (noodverlichting, communicatie, SCADA/besturing). De voeding naar B3-installaties met een garantieduur van 15 min wordt na die periode automatisch afgeschakeld. B3 betreft in feite een overgangsvoorziening tussen B1 en B2.

De toewijzing van de afzonderlijke installaties aan categorie B2 of B3 is afhankelijk van de aard van de installatie en bijdrage deze levert aan het veiligheidsniveau (in de fase van incidentbeheersing maar ook in de reguliere bedrijfssituatie). Voor een gedetailleerd overzicht van de eisen voor noodstroomvoorziening (type, garantieduur) per afzonderlijke installatie wordt verwezen naar het PvE in § 5.12.9.

5.12. Programma van Eisen

5.12.1. Brandwerendheid en compartimentering tunnel
De volgende eisen worden gesteld:
- brandwerendheid tunnel:
  - hoofddraagconstructie: brandwerendheid 120 min bij RWS-brandcurve;
  - tussenwanden tunnel: brandwerendheid 120 min bij RWS-brandcurve.
  - vluchtdeuren: brandwerendheid 120 min bij RWS-curve;
  - deur naar toetredingstrap T2: brandwerendheid 120 min bij RWS-curve.
- hittewerende bekleding van tunneldak en bovenste deel van de wanden;

Voor een gedetailleerd overzicht van de eisen aan constructies in de tunnel wordt verwezen naar Hoofdstuk 6 *Rook- en brandwerendheidseisen*.

5.12.2. Brandwerendheid en compartimentering ondergronds station

De volgende eisen worden gesteld:

- ondergronds station:
  - hoofddraagconstructie: brandwerendheid 120 min bij RWS-brandcurve;
  - hittewerende bekleding van stationsdak en bovenste deel van de wanden;
  - fietsenstalling boven perron:
    - stalling: apart brandcompartiment binnen station; brandwerendheid 60 min bij ISO 834-brandcurve;
    - Fietspoint; apart rookcompartiment binnen stalling; rookwerendheid 30 min bij ISO 834-brandcurve;
    - stallingvloer:
      - indien onderdeel van hoofddraagconstructie (bijv. stempelfunctie voor buitenwanden): brandwerendheid 120 min bij ISO 834-brandcurve;
      - indien géén onderdeel van hoofddraagconstructie: brandwerendheid 60 min bij ISO 834-brandcurve.
  - wanden (incl. vluchtdeuren) van vluchtgangen binnen de stalling (langs de stallingomtrek) uitgevoerd als compartimentsscheiding: brandwerendheid 60 min bij ISO 834-brandcurve;
    - stalling van bromfietsen en scooters (verbrandingsmotoren) alleen toegelaten in stallingdeel langs buitengevel;
  - technische ruimten op perronniveau (perronkoppen):
    - uitvoering als afzonderlijk brandcompartiment (ook toegangsdeuren).
  - vluchtroutes uit perronniveau:
    - vluchtgang bovenlangs sporen (aansluitend op zuidelijke vluchttrap) uitgevoerd als afzonderlijk brandcompartiment binnen station;
    - vluchtdeuren vanaf perrons naar vluchtgang brandscheidend uitgevoerd.

Voor een gedetailleerd overzicht van de eisen aan constructies in het ondergronds station wordt verwezen naar Hoofdstuk 6 *Rook- en brandwerendheidseisen*.

5.12.3. Materialisering

De volgende eisen worden gesteld:

- De toe te passen constructiematerialen voldoen aan regelgeving en voorschriften omtrent brandwerendheid, brandvoortplanting, vuurbelasting (brandarm), rookproductie (rookarm / halogeenvrij):
  - constructieonderdelen classificatie A2 of EN 13501-1:2002;
  - overige onderdelen en equipment classificatie B of EN 13501-1:2002.

5.12.4. Kabels en leidingen

De volgende eisen worden gesteld:

- kabels en leiding dienen te voldoen aan normen omtrent brandwerendheid, brandvoortplanting (en rookproductie, toxiciteit etc.): NEN-EN 50267-2-1/2:1998 en EN 50268-2:1999.
- doorvoeren van kabels en leidingen door brandcompartimentsscheidingen bezitten dezelfde brandwerende eigenschappen als de scheiding zelf
- Kabelkokers, kanalen en schachten in de tunnel worden brandgecompartimenteerd uitgevoerd.

5.12.5. Opvang en afvoer van gevaarlijke vloeistoffen in tunnel

Zie § 7.10.1 *Opvang en afvoer van gevaarlijke vloeistoffen in tunnel.*

5.12.6. Branddetectie

De volgende eisen worden gesteld:

- gehele tunnelbaanvak (inclusief station):
  - treinstilstanddetectie, mede als functionele invulling van detectie van treinbrand in tunnelbuizen.
- tunnelbuizen:
  - geen handbrandmelders

- ondergronds station (perronniveau):
  - branddetectie (lintdetectie) langs sporen in station.
  - branddetectie (puntdetectie) in technische ruimten (met automatische gasblusinstallatie);
  - calamiteitenmelders op de perrons (SOS-knop op NS-zuilen);
  - branddetectie in fietsenstalling (puntdetectie / rookmelders).
- bovengrondse stationshal (buiten scope van TSD, raakvlakeis):
  - branddetectie in stationshal;
  - handbrandmelders in stationshal.
- doormelding van brandmelding aan de lokale meldkamer van de OHD.

5.12.7. Automatische brandbestrijding

De volgende eisen worden gesteld:

- automatische gasblusinstallatie in vitale techniekruimten waar een vloeistofblussing niet is toegelaten (wegens aanwezigheid van elektrische installaties):
  - ruimtes voor bediening/controle;
  - ruimtes voor telecominstallaties;
  - ruimtes voor TTI-besturingssyteem;
  - ruimtes voor laag- en middenspanning;
  - brandweercommandoruimte (BCR).
- techniekruimten aangrenzend aan tunnel uitgevoerd als brandcompartiment.
- automatische blusinstallatie in winkels in bovengrondse stationshal (raakvlakeis).

5.12.8. Explosieveiligheid van de constructie

De volgende eisen worden gesteld:

- ontwerpwaarde van explosiebelasting in tunnel: 1 bar overdruk;
- ontwerpwaarde van de explosiebelasting in station: uitgangspunt is overdruk van 1 bar, nog lineair te reduceren naar evenredigheid van de dwarsdoorsnede van het station versus die van de tunnel (projectspecifieke reductie te motiveren door aannemer o.b.v. geometrie/gebruik TSD);
- aangetoond dient te worden dat het falen van een constructiedeel (bijv. een kolom) niet leidt tot het falen van de gehele constructie volgens het mechanisme van *progressive collapse*.

5.12.9. Energievoorziening installaties

In TSD zijn de volgende energievoorzieningen opgenomen, waaronder voorzieningen ten behoeve van de continuering van de energieleverantie in geval van storingen in het openbare elektriciteitsnet:

- B1: het openbare elektriciteitsnet;
- B2: voorziening voor opvang van storing in het openbare elektriciteitsnet;
- B3: voorziening voor opvang van storing in het openbare elektriciteitsnet, specifiek ten behoeve van permanente voeding van vitale installaties.

Voorziening B1 (reguliere situatie)

- Openbaar elektriciteitsnet.

Voorziening B2 (langdurige voeding bij storing)

- Voorziening voor opvang van storing in het openbare elektriciteitsnet;
- Beschikbaarheidsgarantie van voeding noodzakelijk voor elk van beide volgende scenario's:
  - 24 uur normaal bedrijf;
  - 2 uur calamiteitenbedrijf in combinatie met (aansluitend) 6 uur normaal bedrijf.
- Andere eisen aan B2 (selectie uit volledige vraagspecificatie):
  - De voorziening dient te zijn gedimensioneerd voor tenminste 24 uur normaal bedrijf óf 2 uur vollast calamiteitenbedrijf plus 6 uur normaal bedrijf.
  - De voorziening levert tenminste het vermogen dat benodigd is om een tunnelbrand te bestrijden conform de voor de betrokken installaties geldende eisen.

- De tijdsduur tussen het wegvallen van de openbare netspanning en het (automatisch) beschikbaar zijn van de voorziening bedraagt normaal maximaal 10 seconden.
- De eventuele brandstofvoorraad voor de voorziening is vanuit het bedieningsgebouw uitleesbaar. VL krijgt melding bij bereiken van een voorraad van 1 uur en een alarm bij een half uur.
- SMC krijgt een melding bij storingen; VL krijgt alarmmelding bij fatale storingen.

Voorziening B3 (permanente voeding van beperkte duur bij storing)

- Voorziening voor opvang van storing in het openbare elektriciteitsnet, specifiek ten behoeve van permanente voeding van vitale (veiligheids)installaties;
- Beschikbaarheidsgarantie van voeding, installatiespecifieke opties (zie tabel):
  - minstens 15 min (gerelateerd aan maximaal toegelaten ontruimingsduur).
  - minstens 120 min.
- Andere eisen aan B3 (beperkte selectie uit volledige vraagspecificatie):
  - De spanningsbronnen dienen permanent geladen en op spanning te zijn;
  - De conditie van de spanningsbronnen wordt bewaakt;
  - SMC krijgt een melding bij storingen; VL krijgt daarnaast alarmmelding bij fatale storingen.

Per afzonderlijke installatie is in onderstaande tabel aangegeven aan welk eisen de voorziening voor opvang van storing in het openbare elektriciteitsnet moet voldoen. TABEL VERSTUURD AAN EBBEN

Tabel 5-1 Eisen aan de voorziening (B2/B3) voor opvang van storing in het openbare elektriciteitsnet (B1).

Energievoorziening TSD en voorzieningen voor opvang van storingen	**B1**	**B2**	**B3**	**B3**
Beschikibaarheidsgarantie voeding (B2 onderscheidt normaal bedrijf resp. calamiteitenbedrijf, B3 maakt dit onderscheid niet)	n.v.t.	24 uur normaal; 2 uur calamiteit + 6 uur normaal	15 min	120 min
Tenminste de volgende componenten c.q. (deel)systemen dienen hun elektrische energie te betrekken van een voeding met betrouwbaarheidsklasse B2 of B3 (zoals aangegeven):				
- vloeistofafvoerinstallatie inclusief vloeistofniveaudetectie;	X	X		
- tunnel- en perronventilatie;	X	X		
- tunnelbuisverlichting;	X	X		
- verlichting van vluchtwegen, toetredingsroutes en technische ruimten;	X	X		
- kritische gebouwinstallaties (HVAC etc.);	X	X		
- overdruk- en stuwdrukventilatie;	X	X		
- roltrappen;	X	X		
- *alle overige installaties, voor zover noodzakelijk voor de gewenste beschikbaarheid;*	*X*	*X*		
- perronliften	X		X	
- bediening en signalering;	X		X	
- vluchtwegverlichting;	X		X	
- vluchtwegaanduiding;	X		X	
- CCTV-systemen;	X		X	
- (interface met) treinbeheersing- en beveiligingsysteem;	X		X	
- detectiesystemen;	X		X	
- datacommunicatiesystemen naar systemen buiten TSD (derdensystemen);	X		X	
- communicatiesystemen.	X		X	
- *alle overige installaties, voor zover noodzakelijk;*	*X*		*X*	*X*
- noodverlichting van tunnelbuis en technische ruimtes	X			X
- HF- en telecommunicatie-installaties;	X			X
- SCADA-systeem c.a.	X			X

5.12.10. Raakvlakeisen

De volgende eisen worden gesteld:

- winkels in bovengrondse stationshal:
  - plaatsing winkels in afzonderlijk brandcompartiment binnen stationshal;
  - automatische blusinstallatie (sprinkler).
- brandcompartimentering van bovengrondse stationshal:
  - brandscheiding tussen stationshal en naastgelegen stadskantoorhal;
  - brandscheiding tussen stationshal en bovengelegen bouwlagen van stadskantoor.
- doormelding van brandmelding aan de lokale meldkamer van de OHD.

6. ROOK- EN BRANDWERENDHEIDSEISEN SPECIFIEKE CONSTRUCTIES

6.1. Inleiding

Aan elke rook- of brandcompartimentsscheiding c.q. elk rookscherm en andere relevante TSD-constructies worden brandwerendheidseisen (tijdsduur van functiebehoud bij brandcurve of temperatuursbelasting) gesteld die zijn afgestemd op de specifieke functie van die component, gegeven de projectspecifieke omstandigheden en de geldende (tunnel)veiligheidsregelgeving. Onderstaand wordt dit nader uitgewerkt voor een aantal specifieke constructies in TSD. Hierbij worden onderscheiden:

- glasconstructies;
- andere constructies.

Voor de brandwerendheidseisen aan de hoofddraagconstructie wordt verwezen naar Hoofdstuk 5.

6.2. Glasconstructies

6.2.1. Algemeen

Voor de constructieonderdelen van brandveiligheidsglas worden onderstaand de eisen vanuit brandveiligheid geresumeerd. Onderscheid wordt hierbij gemaakt naar:

A. Brandbelasting

Voor de eisen aan het paneel is het van belang vast te stellen aan welke temperatuurs- en stralingsbelasting het paneel kan worden blootgesteld en wat de noodzakelijke tijdsduur is van het functiebehoud. Hierbij wordt onderscheid gemaakt naar situaties waar sprake is van:

- directe belasting door brand/vlammen (vlamcontact);
- hete rookgassen als gevolg van treinbrandincident;
- standaard brandcurve voor ruimten met standaard brandlast;
- te verwaarlozen brandlast bij geringe aanwezige brandlast.

Het uitsluitend hanteren van de standaard brandcurve ISO 834 (cellulosebrand, gebouwen) voor de belasting is met name voor de projectspecifieke ontwerpvraagstukken (spoor) minder gewenst.

B. Functionaliteit

De eisen aan de glazen constructieonderdeel kunnen gesteld worden ten aanzien van:

- behoud van impactweerstand en draagkracht;
- weerstand tegen branddoorslag en –overslag: behoud van integriteit, vlam- en rookdichtheid (internationaal E-waarde);
- thermische isolatie ter beperking van straling aan veilige zijde (EW-waarde, <15 kW/m2);
- thermische isolatie ter beperking van temperatuur aan veilige zijde (EI-waarde).

Ten aanzien van de eisen voor integriteitsbehoud gelden twee overwegingen:

- behoud van brand- en rookscheiding: compartimentering t.b.v. ontvluchting/toetreding;
- behoud van hangveiligheid en betreedbaarheid: voorkomen van gevaarzetting voor hulpverleners door snel bezwijken van glascomponenten (in vloeren en plafonds).

6.2.2. Gedifferentieerde benadering voor TSD

Gekozen is voor een gedifferentieerde benadering van de eisen op basis van een inschatting van de reëel te verwachten brandbelasting en het in de praktijk vereiste c.q. wenselijke functiebehoud van constructieonderdelen van TSD. Dit kan als basis dienen voor overleg met leveranciers omtrent de keuze van specifieke bouwkundige oplossingen. De gekozen bevestigingswijze en draagconstructie spelen bij de vaststelling van de brand- en rookwerendheid van een ontwerpoplossing een zeer belangrijke rol. Nieuwe systemen of maatvoeringen dienen integraal getest te worden.

In onderstaande figuur zijn de brandscheidingen en rookschermen / rookscheidingen aangegeven.

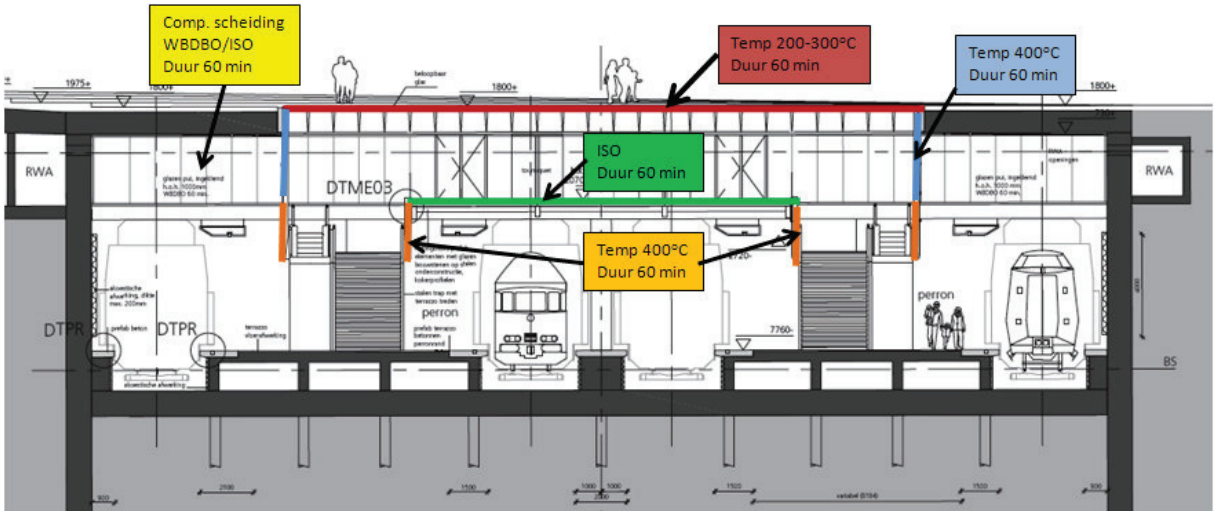
6.2.3. Glazen brandscheiding fietsenstalling-ondergronds station

Onderdeel van het veiligheidsconcept is een brandcompartimentering tussen de fietsenstalling en het perronniveau/ondergrondse station. Deze compartimentering is vereist uit oogpunt van veilig doorvluchten bij incidenten op het perron via de fietsenstalling (rookbeheersing) alsmede ter beperking van de mogelijkheden van brandvoortplanting tussen beide ruimten (brandbeheersing). Bovendien speelt deze een rol in de borging van de toetredingsmogelijkheden van hulpdiensten naar perronniveau.

De compartimentering als geheel bestaat uit de volgende onderdelen:

- glaswand (inclusief nooddeuren en flexibele schermen bij de draaideuren) tussen fietsenstalling en mezzanine;
- glaswand tussen fietsenstalling en perronniveau;
- glaswand (incl. nooddeuren en flexibele schermen bij de draaideuren) rondom trapvide van stijgpunten perron-fietsenstalling (stallingniveau).

Brandvoortplanting is vanuit tijdsduur maatgevend voor de brandwerendheidseis. Geëist wordt 60 min functiebehoud van brandwerendheid op basis van de ISO 834-brandcurve, daar directe aanstraling en vlamcontact vanuit een treinbrand op de scheiding denkbaar is.



Figuur 6-3 Brandwerendheidseisen voor enkele glazen constructies nabij mezzanine van TSD.

6.2.4. Glazen vloer van loopbrug mezzanine-fietsenstalling

De loopbrug tussen mezzanine en fietsenstalling kan worden blootgesteld aan directe brandbelasting uit een incidenttrein die zich onder de vloer bevindt. Uitgangspunt is de standaard ISO 834-brandcurve. Geen rekening wordt gehouden met zware plasbranden bij vervoer van gevaarlijke stoffen of op andere wijze gegenereerde hogere temperaturen.

Bij directe vlamcontact zal deze vluchtroute niet meer begaanbaar zijn. Er worden daarom vanuit vluchtveiligheid geen extra eisen geformuleerd.

Vanuit borging van mogelijkheden voor hulpverlening wordt uitgegaan van een verhoogde weerstand van 60 min brandwerendheid bij genoemde standaard ISO 834-curve. Dit komt overeen met 60 min WBDBO (er is echter geen sprake van een brandcompartimenteringseis als zodanig).

De vloer maakt geen onderdeel uit van de hoofddraagconstructie, zodat uit dat oogpunt geen hogere eisen worden gesteld. Uitgangspunt is bovendien dat de vloer na schade relatief snel herstelbaar is.

6.2.5. Glazen downstands rondom stijgpunten op perronniveau

De glazen *downstands* bevinden zich op de volgende locaties:
- rondom de stijgpunten naar de mezzanine;
- rondom het stijgpunt naar de fietsenstalling;
- rondom de vluchttrappen naar maaiveld op noordelijke en zuidelijke perronkoppen.

Functionaliteit downstands

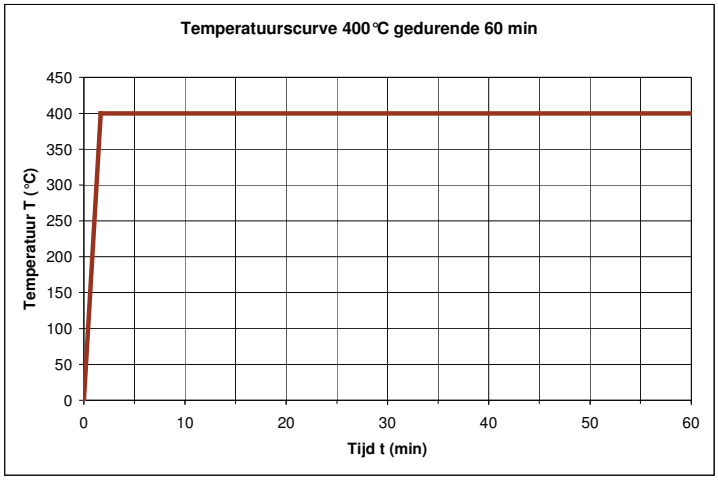
De *downstands* hebben uitsluitend een functie in de rookbeheersing: bij een brandincident dienen zij te voorkomen dat de hete rookgassen zich (langs het plafond) over de vluchtroute (trap) verspreiden (richting stationshal c.q. maaiveld). Het gaat niet om brandcompartimentering. Wel hebben de *downstands* bij brand een afschermend effect voor personen (evacués of hulpverleners) en constructies die zich daarachter bevinden. Aan de *downstands* worden geen eisen inzake thermische isolatie gesteld. Bij zeer hoge straling uit hete rookgassen is de situatie op het perron eerder maatgevend: de bruikbaarheid voor ontvluchting van het stijgpunt zelf staat dan onder druk (*untenable situation*).

De *downstands* kunnen direct aan vlammen worden blootgesteld (bij een uitslaande treinbrand in de directe nabijheid). Uitgangspunt is echter dat in een dergelijke situatie met uitslaande vlammen ter plaatse van de stijgpunten geen vluchten meer mogelijk is. Maatgevend voor functiebehoud uit oogpunt van ontvluchting is dus de situatie met blootstelling aan hete rookgassen gedurende de maximaal toegestane ontruimingsduur.

Stijgpunten naar mezzanine: bescherming hulpverleners op mezzanine

Voor de *downstands* rondom de mezzanine geldt een bijzondere afweging. Uit oogpunt van hulpverlening dient te worden voorkomen dat de *downstands* plotseling bezwijken waardoor rook en met náme hitte zich onverwacht kan verspreiden richting mezzanine (en stationshal) waar zich hulpverleners bevinden die zich hiertegen beschermd achtten. Er dient dus rekening te worden gehouden met functiebehoud voor hulpverlening gedurende een voldoende tijdsduur. Deze tijdsduur is maatgevend ten opzichte van tijdsduur uit oogpunt van ontvluchting.

De volgende eisen worden gesteld aan de *downstands* rondom de mezzaninestijgpunten:
- temperatuursbelasting uit rookgassen van max. 400°C (zie Figuur 6-4);
- vluchtveiligheid: functiebehoud ten minste 15 min vlam- en rookdicht;
- bescherming hulpverleners op mezzanine: functiebehoud ten minste 60 min vlam- en rookdicht.



Tijd t (min)	Temperatuur T (°C)
0	0
1,67	400
60	400

Figuur 6-4 Temperatuurscurve 400°C gedurende 60 min (temperatuursopbouw conform EUREKA-curve).

Stijgpunt naar fietsenstalling en vluchttrappen naar maaiveld: conservatieve benadering
De overweging uit oogpunt van hulpverlening geldt in mindere mate voor de niet-mezzanine stijgpunten: direct achter de *downstands* rondom de stijgpunt naar de fietsenstalling (één per perron) en de vluchttrappen op de perronkoppen ligt geen begrensde *verblijfs*ruimte die bij bezwijken van de schermen plots kan volstromen met hitte en rook, zodat hulpverleners in gevaar kunnen komen te verkeren. Uit oogpunt van uniformiteit binnen TSD worden hier echter dezelfde eisen toegepast als bij de downstands rondom stijgpunten naar de mezzanine (zie voorgaand kopje), een conservatieve benadering dus.

Voor de *downstands* rondom de stijgpunten naar de fietsenstalling en de vluchttrappen van de perronkoppen naar maaiveld wordt geëist:
- vluchtveiligheid: functiebehoud ten minste 15 min vlam- en rookdicht;
- bescherming hulpverleners (conservatieve benadering): functiebehoud 60 min vlam- en rookdicht;
- temperatuursbelasting uit rookgassen van max. 400°C (zie Figuur 6-4).

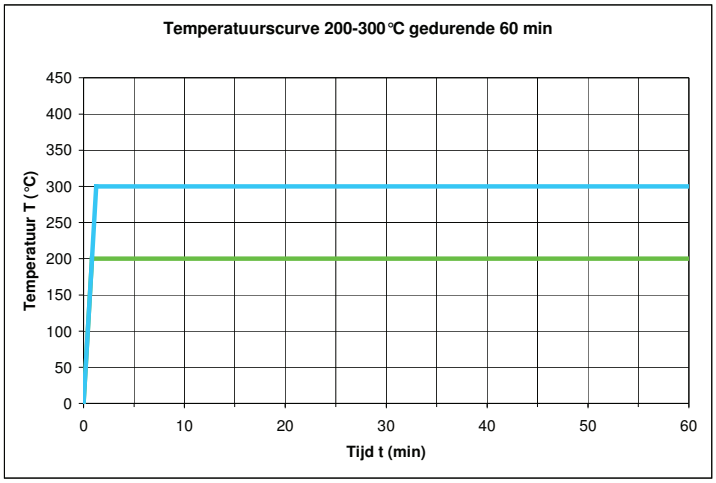
Indien deze specificaties (60 min bij 400°C) problematisch te realiseren zijn in het ontwerp van deze stijgpunten en trappen, dan is er dus enige speling voor eisenoptimalisatie. Deze speling betreft primair de maximale ontwerptemperatuur (deze is hoog in relatie tot de *tenability criteria* voor vluchtenden én hulpverlening), niet zozeer de tijdsduur van het functiebehoud, aangezien de brandweer gevrijwaard moet worden van vallende constructiedelen van een bezweken *downstand* gedurende de inzetperiode.

6.2.6. Verticale glazen scheiding mezzanine-perronniveau
Aan de (in verband met de gefaseerde aanleg deels tijdelijke) verticale glazen wanden rondom de mezzanine - tussen mezzaninevloer en plafond van ondergrondse station - wordt in analogie met de *downstands* rond de stijgpunten alleen een rookbeheersingsfunctie toegekend. De eisen voor deze wanden zijn zodoende gelijk aan die voor de *downstands*. In situaties met direct vlamcontact wordt het stijgpunt voor ontvluchting niet meer bruikbaar geacht en is de rookscheidingsfunctie niet meer vereist.

6.2.7. Glazen daglichtvoorziening boven mezzanine
De glasconstructie voor daglichttoetreding op maaiveldniveau boven de mezzanine c.q. loopbrug bij fietsenstalling zal bij brandincidenten in eerste instantie niet worden blootgesteld aan vlamcontact c.q. hoge rookgastemperaturen. De constructie is ‘achter’ de primaire downstands en boven de vloer van de glazen brug naar de fietsenstalling gelegen. Uitgangspunt is daarbij dat de brandlast op de mezzanine zelf te verwaarlozen is en een eventuele brand daar ook snel bestreden kan worden.
Pas in geval van falen van genoemde primaire scheidingen (downstands/rookschermen) kan sprake zijn van direct vlamcontact en directe blootstelling aan hoge rookgastemperaturen. Uitgangspunt is dat wanneer dit het geval is er sprake is van een zodanig zwaar doorontwikkelde brand dat ontvluchting en hulpverlening in het station niet meer plaats vindt (in ieder geval niet meer via de mezzanine). Falen van de glasconstructie voor daglichttoetreding wordt in dit extreme scenario acceptabel geacht.

Maatgevend wordt geacht de belasting uit mogelijke *spill* van hete rookgassen vanuit het perronniveau, die ondanks de ventilatiemaatregelen en rookschermen de mezzanine instromen.
- Als richtinggevende rookgastemperatuur wordt vooralsnog een globale waarde van maximaal 200-300°C voorgesteld (zie Figuur 6-5). Dit dient op basis van integrale CFD-berekeningen van stationshal en ondergronds station in een later stadium geverifieerd te worden.
- Uitgangspunt is de behoud van de constructie gedurende minimaal 60 minuten. Deze tijdsduur biedt een voldoende borging van de veiligheid van hulpverleners op de mezzanine.

Bij blootstelling van de constructie aan temperaturen hoger dan 200-300°C zal hulpverlening niet meer via de mezzanine kunnen plaatsvinden (mogelijk nog wel via andere locaties). Uit hoofde van toetreding worden daarom geen eisen meer gesteld voor functiebehoud bij deze hogere temperaturen.



Bovengrens	
Tijd t (min)	Temperatuur T (°C)
0	0
1,25	300
60	300

Ondergrens	
Tijd t (min)	Temperatuur T (°C)
0	0
0,83	200
60	200

Figuur 6-5 Temperatuurscurve 200-300°C gedurende 60 min (temperatuursopbouw conform EUREKA-curve).

Geen rekening behoeft te worden gehouden met specifieke eisen vanuit brandincidenten op maaiveldniveau bóvenop de constructie. Brandoverslag via de daglichtvoorziening naar het bovengelegen stationsgebouw wordt bovendien niet maatgevend geacht. Overwegingen hiervoor zijn:

- optimale mogelijkheden voor brandbestrijding op maaiveld vanaf open Stationsplein.
- het bovengelegen kantoorgebouw (HNK) is voorzien van sprinklerinstallatie met volledige dekking.

6.2.8. Glazen omhulling perronliften

De perronliften staan binnen de contour van de rookschermen c.q. *downstands* rondom de mezzanine. Daar hierbinnen reeds sprake is van een open verbinding perron-mezzanine-stationshal, behoeven uit oogpunt van brandbeheersing geen bijzondere eisen gesteld te worden aan de glazen liftschacht.

De lift kent ook geen ontvluchtingsfunctie. Wel is sprake van eventueel gebruik door de brandweer. Hiervoor is een bedieningspaneel opgenomen in elke lift. Dit zal echter alleen gebruikt worden bij (kleine) incidenten op aanzienlijke afstand van de lift, waarbij de rookschermen c.q. *downstands* in combinatie met de RWA-installatie de rookbeheersing adequaat verzorgen (*tenability* op perronniveau). Bij directe blootstelling aan vlammen is het stijgpunt en ook de perronlift niet meer toegankelijk voor vluchtenden. Hieruit volgt dat uit oogpunt van vluchtveiligheid geen bijzondere eisen worden gesteld.

Uit oogpunt van veilige hulpverlening zal het glas echter niet instantaan mogen bezwijken (uiteenspatten) bij temperatuursverhoging door rookgassen tot max. ca. 200-300°C (zie Figuur 6-5). Hiervoor wordt een tijdsduur gehanteerd van ten minste 60 min. Bij hogere rookgastemperaturen aan het plafond is geen brandweerinzet meer mogelijk bij de perronliften. Hogere eisen worden daarom niet gesteld.

6.2.9. Scheidingswand vluchtgang Noord boven sporen

De vluchttrap op de noordelijke perronkop(pen) komt uit op een vluchtgang die dwars bovenlangs de sporen loopt. Deze vluchtgang dient brand- en rookgescheiden te zijn uitgevoerd naar de rest van het ondergronds station aangezien de vluchtgang onderdeel is van het ontvluchtings- én toetredingsconcept. BCA heeft de wens geuit de compartimentsscheiding (in horizontale richting) over de volledige stationsbreedte als een glaswand uit te voeren. De scheidingswand dient te voldoen aan dezelfde eisen als de brandcompartimentering tussen de fietsenstalling en het perronniveau/ondergrondse station. Dit geldt ook voor de vluchtdeur die bovenaan de trap voorzien is in de scheidingswand (toegangsdeur tot vluchtgang). Directe aanstraling en vlamcontact vanuit een treinbrand op de wand is denkbaar. Geëist wordt 60 min functiebehoud van brandwerendheid op basis van de ISO 834-brandcurve.

6.3. Andere constructies

6.3.1. (Rol)trappen van perronniveau naar mezzanine, stationshal, fietsenstalling

Voor de vaste trappen en roltrapbakken van perronniveau naar mezzanine, stationshal en fietsenstalling (allen gepositioneerd binnen de contour van de *downstands*) geldt – analoog aan de perronliften - dat deze geen brand- of rookscheidingsfunctie vervullen. Bij directe blootstelling aan vlammen zijn de stijgpunten bovendien niet meer toegankelijk voor vluchtenden. Om deze redenen zijn geen bijzondere brandwerendheidseisen toepasselijk. Eisen uit oogpunt van veilige hulpverlening zijn niet aan de orde.

Aan de (rol)trapconstructies worden geen bijzondere brandwerendheidseisen gesteld:
- Vaste trappen van stijgpunten perron-mezzanine;
- Vaste trappen van stijgpunten mezzanine-stationshal;
- Vaste trappen van stijgpunten perron-fietsenstalling;
- Roltrappen van stijgpunten perron-mezzanine;
- Roltrappen van stijgpunt mezzanine-stationshal.

6.3.2. Vluchtroute vanaf perron Noord via vluchtgang naar maaiveld

De trap van de noordelijke perronkop(pen) naar het maaiveld (T3) vormt onderdeel van zowel het ontvluchtings- als toetredingsconcept. De trap (in verband met de klimhoogte moeten er een bordes in worden opgenomen) leidt naar een vluchtgang die dwars bovenlangs de sporen loopt en die vervolgens via een uitgangsconstructie uitkomt op maaiveld. De uitgangsconstructie valt buiten TSD-scope (maaiveldontwerp), maar in het ontwerp dienen in ieder geval bedieningsmogelijkheden en betrouwbaarheid voor vluchtenden en hulpdiensten te worden betrokken.

Noot: Opgemerkt wordt dat er in de vluchtgang bij T3 een overdrukinstallatie is voorzien, waarvoor (schone) buitenlucht moet worden aangezogen. Zie ook § 4.9.5 *Overdrukvoorzieningen.*

De volgende eisen worden gesteld aan de vluchtroute vanaf de noordelijke perronkop (T3):
- trapconstructie: geen bijzondere brandwerendheidseisen (analoog aan § 0);
- rookschermen rondom trap (*downstands* vanaf plafond perronniveau): zie § 6.2.5;
- uitgangsconstructie naar maaiveld: geen bijzondere brandwerendheidseisen.

6.3.3. Vluchtroute vanaf perron Zuid naar maaiveld

De trap van de zuidelijke perronkop(pen) naar maaiveld (T5) vormt onderdeel van zowel het ontvluchtings- als toetredingsconcept. De trap (met bordessen in verband met totale klimhoogte) komt direct uit op maaiveld. De uitgangsconstructie valt buiten de TSD-scope (maaiveldontwerp), maar in het ontwerp dienen in ieder geval bedieningsmogelijkheden en betrouwbaarheid voor vluchtenden en hulpdiensten te worden betrokken. Vooralsnog wordt uitgegaan van een klepconstructie.

Noot: Opgemerkt wordt dat er op de vluchtroute T5 (in het trappengat naar maaiveld) een installatie voor stuwdrukventilatie is voorzien, die bevordert dat de trap rookvrij blijft, ook indien er rook spill onder de rookschermen plaats vindt. Hiervoor moet (schone) buitenlucht worden aangezogen, bijv. via de openstaande klepconstructie. Zie ook § 4.9.5 *Overdrukvoorzieningen.*

De volgende eisen worden gesteld aan de vluchtroute vanaf de zuidelijke perronkop (T5):
- trapconstructie: geen bijzondere brandwerendheidseisen (analoog aan § 6.3.1);
- rookschermen rondom trap (*downstands* vanaf plafond perronniveau): zie § 6.2.5;
- compartimentsscheiding incl. deuren van vluchtgang met perronniveau: zie § 6.2.9;
- klepconstructie naar maaiveld uit vluchtgang: geen bijzondere brandwerendheidseisen.

6.3.4. Roosters RWA-afzuigopeningen

Voor de RWA-roosters gelden dezelfde eisen als de verticale glasscheiding langs de mezzaninerand:
- brandwerendheid (functiebehoud) ten minste 60 min;
- temperatuursbelasting uit rookgassen van max. 400°C (zie Figuur 6-4).

6.3.5. Fietsenstalling

- vluchtgangen langs wanden fietsenstalling
  - brandcompartimentswanden (incl. vluchtdeuren): 60 min brandwerendheid bij standaard brandcurve ISO 834;
  - deuren binnen in vluchtgang: 60 min brandwerendheid bij standaard brandcurve ISO 834;
- rookcompartimentering Fietspoint (binnen stalling als geheel) (incl. deuren/vensters): rookwerendheid gedurende 30 min bij standaard brandcurve ISO 834.

6.3.6. Techniekruimten op perronkoppen (incl. deuren)

Aan de brandcompartimentering van de techniekruimten worden de volgende eisen gesteld:

- op zuidelijke perronkop (westelijk perron): 120 min brandwerendheid bij standaard curve ISO 834;
- op noordelijke perronkop (oostelijk perron): 120 min brandwerendheid bij standaard curve ISO 834.

6.3.7. Brandweeropslagruimte op perronkoppen

Aan de brandcompartimentering van de brandweeropslagruimte worden de volgende eisen gesteld:

- op zuidelijke perronkop (westelijk perron): 120 min brandwerendheid bij standaard curve ISO 834;
- op noordelijke perronkop (oostelijk perron): 120 min brandwerendheid bij standaard curve ISO 834.

6.3.8. Mezzaninevloer

De mezzaninevloer ter hoogte van het centrale stijgpunt van het ondergronds station maakt onderdeel uit van de hoofddraagconstructie aangezien het een stempelfunctie vervult voor de diepwanden. Om deze reden worden de volgende eisen gesteld (zie ook § 5.3):

- mezzaninevloer: 120 min brandwerendheid bij standaard curve ISO 834;

6.3.9. Middenwand tunnel

Brandcompartimentsscheiding tussen tunnelbuizen (zie ook § 5.3):

- middenwand tussen twee tunnelbuizen: 120 min brandwerendheid bij RWS-curve;
- vluchtdeuren in middenwand tussen twee tunnelbuizen: 120 min brandwerendheid bij RWS-curve.

Stijgpunten (ontvluchting en/of toetreding) in tunnel:

- deur naar stijgpunt T1, T2, T6: 120 min brandwerendheid bij RWS-curve;
- deuren op aansluitende deel van de vluchtroute (niet in direct contact met de tunnelruimte): 60 min brandwerendheid bij standaard brandcurve ISO 834.

Zie ook Hoofdstuk 5 Brandbeheersing tunnel en station.

6.4. Programma van Eisen

6.4.1. Rook- en brandwerendheidseisen glasconstructies

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de functionele specificaties uit oogpunt van brand- en rookwerendheid voor de verschillende glasconstructies.

Tabel 6-1 Overzicht rook- en brandwerendheidseisen aan glasconstructies in ondergronds station.

GLASCONSTRUCTIES in ondergronds station	Impact weerstand	Draagkracht (verticale belastingen)	Brand-belasting	Tijdsduur functiebehoud onder brandbel.			Standaard-equivalent
				rookscheiding (ontvluchting)	brand-scheiding	afscherming hulpverlener	
1. Verticale glaswand van mezzaninevloer tot dak (in aansluiting op downstands sub 2.a)	Ja	Nee	rookgassen 400°C (primair)	15 min	n.v.t.	**60 min**	afstemming leverancier [1]
2. Downstands rondom stijgpunten/ vluchttrappen vanaf perronniveau							
a. stijgpunten naar mezzanine	Ja	Nee	rookgassen 400°C (primair)	15 min	n.v.t.	**60 min**	afstemming leverancier [1]
b. stijgpunten naar fietsenstalling	Ja	Nee	rookgassen 400°C (primair)	15 min	n.v.t.	**60 min (conservatief)**	afstemming leverancier [1]
c. vluchttrappen Noord naar maaiveld	Ja	Nee	rookgassen 400°C (primair)	15 min	n.v.t.	**60 min (conservatief)**	afstemming leverancier [1]
d. vluchttrappen Zuid naar maaiveld	Ja	Nee	rookgassen 400°C (primair)	15 min	n.v.t.	**60 min (conservatief)**	afstemming leverancier [1]
3. Compartiments-scheidingen							
a. scheiding tussen fietsenstalling en mezzanine	Ja	Nee	brandcurve ISO 834	15 min	**60 min**	n.v.t.	WBDBO 60 min
b. scheiding tussen fietsenstalling en perronniveau (	Ja	Nee	brandcurve ISO 834	15 min	**60 min**	n.v.t.	WBDBO 60 min
c. glaswand vlucht-gang boven sporen bij vluchttrap Noord	Ja	Nee	brandcurve ISO 834	15 min	**60 min**	**60 min**	WBDBO 60 min
4. Overige glasconstructies							
a. glasvloer loopbrug tussen mezzanine en fietsenstalling	Ja	Ja	brandcurve ISO 834	15 min	n.v.t.	**60 min**	WBDBO 60 min
b. daglichttoetreding boven mezzanine / loopbrug	Ja	Ja	rookgassen 200-300°C [2] (secundair)	15 min	n.v.t.	**60 min**	afstemming leverancier [1]
c. glasomhulling perronliften	Nee	Nee	ca.200- 300°C (primair)	n.v.t.	n.v.t.	**60 min**	afstemming leverancier [1]

[1] Dit betreft geen standaard brandbelasting. Voor deze constructies dient op basis van de eisen in afstemming met leveranciers en bekende testresultaten (zo nodig aanvullende testen) een passende oplossing voor bouwkundige constructie en glastype te worden vastgesteld.
[2] Eventueel nader te bepalen door middel van aanvullende CFD-berekeningen.

6.4.2. Rook- en brandwerendheidseisen overige constructies

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de functionele specificaties uit oogpunt van brand- en rookwerendheid voor de overige constructies (in het ondergronds station en de tunnel).

Voor de brandwerendheidseisen aan de hoofddraagconstructie wordt verwezen naar Hoofdstuk 5.

Tabel 6-2 Overzicht rook- en brandwerendheidseisen aan overige constructies in ondergronds station en tunnel.

OVERIGE CONSTRUCTIES in ondergronds station en tunnel	Functie component	Brandbelasting	Tijdsduur functiebehoud	Standaard-equivalent
5. Stijgpunten van perronniveau naar mezzanine, stationshal en fietsenstalling				
a. Vaste trappen stijgpunten perron-mezzanine;	vluchtroute, toetredingsroute	geen bijzondere brandwerendheidseisen	-	-
b. Vaste trappen stijgpunten mezzanine-stationshal;	vluchtroute, toetredingsroute	geen bijzondere brandwerendheidseisen	-	-
c. Vaste trappen stijgpunten perron-fietsenstalling;	vluchtroute, toetredingsroute	geen bijzondere brandwerendheidseisen	-	-
d. Roltrappen stijgpunten perron-mezzanine;	vluchtroute, toetredingsroute	geen bijzondere brandwerendheidseisen	-	-
e. Roltrappen stijgpunt mezzanine-stationshal.	vluchtroute, toetredingsroute	geen bijzondere brandwerendheidseisen	-	-
6. Vluchtroutes via vluchttrappen vanaf perronkop Noord naar maaiveld				
a. vluchttrap (incl. bordessen)	vluchtroute, toetredingsroute	geen bijzondere brandwerendheidseisen	-	-
b. deur in vluchtroute (onderdeel van brandscheiding vluchtgang, zie 3.b)	brandscheiding	standaard brandcurve ISO 834	60 min	WBDBO 60 min
c. uitgangsconstructie naar maaiveld vanuit vluchtgang	vluchtroute, toetredingsroute	geen bijzondere brandwerendheidseisen	-	-
7. Vluchtroute via vluchttrappen vanaf perronkop Zuid naar maaiveld				
a. vluchttrap (incl. bordessen)	vluchtroute, toetredingsroute	geen bijzondere brandwerendheidseisen	-	-
b. uitgangsconstructie naar maaiveld vanaf vluchttrap	vluchtroute, toetredingsroute	geen bijzondere brandwerendheidseisen	-	-
8. Fietsenstalling boven sporen				
a. brandcompartimentswanden (incl. vluchtdeuren) vluchtgang	vluchtroute, brandscheiding	standaard brandcurve ISO 834	60 min	WBDBO 60 min
b. deuren binnen in vluchtgang	vluchtroute, brandscheiding	standaard brandcurve ISO 834	60 min	WBDBO 60 min
c. compartimentscheidingen Fietspoint binnen fietsenstalling	rookscheiding	standaard brandcurve ISO 834	30 min	WRD 30 min
9. Roosters RWA-afzuigopeningen in ondergronds station	functionaliteit als afzuigopening	rookgassen max. 400°C (primair)	60 min	afstemming leverancier [1]
10. Brandcompartimentering van techniekruimten (incl. deuren) op perronkoppen	brandscheiding	standaard brandcurve ISO 834	120 min	WBDBO 120 min
11. Mezzaninevloer centraal stijgpunt station	hoofddraag-constructie	brandcurve RWS-curve	120 min	afstemming leverancier [1]
12. Brandcompartimentering brandweeropslagruimte	brandscheiding	brandcurve RWS-curve	120 min	afstemming leverancier [1]

OVERIGE CONSTRUCTIES in ondergronds station en tunnel	Functie component	Brandbelasting	Tijdsduur functiebehoud	Standaard-equivalent
13. Brandcompartimentering tussen tunnelbuizen				
a. middenwand	vluchtroute, brandscheiding	brandcurve RWS-curve	120 min	afstemming leverancier [1]
b. vluchtdeuren	vluchtroute, brandscheiding	brandcurve RWS-curve	120 min	afstemming leverancier [1]
14. Stijgpunten in tunnelbuizen				
a. deur naar stijgpunt T1	vluchtroute, toetredingsroute, brandscheiding	brandcurve RWS-curve	120 min	afstemming leverancier [1]
b. deur naar stijgpunt T2	toetredingsroute, brandscheiding	brandcurve RWS-curve	120 min	afstemming leverancier [1]
c. deur naar stijgpunt T6	vluchtroute, toetredingsroute, brandscheiding	brandcurve RWS-curve	120 min	afstemming leverancier [1]
d. deuren op aansluitende route (niet in direct contact met tunnelruimte)	vluchtroute e/o toetredingsroute, brandscheiding	standaard brandcurve ISO 834	60 min	WBDBO 60 min

[1] Dit betreft geen standaard brandbelasting. Voor deze constructies dient op basis van de eisen in afstemming met leveranciers en bekende testresultaten (zo nodig aanvullende testen) een passende glassoort en bouwkundige oplossing te worden gekozen.

6.4.3. Raakvlakeisen

- bovengrondse stationshal (ontwerp Mecanoo/LBP):
  - plaatsing alle winkels in één apart brandcompartiment (gesprinklerd) binnen stationshal.
  - brandcompartimentsscheiding tussen stationshal en naastgelegen stadskantoorhal.

7. BEHEERSING INCIDENTEN MET GEVAARLIJKE STOFFEN

7.1. Inleiding

Spoortunnel Delft kan in de toekomst gebruikt worden voor doorgaand transport van gevaarlijke stoffen (GS) volgens categorie 3a (categorie-indeling volgens RVGS-spoor). Dit houdt in dat geen beperkingen opgelegd worden wat betreft de toegelaten stofcategorieën: het kan gaan om zowel brandbare als toxische vloeistoffen en gassen. Mogelijke GS-scenario's betreffen het vrijkomen van een dergelijke stoffen (Loss of Containment/LOC) in de tunnel en het station uit een ketelwagen in een goederentrein:

- vrijkomen van (zeer) toxische vloeistof of gas;
- vrijkomen van (zeer) brandbare vloeistof of gas.

In dit hoofdstuk wordt beknopt beschreven welke autonome bijdrage het TSD-veiligheidssysteem levert aan de beheersing van een GS-incident, dat wil zeggen *voorafgaand aan* optreden door de OHD. Hieraan voorafgaand worden de aanpak en resultaten van de analyse en toetsing van de interne veiligheidsrisico's in TSD als gevolg van het vervoer van gevaarlijke stoffen toegelicht.

7.2. Basisconcept

Het basisconcept voor de beheersing van incidenten bij het vervoer van gevaarlijke stoffen bestaat de volgende belangrijkste componenten, die in § 7.5 e.v. worden toegelicht:

- ontsporingsgeleiding: door geleiding van een trein(deel) bij ontsporing wordt de schade aan GS-ketelwagens beperkt, waardoor de uitstroming (uitstroomdebiet) beperkt of voorkomen wordt.
- opvang en afvoer van gevaarlijke vloeistoffen: beperking van de stofhoeveelheid die vrij in de tunnel aanwezig is en die mede bepalend is voor de brand- en rookontwikkeling (vuurbelasting), alsmede voor de verdamping (gasconcentraties) in de tunnel.
- gasdetectie: snelle signalering van brandbare c.q. explosieve gasconcentraties in de tunnel opdat de incidentbestrijding en hulpverlening vroegtijdig kan worden opgestart.
- compartimentering: tussenwanden in de tunnel beperken het directe verspreidingsgebied van rook en brand, alsmede van GS-gasconcentraties.
- langsventilatie: ventilatie richting de tunnelmond beperkt de GS-gasconcentraties bovenstrooms van de bezweken ketelwagen, alsook in de naastgelegen niet-incidentkoker, en voorkomt verspreiding van dampen richting het station.

Naast deze maatregelen ter autonome *beheersing* van feitelijke ongevalssituaties zijn in TSD preventieve maatregelen opgenomen ter *voorkoming* van deze ongevallen (zie Hoofdstuk 3 *Preventie*). TSD beperkt de ontsporings- en botsingskansen door afwezigheid van wissels in de tunnel, de baanbeveiliging zoals neergelegd in het seinontwerp (FIS) en detectie van onregelmatigheiden in de aslasten op de aansluitende baanvakken (Quo Vadis/Gotcha). Bovendien moet GS-vervoer voldoen aan algemene eisen en procedures voor veiligheid en kwaliteit voor materieel en bedrijfsvoering. De (beperkte) mogelijkheden voor de brandweer om een GS-incident te *bestrijden* worden beschreven in § 10.8 *Bestrijding incidenten met gevaarlijke stoffen*. Zie ook de uitgangspunten hiervoor in § 10.4.

7.3. Analyse

7.3.1. Inleiding

In het rapport *Spoortunnel Delft Effectberekening vervoer gevaarlijke stoffen* (DTB, versie 1.0 definitief d.d. 17-06-2003) is voor het gevaarlijke stoffenvervoer door de tunnel een analyse gemaakt van de interne (en externe) veiligheid. De eindversie van de rapportage is bekrachtigd in de werkgroep 'Integrale Veiligheid Spoorzone Delft', waarin naast projectvertegenwoordigers van Gemeente en Prorail ook Brandweer Delft en Hulpverleningsregio Haaglanden participeerden. § 7.3 *Analyse* bestaat uit tekstdelen over interne veiligheid, afkomstig uit de genoemde rapportage. Voor een gedetailleerdere beschouwing wordt verwezen naar de volledige rapportage, alsook naar het rapport *De interne- en externe veiligheid Spoorzone Delft, een integrale rapportage* (DTB, kenmerk IE-SE20033010 d.d. april 2004).

7.3.2. Onderzoekskader

De veiligheid van de reizigers kan naast incidenten met gevaarlijke stoffen ook door andere incidenten aangetast worden (o.a. ontsporingen, botsingen, branden in reizigerstreinen). Tezamen bepalen zij het interne veiligheidsrisico van de reiziger. De studie heeft zich conform de vraagstelling hoofdzakelijk gericht op de veiligheidseffecten met betrekking op het vervoer van gevaarlijke stoffen. Een integrale veiligheidstoets aan de norm is zodoende niet mogelijk. Wel kunnen de resultaten 'gespiegeld' worden aan de norm om te bepalen welk risicobudget door het transport GS in beslag wordt genomen en kan het onderscheid tussen beide tunnelvarianten inzichtelijk worden gemaakt.

Voor de berekening van het intern risico geldt als uitgangspunt een incident met gevaarlijke stoffen in een van de tunnelkokers dan wel ter hoogte van het station. De letaliteitsrisico's voor de eventueel in de naastgelegen tunnelkoker(s) aanwezige reizigerstreinen of wachtenden op het perron, zijn voor de betreffende incidenten bepaald. In dit kader zijn de volgende stappen doorlopen:

- incidentscenario's (gebeurtenissenbomen) voor elke categorie gevaarlijke stoffen;
- beschouwing van de kans op elk incidentscenario in de tunnel;
- schade- of letaliteit-effecten voor elk scenario, waarbij rekening is gehouden met incidentlocatie alsmede met aanwezigheid van tussenwanden en installaties (zoals langsventilatie, sprinklers);
- persoonlijk risico en groepsrisico voor reizigers op basis van kans en letaliteiten;
- spiegeling van persoonlijk risico en groepsrisico aan het vastgestelde normenkader;
- additioneel: bepaling van de kans op brand in een goederentrein en in een reizigerstrein alsmede het mogelijk aantal slachtoffers hierbij en het groepsrisico voor deze scenario's.

In de veiligheidsberekeningen is de effectiviteit van veiligheidsvoorzieningen langsventilatie (tunnel), RWA (station) en sprinkler onderzocht. Ontsporingsgeleiding en langsventilatie zijn naast de maatregelen voor afstroom en opvang van lekvloeistoffen als basisvoorziening opgenomen.

Wet- en regelgeving

Noot: Onderstaande is geschreven voor de situatie 2003-2005, ten tijde waarvan besluitvorming heeft plaatsgevonden en de maatregelen zijn vastgelegd. De geimplementeerde maatregelen aangaande zijn in overeenstemming met de vigerende wetgeving anno 2009.

De wet- en regelgeving voor ondergrondse infrastructuur alsmede vervoer van gevaarlijke stoffen is momenteel sterk in beweging. Voor externe veiligheid is sprake van bestaande wetgeving uitgewerkt in de nota *Rsiconormering vervoer gevaarlijke stoffen* (RNVGS, 1996). Voor het plaatsgebonden risico wordt hierin een maximaal toelaatbaar niveau van 10^{-6} per jaar gegeven. Voor het groepsrisico wordt een oriënterende waarde van $10^{-2}/N^2$ gesteld, waarin N staat voor het aantal slachtoffers bij een incident. Het toekomstig beleid, de *Regulering van Vervoer van Gevaarlijke Stoffen per Spoor* (RVGS-spoor), deelt de baanvakken in categorieën in. Voor Delft is door Railned [inmiddels: ProRail Capaciteitstoedeling] een tweetal karakteristieke vervoersscenario's aangegeven behorende bij categorie 3a.

Voor interne veiligheid van tunnels is nog geen wetgeving. Wel biedt de *Kadernota Railveiligheid* een handvat voor de risiconormering. Daarnaast kan aansluiting gevonden worden bij de recente tunnelprojecten in Nederland. Het Bouwbesluit geeft geen kwantificerende normstelling maar fysieke maatregelen of ontwerprandvoorwaarden en is zodoende niet goed toepasbaar voor ondergrondse projecten.

Tabel 7-1 Normstelling (EV/IV) volgens rapportage *Spoortunnel Delft Effectberekening vervoer gevaarlijke stoffen* (DTB, 2003).

Spoortunnel Delft	Risico-normstelling
Externe veiligheid (EV)	
- plaatsgebonden risico	10^{-6} per jaar
- groepsrisico	0,01 / N^2 per baanvakkilometer
Interne veiligheid (IV)	
- persoonlijk risico	$2{,}0 \cdot 10^{-10}$ per reizigerkilometer
- groepsrisico	0,01 / N^2 per baanvakkilometer

Voor onderhavige studie is bovenstaande normstelling gehanteerd.

Situatiebeschrijving
In de studie zijn twee tunnelvarianten beschouwd; de korte- en lange tunnel met respectievelijk een bovengronds- en ondergronds station. Beide varianten kennen een viertal sporen, onderling gescheiden door tussenwanden. In het station is sprake van een open ruimte met een tweetal eilandperrons.

In het kader van de interne veiligheid is de veiligheid van de gebruikers van het systeem beschouwd. (Voor de externe veiligheid zijn de risico's voor de omwonenden van de tunnel in beeld gebracht). De aandacht richt zich hierbij met name op de mogelijke effecten bij incidenten met gevaarlijke stoffen.

7.3.3. Vervoersgegevens
Voor het vervoer van gevaarlijke stoffen is een tweetal karakteristieke scenario's (I./II.) conform RVGS-categorie 3a uitgewerkt. Daarnaast is een scenario (III.) met alleen een autonome groei van de in de huidige situatie vervoerde gevaarlijke stoffen, te weten ammonia (B2/Toxisch Gas) en Zeer Brandbare Vloeistoffen (C3), in beeld gebracht.

Tabel 7-2 Scenario's voor vervoersintensiteiten zoals beschouwd in rapportage *Spoortunnel Delft Effectberekening vervoer gevaarlijke stoffen* (DTB, 2003).

			Vervoersintensiteiten (aantal ketelwagens per jaar)		
	Stofcategorie	**Voorbeeldstof**	**Scenario I.**	**Scenario II.**	**Scenario III.** (prognose o.b.v. autonome groei huidig vervoer)
A	Brandbare gassen	LPG	350	350	-
B2	Toxische gassen	Ammoniak	950	1.250	50 (ammonia)
B3	Zeer toxische gassen	Chloor	300	0	-
C3	Zeer brandbare vloeistoffen	Benzine	1.500	1.250	150
D3	Toxische vloeistof	Acrylonitril	0	1.200	-
D4	Zeer toxische vloeistoffen	HF in oplossing	0	750	-

Voor het bepalen van de risico's zijn de treinintensiteiten, reizigersaantallen en bezettingen op het perron en in de stationshal op basis van gegevens van Prorail Capaciteitsplanning uitgewerkt.

7.3.4. Potentiële GS-scenario's
Overeenkomstig de IPORBM-rekenmethodiek zijn voor elk van de vervoerscategorieën de incidentscenario's beschouwd op basis van de standaard voorbeeldstoffen (bijv. LPG voor Brandbaar Gas). In onderstaande tabel is een kort overzicht gegeven van de potentiële GS-scenario's in TSD op basis van de vervoerde stofcategorieën (deterministisch) en de ongevalskarakteristieken (uitstroming, ontsteking).

Voor de eventuele interactie tussen reizigersvervoer en het vervoer van gevaarlijke stoffen zijn vier combinaties van treindienstregelingen mogelijk:
- GS-vervoer gelijktijdig met reizigersvervoer:
  in de tunnel zijn reizigerstreinen aanwezig; in het station en op de perrons zijn reizigers aanwezig.
- GS-vervoer uitsluitend 's nachts:
  in de treinen of op het station zijn geen reizigers aanwezig.
- GS-vervoer in de daluren van het reizigersvervoer, niet gelijktijdig met het reizigersvervoer:
  in de tunnel zijn geen reizigerstreinen aanwezig; in het station en op de perrons is een beperkt aantal reizigers aanwezig.
- GS-vervoer overdag, niet gelijktijdig met het reizigersvervoer:
  in de tunnel zijn geen reizigerstreinen aanwezig; afhankelijk van de periode (spits of daluur), zijn reizigers in het station of op de perrons aanwezig.

Tabel 7-3 Potentiële GS-incidentscenario's met typering schade-effecten volgens rapportage *Spoortunnel Delft Effectberekening vervoer gevaarlijke stoffen* (DTB, 2003)

Stofcategorie		Scenario		Ongevalskarakteristieken
A	**Brandbaar Gas**	-	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 onsteking resulteert in fakkel.
		-	Gaswolkexplosie	Lek met continue uitstroming. Vertraagde onsteking resulteert in gaswolkexplosie.
		-	BLEVE warm	Oorzaak is falen van wagon na aanstraling door externe brand (plasbrand, fakkel). Drukgolven. Warme BLEVE krachtiger dan koude BLEVE i.v.m. hogere druk en temperatuur.
B2	**Toxisch gas**	-	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). Drukgolven, geen ontsteking. Warme BLEVE krachtiger dan koude BLEVE i.v.m. hogere druk en temperatuur.
		-	Toxische wolk	Lek als gevolg van botsing/ontsporing of intrinsiek falen. Continue uitstroming onder druk.
B3	**Zeer toxisch gas**	-	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.
C3	**Zeer brandbare vloeistof**	-	Plasbrand	Door botsing/ontsporing of intrinsiek falen ontstaat vloeistofplas, grootte is afhankelijk van vrijkomen en afvoer. Ontsteking resulteert in plasbrand.
D3	**Toxische vloeistof**	-	Toxische wolk / damp	Door botsing/ontsporing of intrinsiek falen ontstaat vloeistofplas, waaruit giftige dampen ontstaan.
D3	**Zeer toxische vloeistof**	-	Toxische wolk / damp	Door botsing/ontsporing of intrinsiek falen ontstaat vloeistofplas, waaruit giftige dampen ontstaan.

7.3.5. Ongevalskansen

Het vrijkomen in de tunnel of in het station wordt veroorzaakt door een falen van de houder van de gevaarlijke stof, de (druk)ketelwagen. Voor de interne veiligheidsberekeningen van de tunnel is echter gebruik gemaakt van meer specifieke faalkansgegevens voor de deelincidenten als:

- ontsporing van een GS-trein;
- botsing van een GS-trein met een andere trein;
- intrinsiek falen van een ketelwagen in een GS-trein.

Een ***ontsporing*** kan het gevolg zijn van meerdere oorzaken als te hoge snelheid, defecten aan materieel of baan of als gevolg van aanrijding van objecten. De aanwezigheid van de ontsporingsgeleiding beperkt de gevolgen na ontsporing. De kans op een ***botsing*** is een combinatie van verschillende soorten kop-staart-, kop-kop- en flankbotsingen. (Flankbotsingen zijn echter niet mogelijk door ontbreken van wissels in de tunnel). Voor het ***intrinsiek falen*** word een basiskans per wagon per jaar aangegeven vanuit het *Paarse Boek (Guidelines for Quantitative Risk assessment CPR18E, Commisie voor Preventie van Rampen).* Rekening houdend met de rijsnelheid van de wagons (gesteld op 100 km/u) op het betreffende baanvak kan een faalkans per wagonkilometer afgeleid worden. Daarnaast wordt voor instantaan falen ook onderscheid gemaakt tussen drukketelwagens en atmosferische wagens. De basiskans op instantaan falen van een atmosferische wagons wordt door het *Paarse Boek* hoger gesteld daar atmosferische wagons slapper geconstrueerd zijn.

7.4. Resultaten

7.4.1. Conclusies op hoofdlijnen

De berekeningen leiden ten aanzien van de interne veiligheid tot de volgende resultaten voor de korte dan wel lange tunnelvariant (samenvatting van conclusies voor interne veiligheid uit de rapportage *Spoortunnel Delft Effectberekening vervoer gevaarlijke stoffen* (DTB, 2003)):

1. Het **persoonlijk risico** voor de reiziger als gevolg van incidenten met gevaarlijke stoffen voldoet aan de normstelling en ligt hier zelfs aanmerkelijk onder. Het risico van de lange tunnel is een factor 2 tot 5 hoger dan de korte tunnel. Voor scenario III is het persoonlijk risico door de beperkte vervoersaantallen het laagst. Scenario II kent vergeleken met scenario I als gevolg van de hoge letaliteitsbijdrage van toxische en zeer toxische vloeistoffen een factor 8 tot 15 hoger risico.

2. Voor zowel de korte als lange tunnel is de **groepsrisicocurve** betreffende incidenten met gevaarlijke stoffen onder de norm gelegen, zij het dat scenario II de normcurve juist raakt. Met name ten aanzien van de scenario's met grote aantallen slachtoffers leidt de korte tunnel tot een beter risicoprofiel (maximaal een reductie met een factor 10). Scenario III kent het laagste groepsrisico gevolgd door I, terwijl scenario II het meest ongunstig is.

3. Ten aanzien van de risicobijdrage van de verschillende stoffen is geen onderscheid aanwezig tussen de korte of lange tunnel. Per scenario kunnen de volgende conclusies worden getrokken:
   - De brandbare vloeistoffen zijn in scenario I zeer dominant en bepalen voor 60 tot 70% het risico bij incidenten tot 300 slachtoffers. Bij grotere aantallen slachtoffers is het incident 'koude BLEVE' (instantaan volledig falen van een ketelwagen) van toxische gassen de grootste risicobron.
   - De incidenten met toxische en zeer toxische vloeistoffen bepalen in sterke mate (60% resp. 35%) het risico van scenario II.
   - In scenario III leiden de toxische vloeistoffen met 85% tot de grootste bijdrage. De brandbare vloeistoffen zijn mede door de lagere ontstekingskans door de langsventilatie aanmerkelijk minder bepalend.

4. Het persoonlijk- en groepsrisico wordt dominant bepaald door het risico als gevolg van een **brand in een reizigerstrein**. De bijdrage van het vervoer van gevaarlijke stoffen is in verhouding hiermee vrijwel verwaarloosbaar. Een globale verkenning van de brandrisico's in reizigerstreinen toont een overschrijding van de normstelling voor het persoonlijk risico met een factor 3. De korte tunnel kent een lager persoonlijk risico (factor 2) dan de lange tunnel, hetgeen met name het gevolg is van de relatief grotere letaliteit in het ondergrondse station. De hoge treinintensiteiten, tezamen met de relatief hoge kans op brandincidenten, leidt tot een aanmerkelijk overschrijding van het groepsrisico.

5. **Branden in goederentreinen** (geen GS) komen frequenter voor dan incidenten met gevaarlijke stoffen, maar leiden door de tragere en minder bedreigende ontwikkeling alsmede de aanwezigheid van sprinkler slechts tot een te verwaarlozen risicobijdrage.

Effectiviteit van veiligheidsmaatregelen

De effectiviteit van enkele veiligheidsmaatregelen wordt al volgt beoordeeld:

- Effectiviteit van sprinklerinstallatie:
  Voor scenario I leidt de inzet van sprinkler met name ten aanzien van de incidenten met brandbare vloeistoffen (plasbranden) tot een aanmerkelijke reductie van het groepsrisico. Voor scenario II is het effect van sprinkler nihil daar hier het risico wordt bepaald door de toxische vloeistoffen. (Er is mede op basis van deze uitkomsten voor gekozen om geen sprinkler op te nemen in TSD.)
- Effectiviteit van langsventilatie:
  De positieve effecten van langsventilatie in de tunnel zijn bij de effect-beschouwingen meegenomen. Door langsventilatie zullen de effecten van fakkelbranden, verspreiding van (zeer) toxische stoffen en de kans op ontsteking van bij verdamping vrijgekomen stoffen worden gereduceerd.

Effectiviteit van inplanning van GS-vervoer tijdens daluren van reizigersvervoer en nacht:
Indien het vervoer van gevaarlijke stoffen slechts tijdens daluren en de nacht (dus niet tijdens de spits) plaats vindt zal zowel voor de korte als lange tunnel een aanmerkelijke reductie van het groepsrisico optreden, waardoor scenario II ook volledig onder de normcurve komt te liggen. De reductie treedt met name op ten aanzien van de scenario's met grote aantallen slachtoffers.

Eindconclusie
Resumerend kan gesteld worden dat met het pakket aan voorzieningen in de tunnel voor elk van de drie vervoersscenario's van gevaarlijke stoffen aan het vereiste veiligheidsniveau kan worden voldaan.

De berekeningen tonen aan dat het risico van de reizigers zeer dominant wordt bepaald door branden in reizigerstreinen en niet door incidenten met gevaarlijke stoffen. Dit heeft onder meer geleid tot de genomen ontvluchtingsmaatregelen met reductie van tussendeurafstanden.

7.5. Ontsporingsgeleiding

7.5.1. Wet- en regelgeving
Zie § 3.3 *Ontsporingsgeleiding*.

7.5.2. Basisconcept
Vanwege de aanwezigheid van ontsporingsgeleiding wordt verwacht dat bij ontsporing van een goederentrein niet meer dan één ketelwagen lek slaat. De maximaal vrijkomende hoeveelheid toxische of brandbare stof wordt daarmee begrensd door het ketelvolume van 80 m^3. Voor een nadere toelichting hierop wordt verwezen naar § 3.3.

7.6. Opvang en afvoer van gevaarlijke vloeistoffen in tunnel

7.6.1. Wet- en regelgeving
In het Bouwbesluit (Afdeling 2.12. *Beperking van ontwikkeling van brand*) en de TSI-SRT worden omtrent opvang en afvoer van gevaarlijke vloeistoffen in spoortunnels geen specifieke eisen gesteld.

In de VEST Art. 4.7.2 *Vloeistofafvoer* worden de volgende eisen geformuleerd:
- Een tunnel of tunnelvormig bouwwerk, langer dan 250 m, die ligt in een reguliere route of omleidingsroute voor vervoer van gevaarlijke stoffen, moet zijn voorzien van een vloeistofafvoersysteem.
- Een dergelijk vloeistofafvoersysteem moet in staat zijn de zichtbare plasgrootte bij een uitstroming uit een vloeistoftank met 4 m^3/min te beperken tot maximaal 15 m^2.
- Een dergelijk vloeistofafvoersysteem moet in staat zijn het totale natte oppervlak buiten het afvoersysteem bij een uitstroming uit een vloeistoftank met 4 m^3/min te beperken tot maximaal 90 m^2.
- Bij een tunnel of tunnelvormig bouwwerk bestaande uit meerdere tunnelbuizen mag een vloeistoflekkage in één tunnelbuis niet leiden tot een bedreiging door deze vloeistoffen of dampen van deze vloeistoffen in een andere tunnelbuis.
- Het vloeistofafvoersysteem van een tunnel of tunnelvormig bouwwerk moet in staat zijn 80 m^3 gelekte vloeistof op te vangen in een berging buiten de tunnelbuis.

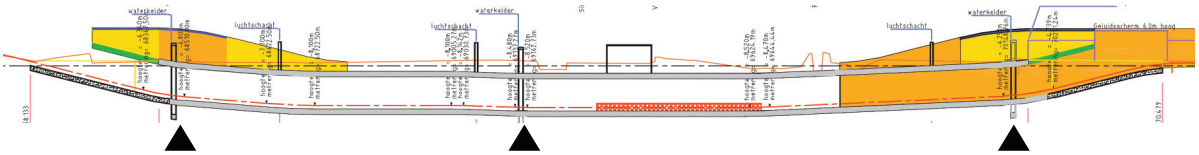
De OVS stelt als eis:
- voor een adequate vloeistofafvoer dient de tunnelvloer een dwarshelling te hebben van 1:100.

7.6.2. Basisconcept
Het vrijkomen van brandgevaarlijke vloeistoffen of gassen uit een goederentrein introduceert een brandrisico in de tunnel (en eventueel langs de perrons). Het gas of verdampte vloeistof kan ontstoken

worden. Vrijgekomen toxische vloeistof kan vanuit de plas verdampen, waardoor sprake kan zijn van risicovolle toxische concentraties in de lucht.
TSD beperkt de risico's door de volgende twee mitigerende ontwerpmaatregelen:
- afvoer van GS-vloeistof via putten naar de vloeistofopvangkelder;
- beperking van bronsterkte (verdampingssnelheid) door opname van vloeistof in ballastbed.

Het systeem voert vloeistoffen in eerste instantie dwarsrichting af naar een kanaal onder de kabelkoker en vervolgens in langsrichting naar een vloeistofopvangkelder. Er zijn op drie locaties opvangkelders: voor het noordelijk tunneldeel (nabij toerit), het middendeel (inclusief station) en het zuidelijk tunneldeel (nabij toerit). De dwarshelling van de tunnelvloer (1:100, OVS-eis) bevordert de zijwaartse afstroming.

Vanwege de aanwezigheid van ontsporingsgeleiding wordt verwacht dat bij ontsporing van een goederentrein maximaal één ketelwagen (80 m³) lek slaat. Elk van de vloeistofopvangkelders met de bijbehorende pompvoorzieningen wordt gedimensioneerd op een opvang van gelekte vloeistoffen vermeerderd met de maatgevende hoeveelheid bluswater (incidentbestrijding) alsmede regenwater (toeritten), lekwater (tunnelconstructie), inrijd- en condenswater (trein). De omvang van de kelders wordt momenteel door de aannemer voor de 2-sporige oplossing nader gedetailleerd, waarbij rekening wordt gehouden met de 4-sporige eindoplossing. Locatie en principes zijn opgenomen in de overzichtstekeningen.



Figuur 7-1 Vloeistofopvangkelders in TSD (indicatieve locatie: driehoekjes).

De voorzieningen voor opvang en afvoer van gevaarlijke vloeistoffen in de tunnel zijn zowel van nut voor toxische als brandbare vloeistoffen. Voor een nadere toelichting wordt verwezen naar § 5.7.

Bij vrijkomen van een vloeistof zal in de ongeventileerde vloeistofopvangkelder door verdamping van de opgevangen vloeistof sprake zijn van een hoge toxische of brandbare gasconcentratie. Ten aanzien van de pompen wordt eisen gesteld op gebied van explosieveiligheid (wegnemen of afschermen van van ontstekingsbron voor brandbare gasconcentraties in de kelder). Bij een incident worden de afvoerpompen (naar riool) uitgeschakeld in verband met het voorkomen van milieuverontreiniging.

7.7. Gasdetectie

7.7.1. Wet- en regelgeving

VEST Art. 5.3 *Gasdetectie*
- In het basispakket [van TSI-SRT en VEST, red.] is geen gasdetectie opgenomen omdat gasdetectie alleen een significante risicoreductie kan bewerkstelligen indien er een groot aantal wagons gevaarlijke gassen wordt getransporteerd. Dit is slechts op een beperkt aantal tunnels van toepassing.
- In de scenarioanalyse moet worden gekeken naar de verwachte omvang van het transport van gevaarlijke gassen en een keuze worden gemaakt t.a.v. al dan niet detectie.

7.7.2. Basisconcept

Er is sprake van een reservering in TSD voor een gasdetectiesysteem, voor het geval er GS-vervoer gaat plaats vinden via TSD. Een dergelijk systeem is doorgaans gericht op detectie van explosieve concentraties van koolwaterstoffen (LEL-waarden), niet op detectie van toxische concentraties. Het heeft dan een signaleringsfunctie voor incidenten met vrijkomen (Loss of Containment / LOC) van brandbare vloeistoffen en gassen, niet voor LOC-incidenten met toxische stoffen.

7.8. Compartimentering

7.8.1. Wet- en regelgeving
Zie de uitwerking in Hoofdstuk 5 *Brandbeheersing tunnel en station* en Hoofdstuk 6 *Rook- en brandwerendheidseisen*.

7.8.2. Basisconcept
In het tunnelgedeelte van TSD zijn de 2 dan wel 4 treinsporen ondergebracht in een eigen tunnelbuis, onderling gescheiden door een tussenwand die fungeert als brand- en rookscheiding. Deze scheiding is onderbroken ter hoogte van het ondergrondse station. Er is dus geen sprake van een volledige scheiding van de sporen over de volledige lengte van TSD.

Desondanks draagt de aanwezigheid van de tussenwanden tussen de sporen bij aan een effectbeheersing op gebied van GS-incidenten: tegengaan van verspreiding van vrijgekomen toxische en brandbare stoffen en dampen over naburige sporen (waarop eventueel andere goederen- of reizigerstreinen aanwezig zijn). Concentraties kunnen zich na verloop van tijd alsnog verspreiden via geopende tussendeuren of via de verbindende perronruimte.

7.9. Langsventilatie

7.9.1. Wet- en regelgeving
Zie Hoofdstuk 4 *Rookbeheersing tunnel en station*.

7.9.2. Basisconcept
Zie Hoofdstuk 4 *Rookbeheersing tunnel en station* voor een toelichting op het eigenlijke installatieontwerp. Onderstaand worden enkele aanvullende aspecten in relatie tot GS-vervoer toegelicht.

Afhankelijk van de incidentlocatie, het lokaal verticaal alignement van de tunnel, volumieke massa van het gas (lichter of zwaarder dan lucht), omgevingstemperatuur en de initiële luchtstroming in de tunnel (pistoneffect, drukverschillen, verticaal alignement) zal een Gs-concentraties zich verspreiden langs de opgaande of neergaande tunnelhelling.

Het is daarom van groot belang eventuele vrijgekomen stoffen te verhinderen zich te verplaatsen naar het station. Daar bevinden zich immers ook vele personen, aankomende en vertrekkende reizigers op de perrons en in halterende treinen. Ter hoogte van het station kunnen dampen zich ongehinderd verspreiden over de volledige doorsnede.

Bij de detectie van een treinstilstand of incident in het algemeen zal daarom de langsventilatie ingeschakeld worden, waarbij de ventilatierichting standaard van het station af is. Hierdoor wordt tegengegaan dat stofconcentraties zich vanaf de plaats van het incident door de tunnel naar het station verplaatsen. De langsventilatie betekent overigens dat toxische of brandbare concentraties zich stroomafwaarts van de incidentlocatie verspreiden in de incidentbuis en mogelijk uittreden bij de tunnelmond.

Doordat de tunnelbuizen met elkaar in contact staan via de perronruimte van het station, is een exclusieve toewijzing van specifieke buizen aan goederen- óf personenvervoer geen effectief instrument voor de beheersing van GS-incidenten. Bovendien zou dit onacceptabele beperkingen opleggen aan de exploitatie van TSD.

7.10. Programma van Eisen

7.10.1. Opvang en afvoer van gevaarlijke vloeistoffen in tunnel

De volgende eisen worden gesteld:

- afvoer van brandbare of toxische vloeistof via putten naar vloeistofopvangkelder;
  - vloeistofafvoerkanaal in elke tunnelbuis onder kabelkoker;
  - vloeistofopvangkelders (noord, midden, zuid);
  - dwarshelling van tunnelvloer van 1:100 (OVS-eis).
  - dimensionering vloeistofopvangkelders (incl. pompvoorzieningen) op een opvang van lekvloeistoffen in combinatie met maatgevende hoeveelheid bluswater, regenwater, lekwater, inrijd- en condenswater, rekening houdend met de 4-sporige eindoplossing.
- ballastbed ter beperking van bronsterkte (verdampingssnelheid uit vloeistofplas).

7.10.2. Gasdetectie

De volgende eisen worden gesteld:

- In TSD is geen gasdetectie in relatie tot toxische concentraties voorzien.

Noot: Er is sprake van een reservering in TSD voor een gasdetectiesysteem voor explosieve concentraties van koolwaterstoffen (LEL-waarden), niet van toxische concentraties.

7.10.3. Compartimentering

De volgende eisen worden gesteld:

- scheiding van tunnelbuizen door midden van tussenwanden.
  (Zie Hoofdstukken 5 *Brandbeheersing tunnel en station* en 6 *Rook- en brandwerendheidseisen*)

7.10.4. Langsventilatie

Zie Hoofdstuk 4 *Rookbeheersing tunnel en station*.

8. ONTVLUCHTING STATION

8.1. Inleiding

Het station bestaat uit het ondergrondse perronniveau, de fietsenstalling boven de sporen en de bovengrondse stationshal. Het station als geheel (en elk onderdeel apart) dient over voldoende ontvluchtingsmogelijkheden te beschikken in geval van een incident aldaar. Het station kan ook als *safe haven* dienen voor een incidenttrein die op het station tot stilstand wordt gebracht.

Bovendien is het station onderdeel van de vluchtroute naar maaiveld voor inzittenden en personeel van een incidenttrein, als deze onverhoopt (ondanks *safe haven* concept) tot stilstand komt in de tunnel. Ook uit oogpunt van ontruiming van de tunnel worden daarom eisen gesteld aan het stationsontwerp.

8.2. Wet- en regelgeving

De wettelijke regels inzake veiligheid van ondergrondse treinstations vertonen op verschillende aspecten lacunes of zijn zeer algemeen geformuleerd. Daarom wordt het veiligheidsontwerp bij de verschillende projecten in den lande in sterke mate projectspecifiek ingevuld (zie § 8.3 *Referentieprojecten*).

Van belang is ook dat de opdrachtgevende partijen een sterke invloed uitoefenen wat betreft de aanpak en principekeuzes in het ontwerp. Zo kent de beveiligingsstrategie voor ondergrondse treinstations (heavy rail) een andere insteek dan bijvoorbeeld metrostations. Bij metroprojecten wordt ten aanzien va de stations in algemeenheid nauwer aangesloten bij de nationale bouwregelgeving voor gebouwen (*Bouwbesluit*). Heavy rail-projecten kennen veelal een pragmatische invulling van de veiligheid van stations, waarbij het beleid en de ontwerpregels die binnen de organisatie van de opdrachtgever zijn ontwikkeld wel als sterke randvoorwaarde gelden.

De volgende wet- en (bedrijfs)regelgeving is van toepassing
- *Bouwbesluit 2003* (wettelijke regeling);
- *Regeling Spoorweginfra* (wettelijke regeling);
- VEST;
- *Basisstation* (bedrijfsregelgeving ProRail);
- OVS (bedrijfsregelgeving ProRail);

TSI-SRT stelt geen eisen specifiek ten aanzien van stations.

Bouwbesluit 2003

De systematiek en inhoud van het Bouwbesluit heeft voor TSD de volgende gevolgtrekkingen:
- Gebruiksfuncties volgens het *Bouwbesluit*:
  - stationsgebouw: het stationsgebouw betreft een zogenaamde 'overige gebruiksfunctie voor personenvervoer' (Bouwbesluit 2003 Art. 1.1 lid 3).
  - perron: het perron valt onder de gebruiksfunctie 'bouwwerk geen gebouw zijnde'. De hieraan gekoppelde eisen zijn overwegend algemener geformuleerd dan die voor het stationsgebouw.
- Rookcompartimenten volgens Bouwbesluit:
  Station Delft kent zowel een ondergronds gelegen perron als bovengrondse transferhal die met elkaar in verbinding staan via een vide rondom de mezzanine. Daardoor is er geen sprake van een strikte scheiding tussen hal en perron en vormen beide één rookcompartiment (en één brandcompartiment) in de zin van het Bouwbesluit. Dit gegeven is relevant voor o.a. de toetsing van vluchtafstanden en ontruimingsduur.
- Gelijkwaardigheid met prestatie-eisen:
  Op een aantal punten kan niet voldaan aan de standaard prestatie-eisen die het Bouwbesluit stelt. Het Bouwbesluit biedt echter de mogelijkheid om - gebruik makend van het zgn. gelijkwaardigheidsbeginsel - aan te tonen dat het ontwerp een veiligheidsniveau heeft dat vergelijkbaar is als het niveau dat wordt beoogd met de prestatie-eisen.

Vanuit het *Bouwbesluit* worden eisen gesteld aan:
- veilige ontvluchting: tijdige ontruiming van een rook- of brandcompartiment;
- vluchtmogelijkheden: deze moeten voldoende zijn om bij vastgesteld gebruik en bezetting het bouwwerk binnen 15 minuten geheel te kunnen ontruimen.

Regeling Spoorweginfra
De reizigersperrons (niet: de stationshal) maken onderdeel uit van de hoofdspoorweginfrastructuur en dienen daarom te voldoen aan de eisen die de *Regeling Spoorweginfra* stelt.

VEST
De VEST versie 11, maart 2007 (*Veiligheidseisen voor treintunnels - Matchen van Europese TSI en nationale praktijk*) geldt hier als uitgangspunt. Deze versie is door ProRail op 10 mei 2007 onderschreven, waarbij een aantal aandachtspunten is benoemd.

Noot: er is inmiddels een VEST versie van januari 2008

Voor ondergrondse stations stelt Art 4.7.7 VEST *Ontvluchting uit ondergrondse stations* als eis:
- Een maximale ontruimingstijd van een ondergronds station van 10 minuten.
- Gedurende 1,5 maal de ontruimingstijd moeten de condities op de vluchtroute(s) begaanbaar zijn, rekening houdende met de verwachte verplaatsing van mensen over de vluchtroute(s).

Basisuitgangspunt hierbij is dat de beschikbare vluchttijd (ASET) groter is dan de benodigde vluchttijd (RSET). Toetscriterium is dus: ASET > RSET. De marge van 1,5 wordt hierbij ingevoerd en biedt mogelijkheden voor gelijkwaardige oplossingen.

Basisstation en OVS
ProRail hanteert voor ontwerp van het perronniveau en de stationshal de eisen volgens de OVS (*Ontwerpvoorschriften* voor de spoorwegbouw) en het *Basisstation* (Deel A/B).

8.3. Referentieprojecten
In de praktijk geldt dat voor de ondergrondse *heavy rail*-stations pragmatische ontwerpoplossingen worden gekozen. Deze oplossingen kennen vanuit formele regelgeving een aantal aandachtspunten:
- omvangrijke, niet gecompartimenteerde ondergrondse perrons, waarbij slechts beperkt sprake is van mogelijkheden voor rookbeheersing;
- aanmerkelijke vluchtafstanden binnen deze rookcompartimenten (perrons) naar een veilige zone (afstanden groter dan de wettelijke standaard grenswaarden volgens het Bouwbesluit);
- open verbindingen tussen het ondergrondse perronniveau en de bovengrondse stationshal, waardoor beide ruimtelijk één geheel vormen.

Voor enkele bestaande ondergrondse treinstations in Nederland is aangegeven hoe de rookbeheersing op perronniveau is verzorgd:
- station Rijswijk: slechts sprake van rookafvoer (rookluiken) in de stationshal;
- station Best: geen specifieke ventilatievoorzieningen opgenomen;
- station Blaak: de tunnelventilatie verzorgt tevens de rookbeheersing op de perrons.

Voor deze stations geldt dat de perron, stijgpunten en stationshal niet van elkaar zijn gescheiden. De loopafstanden binnen het perronniveau (en aansluitend naar de buitenlucht / het maaiveld) zijn in hun algemeenheid groter dan de standaard grenswaarden volgens het Bouwbesluit.

In de ontwerpen voor de nieuwe ondergrondse stations van de Noord/Zuidlijn-metro en Randstadrail is wel sprake van rookbeheersing op perronniveau en compartimentering tussen de niveaus. Op basis van gelijkwaardigheid wordt voldaan aan de regelgeving volgens het Bouwbesluit.

8.4. Toetsingssystematiek

Op basis van de wet- en regelgeving en vigerende voorschriften wordt ten aanzien van het veilig ontvluchten van het ondergronds station de volgende toetsingssystematiek voor TSD gehanteerd:

Veilige vluchtroute

Uitgangspunt voor het ontvluchtingssconcept van het station is zelfredzaamheid. De prestatie-eisen van het Bouwbesluit worden op basis van gelijkwaardigheid ingevuld met behulp van aanvullende voorzieningen in de vorm van een RWA-installatie en rookschermen, gegeven projectspecifieke maatgevende scenario's en brandomstandigheden. Hiermee wordt aangesloten op het basisprincipe van zowel Bouwbesluit alsook VEST ten aanzien van veilige ontvluchting. Dit levert de volgende benadering op:

- de benodigde ontvluchtingstijd wordt bepaald op basis van evacuatieberekeningen voor de betreffende maatgevende bezettingsgraadscenario´s (RSET, *Required Safe Egress Time*);
- de beschikbare ontvluchtingstijd wordt door middel van CFD-berekeningen van rookverspreiding bepaald, waarbij de zgn. tenability conditions (begaanbaarheidscriteria) als maatstaf gelden voor een veilige vluchtroute (ASET, *Available Safe Egress Time*).

Getoetst wordt vervolgens of ASET > RSET en dus of een veilige ontvluchting wordt geborgd.

Maximale ontvluchtingsduur

Daar het perronniveau, het mezzanine-stijgpunt en de stationshal als één rookcompartiment gelden zal de ontruimingseis van 15 min als toetsingswaarde voor het station als geheel worden gehanteerd.

Maximale vluchtafstand

Voor het ondergrondse perronniveau zal niet op alle locaties kunnen worden voldaan aan de standaardeisen voor vluchtafstanden (maximaal 30 m) tot de uitgang van het rookcompartiment. Daar sprake is van een RWA-installatie in het station is op basis van gelijkwaardigheid één groot compartiment met langere loopafstanden aanvaardbaar. Hierbij dient de volgende stijgpuntconfiguratie als uitgangspunt:

- tweezijdige ontvluchtingsmogelijkheden op elk deel van het perron (redundantie);
- een vluchtafstand tot het dichtstbijzijnde stijgpunt van maximaal 60 m.

8.5. Basisconcept

Rekening houdend met de benadering in de regelgeving en tegen de achtergrond van de referenties zijn bij de uitwerking van het station de volgende conceptuele keuzes gemaakt voor de ontvluchting:

- een veiligheidsconcept op basis van gelijkwaardigheid met de prestatie-eisen van het Bouwbesluit.
- het station zal bij incidenten (in de spoortunnel) als zgn. *safe haven* fungeren voor evacués;
- rook- en warmtebeheersing ter borging van acceptabele vluchtomstandigheden tijdens ontruiming:
  - perronniveau: RWA met downstands rondom stijgpunten;
  - stationshal: rookluiken (boven mezzanine).
- vluchtroutes en evacuatieprestatie
  - algemeen: vluchtroutes en evacuatieprestatie conform Bouwbesluit:
  - gelijkwaardige oplossing: op basis van rookbeheersing acceptatie van langere vluchtafstanden en -tijden dan de standaard Bouwbesluit-grenswaarden (ontvluchting van rookcompartiment binnen 1 min bij maximale loopafstanden van 30 m).
  - ontruimingsduur: het bouwwerk dient in maximaal 15 min ontruimd te kunnen worden.
  - ontruimingsalarmering (zie § 9.5.6)
- definitie van vluchtroute (jurisprudentie Raad van State):
  Het Bouwbesluit staat in beginsel alleen vaste trappen toe als onderdeel van een vluchtroute, geen roltrappen. De Raad van State heeft in het kader van het project Noord/Zuidlijn-metro (Amsterdam) geoordeeld dat stilstaande roltrappen (onder NZL-voorwaarden omtrent maatvoering, zoals tredebreedte, op- en aantrede) in het kader van ontvluchting gelijkwaardig zijn aan vaste trappen.

Het rookbeheersingsconcept staat toegelicht in Hoofdstuk 4 *Rookbeheersing tunnel en station*. Onderstaand wordt ingegaan op de ontvluchting in enge zin, dat wil zeggen loopstromen naar veilig gebied.

8.6. Uitgangspunten

8.6.1. Situatieschets station Delft

Het station Delft bestaat uit de volgende verblijfsniveaus:

- een stationshal gelegen op maaiveldniveau (NAP +1,6 m);
- een gezamenlijk tussenniveau (mezzanine) voor de stijgpunten vanaf de perrons (NAP –1,62 m);
- een fietsenstalling, hangend boven de sporen (NAP –2,12 m);
- twee ondergrondse eilandperrons (NAP –7,68 m) (viersporige eindsituatie).

8.6.2. Karakteristiek gebruik NS-station

Het station kenmerkt zich door het zeer tijdelijk huisvesten van een grote hoeveelheid mensen. Het aantal aanwezige personen wisselt sterk gedurende de dag (hoge pieken tijdens ochtendspits en stille tijden gedurende de nacht). In vergelijking met standaard gebouwen als kantoren, winkels en loodsen zal het gebouw zelf een lage brandbelasting kennen (sobere aankleding).

Bij een calamiteit (bijv. brand in een op het perron halterende trein) zullen er voldoende evacuatiemogelijkheden moeten zijn. De aanwezige personen moeten het station binnen een voldoende korte tijd kunnen verlaten. In het ondergrondse deel zal een Rook- en Warmteafvoerinstallatie (RWA) worden opgenomen. Dit zorgt er voor dat personen gedurende een langere tijd veilig kunnen vluchten. De rookbeheersing en afvoer van verbrandingswarmte verbetert ook de mogelijkheden voor hulpverlening.
De RWA zorgt ervoor dat er een (virtuele) compartimentering ontstaat tussen de ondergrondse perrons en de rest van het station (mezzanine en stationshal). De perrons zijn in drie RWA-secties opgeknipt: het noordelijk deel, het gedeelte onder de fietsenstalling en het zuidelijk deel. In dwarsrichting is er geen compartimentering voorzien.

In de transfersituatie wordt relatief veel afvoercapaciteit van de perrons naar de mezzanine en van de mezzanine naar de stationshal geboden door roltrappen. Om deze afvoercapaciteit van de perrons ook te kunnen gebruiken voor evacuatie dienen deze aan strenge eisen met betrekking tot betrouwbaarheid en weerstand tegen brand en temperaturen te voldoen (bijv. NFPA 130).

8.6.3. Vluchtroutes vanaf perronniveau

Het perronniveau vormt één groot rookcompartiment. Om dit compartiment binnen voldoende tijd en onder acceptabele omstandigheden te kunnen verlaten is het perronniveau voorzien van RWA in combinatie met voldoende gespreid aanwezige vluchtroutes. In aanvulling op de centrale stijgpunten via de mezzanine is op elke perronkop een vluchttrap naar maaiveld is halverwege het centraal stijgpunt en de zuidelijke perronkop een directe toegang tot de fietsenstalling (verderop besproken) opgenomen. Dit heeft de volgende gunstige veiligheidseffecten:

- reductie van loopafstanden over het perron (ook voor hulpdiensten);
- borgen van redundantie van vluchtroutes (bij blokkering van bijv. de mezzanine in een *worst case*-scenario van een zeer grote en snel ontwikkelende brand zijn er altijd meerdere alternatieve vluchtroutes beschikbaar, gespreid over het perron).
- meervoudige toetredingsroutes tot perronniveau voor de hulpdiensten (naast mezzanine, stalling).

Onderstaand worden de beschikbare vluchtroutes afzonderlijk besproken.

Vluchtroute via centraal stijgpunt naar mezzanine naar stationshal

Per perron zijn er twee stijgpunten naar de stationshal (één voor het noordelijk deel van het perron, en één voor het zuidelijk deel van het perron. Elk stijgpunt bestaat uit 1 roltrap en 1 vaste trap. De stijgpunten naar de stationshal komen samen op één gezamenlijk tussenniveau tussen perrons en stationshal, de zogenaamde mezzanine (zwevende vloer). Vanaf hier zijn deze routes beschikbaar:

- één breed stijgpunt (2 vaste trappen en 3 roltrappen) naar de stationshal.
- via loopbrug en toegangsdeuren naar fietsenstalling (boven sporen, NAP –2,12 m).

De mezzanine met toeleidende stijgpunten is asymmetrisch gesitueerd in de lengterichting van het perron. Circa ⅓ van de perronlengte bevindt zich ten noorden van de mezzanine en ⅔ ten zuiden daarvan. Op elk perron is – aan de zijkant van de mezzanine - één lift beschikbaar die een directe verbinding vormt tussen perron en stationshal. Deze lift vormt geen onderdeel van het primaire vluchtconcept, maar is wel relevant voor hulpverlening aan personen met een mobiliteitsbeperking.

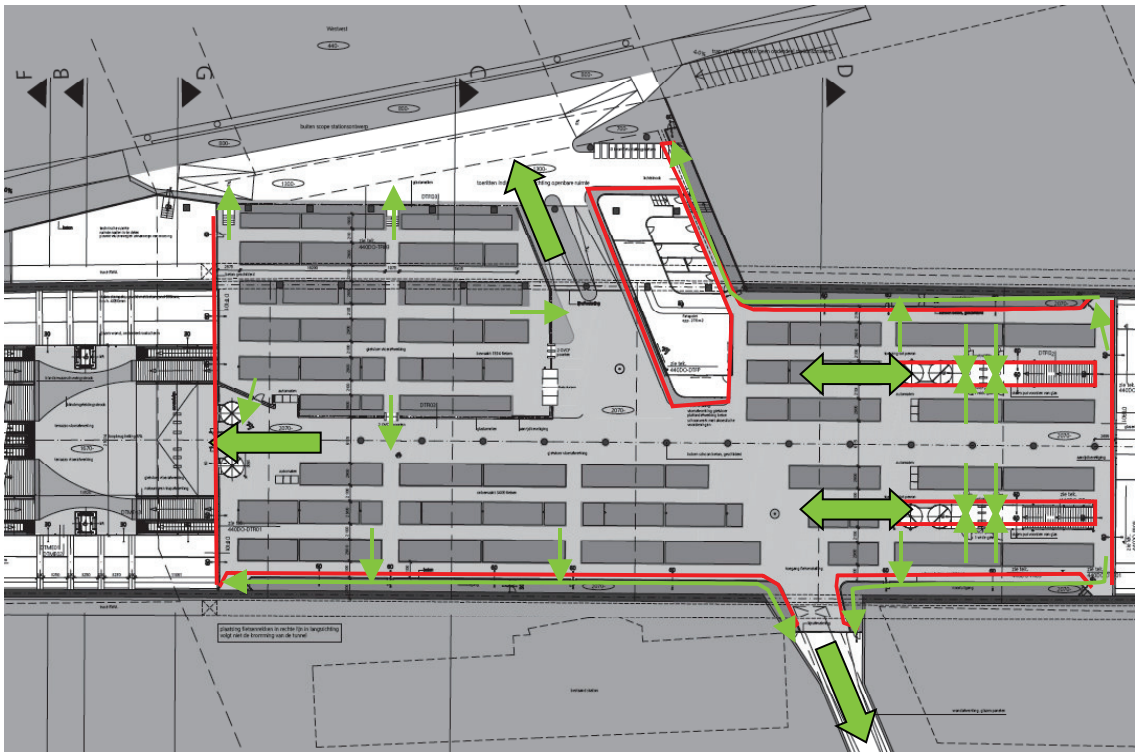
Vluchttrappen vanaf perronkoppen naar maaiveld
Op elke perronkop is een additionele vluchtroutes aanwezig:
- één vluchttrap aan de noordkop van het perron;
- één vluchttrap aan de zuidkop van het perron.

Deze vluchttrappen leiden direct naar maaiveld (bij de noordelijke nooduitgang eerst nog via een vluchtgang bovenlangs de sporen).

Vluchtroute via fietsenstalling
De fietsenstalling is toegankelijk vanuit het station zelf via twee routes:
- toegang vanaf de mezzanine (via loopbrug);
- stijgpunt voor directe toegang vanaf elk perron.

In het ontwerp is uit oogpunt van zowel transferfunctionaliteit als veiligheid een directe toegang opgenomen vanaf peron naar fietsenstalling. Deze trap maakt integraal onderdeel uit van het evacuatieconcept en dient daarom als veilige vluchtroute uitgevoerd te worden. De trap wordt gepositioneerd binnen de stallingcontour (dus ten noorden van de glazen scheidingswand tussen stalling en perronruimte).

Vanuit de stalling is er vervolgens zowel aan oost- als westzijde een uitgang naar de openbare ruimte (hellingbanen naar Stationsplein en directe omgeving). Binnen in de stalling zijn langs de wanden vluchtgangen opgenomen, leidend naar diezelfde uitgangen. Deze gangen dienen als vluchtroute bij een brand in de stalling zelf (zie ook onderstaande figuur).



Figuur 8-1 Beschikbare vluchtroutes uit de fietsenstalling (groene pijlen).

Het introduceren van deze extra opgang in het veiligheidsontwerp heeft de volgende consequenties:

- De maximale vluchtafstand voor het zuidelijk deel van het perron wordt gehalveerd naar ca. 55 m (helft van 110 m afstand tussen mezzaninestijgpunt en zuidelijke vluchttrap), waardoor de maximale looptijden in het rookcompartiment (perronniveau) sterk afnemen.
- De vluchtcapaciteit (conform Bouwbesluit) vanuit het perronniveau neemt afhankelijk van de gekozen trapbreedte (ca. 2, 75 m) met ca. 15% toe, waardoor een kortere doorstroomtijd uit het perronniveau wordt gerealiseerd (0,5 à 1 min korter). De wachtrijen voor de trappen naar de mezzanine nemen af. De verblijfduur van evacués op het perron neemt dus af. De toegang leidt tot een meer gespreide evacuatiecapaciteit, wat gunstig is uit oogpunt van redundantie van vluchtrichtingen.
- De fietsenstalling wordt uitgevoerd als apart brandcompartiment ten opzichte van het perronniveau. De toegang tot de stalling mag de brand- en rookscheiding met het perronniveau niet onderbreken. Rondom de trapvide wordt daarom een glazen brandcompartimentering aangebracht met brandwerende (draai)deuren.
- De toegang biedt een verbetering van de toetredingsmogelijkheden van de brandweer tot het perronniveau. De fietsenstalling zelf is direct bereikbaar vanuit de openbare ruimte (stallingtoegangen aan twee zijden), zodat de mogelijkheid bestaat de drukke vluchtroute via de stationshal en de mezzanine te vermijden.

De volgende overwegingen ten aanzien van het ontwerp worden nog genoemd:

- Bij een brand zal de ontwikkelde rook en warmte zich onder het plafond verzamelen. Met behulp van de RWA en rookschermen vanaf het plafond (downstands) rondom het stijgpunt naast de stalling wordt voorkomen dat reizigers die de trap opvluchten boven aan hete rookgassen worden blootgesteld. Hiermee wordt op gelijkwaardige wijze voldaan aan de Bouwbesluit-eis voor een compartimentering van de vluchtroute (opgemerkt wordt dat in sommige bovengrondse referentiesituaties deze trappen zich in open compartimenten bevinden).
- De trap naar de stalling heeft slechts een beperkt aandeel in totale vluchtcapaciteit, terwijl deze trap door de centrale positionering op het perron wel een aanzienlijke toeloop bij evacuatie kan tegemoet zien. De kans bestaat op congestie en belemmering van het vluchtproces, indien bovenaan de trap niet voldoende vervolgcapaciteit wordt geboden naar de eigenlijke stalling. Daarom zijn extra zijwaartse vluchtdeuren opgenomen ter vervanging van de draaideuren die noodzakelijk zijn voor beheersing van luchtstromen die ontstaan door het treinverkeer.
- Uit oogpunt van eenduidig vluchtconcept dient de stallingtrap altijd beschikbaar te zijn voor ontvluchting. Dit stelt eisen aan het beheer van de fietsenstalling en de mogelijkheden om de stalling buiten de exploitatie-uren te verlaten (naar openbare ruimte). Vanuit de stalling is een goede route voor voortgezette ontvluchting naar het maaiveld beschikbaar (stallinguitgangen naar buitenlucht).

Aansluitende vluchtroute via stationshal naar Stationsplein en buitenlucht

De bovengrondse stationshal (Mecanoo/LBP) en het Stationsplein valt buiten de TSD-scope. Omdat de inrichting van belang is voor de veiligheid van TSD volgt hier een summiere toelichting op het ontwerp.

In de stationshal staan rondom het stijgpunt vanaf de mezzanine OVCP-controlepoortjes. Deze moeten bij een ontruiming automatisch worden opengestuurd. Aansluitend zijn meerdere routes naar de openbare ruimte beschikbaar. De stationshal is geïntegreerd in het nieuwe stadskantoor (HNK), dat eigen evacuatieroutes heeft en geen gebruik maakt van de stationshal. In de hal zijn ook NS-servicebalies, kaartjesautomaten, commercie etc. opgenomen. De commerciële ruimten worden binnen een apart brandcompartiment (voorzien van sprinklerinstallatie) binnen de stationshal geplaatst. De stationshal is met een brandwerende wand gescheiden van de naastgelegen hal van het stadskantoor. Om de luchtsnelheden in de stationshal tijdens treinpassage te beperken zijn de uitgangen van de hal voorzien van grootformaat draaideuren. In geval van een ontruiming kunnen deze deuren worden opengeklapt, zodat een grote doorstroomcapaciteit beschikbaar komt (alternatief: opnemen extra nooddeuren naast elke draaideur). Op het Stationsplein zijn busplatform, tramhalte, taxistandplaats en “kiss & ride” voorziening. Tramhalte en stadscentrum zijn bereikbaar via enkele bruggen over de Westvestgracht. Er is hier voldoende ruimte om de evacués uit TSD en de bovengrondse stationshal op te vangen.

8.7. Analyses en berekeningen

8.7.1. Aanpak

Om de evacuatiemogelijkheden te toetsen zijn twee soorten berekeningen uitgevoerd:
- eenvoudige handberekeningen (Excel-spreadsheet);
- computersimulaties (STEPS).

In de handberekening is voor een aantal punten op de vluchtroute de tijdstippen berekend waarop de eerste en laatste reizigers het betreffende punt passeren. De gekozen punten zijn:
- stijgpunten van perron naar mezzanine;
- stijgpunt van mezzanine naar stationshal,
- OVCP-controlelijn (poortjes);
- uitgangen (draaideuren) in stationshal.

Er zijn evacuatiesimulaties uitgevoerd met het programma STEPS. Doel van de simulaties is tweeledig:
- verificatie van de ontruimingstijden zoals vastgesteld in de handberekeningen;
- nadere detailbeschouwing van het vluchtproces (onder meer lokale knelpunten).

Noot: STEPS (*Simulation of Transient Evacuation and Pedestrian movementS*) is ontwikkeld door Mott MacDonald Ltd. Het programma is onder andere gebruikt voor simulaties van reguliere voetgangersstromen en evacuaties voor de Londense metro (London Underground Ltd.), de Noord/Zuidlijn-metrostations, NS-station Amsterdam Centraal Station en IJ-zijde Amsterdam Centraal.

8.7.2. Scenario's

De bezettingsgraad van het station varieert sterk gedurende de dag. In de ochtendspits (07:00-09:00u) is deze aanzienlijk hoger dan 's avonds of 's nachts. Voor de toetsing van de evacuatietijden van het station worden de volgende scenario's voor de bezettinggraad maatgevend geacht:

A. Piek in de ochtendspits;
B. Piek in de ochtendspits bij verstoorde dienstregeling.

Deze scenario's zijn voor twee exploitatiefasen beschouwd, zie onderstaande tabel.

Tabel 8-1 Scenarioanalyse: beschouwde exploitatiefasen.

Fase	Karakterisering	Aantal perrons	Spreiding groep evacués	Punt op hoofdvluchtroute met maatgevende doorstromingscapaciteit
Fase 1	tweesporig	1 eilandperron	totale evacuatie vanaf 1 perron	stijgpunt perron-mezzanine
Fase 2	viersporig	2 eilandperrons	evacuatie verdeeld vanaf 2 perrons	stijgpunt mezzanine-verdeelhal

8.8. Uitwerking scenario's

8.8.1. Inleiding

De totale bezetting van het treinstation is opgebouwd uit de volgende componenten:
- bezetting van perron(s) (overwegend wachtende reizigers);
- bezetting van te ontruimen trein(en);
- bezetting van mezzanine, stationshal en fietsenstalling.

8.8.2. Perronbezetting: aantal wachtenden per trein

Op het perron bevinden zich reizigers die in afwachting zijn van hun trein. De perronbezetting is afhankelijk van het aantal wachtenden voor de eerstvolgende trein of treinen waarmee men wil meereizen. Het aantal wachtenden voor een bepaalde trein is gebaseerd op twee bronnen:
- aantal instappers uit NVVP-prognoses 2020 (*Nationaal Verkeers- en Vervoersplan 2001-2020*).

- het aantal in- en uitstappers in de 2-uurs ochtendspits en de verhouding tussen ochtendspits, avondspits en dagtotalen volgens prognoses van ProRail (gegevens m.b.t. reizigersaantallen, treinfrequenties en aantal in- en uitstappers, brief ProRail Capaciteitsplanning, 24 april 2003).

Enkele details zijn op basis van mondeling overleg met ProRail Capaciteitsplanning nader ingevuld.

Voor beide perrons in Fase 2 (viersporigheid) is op basis van het in- en uitstapgedrag bepaald hoe groot de groep wachtenden is voor een stoptrein (AR-materieel) of een interregiotrein (IR-materieel). Dit is gedaan zowel voor een gemiddelde situatie in de ochtendspits als voor de piek in de ochtendspits. (Onder *Scenario's* wordt dit uitgewerkt tot een bezetting voor het perronniveau als geheel).

Totalen in ochtendspits

Voor station Delft geldt een totaal van 37.900 in- en uitstappers per dag in 2020. Een kwart (25%) hiervan betreft de ochtendspits (opgave ProRail). Onderstaand is het totaal aantal in- en uitstappers in de ochtendspits vermeld voor elk van beide treintypes.

Tabel 8-2 Ochtendspits: totaal aantal in- en uitstappers per trein (2 uur) en treinfrequentie (prognose 2020).

4-sporigheid	Perron 1		Perron 2	
Prognose 2020	AR-Gv	IR-Gv	AR-Rtd	IR-Rtd
Instappers	668	1.759	779	2.012
Uitstappers	732	1.518	487	1.520
Treinfrequentie	6 treinen per uur	6 treinen per uur	6 treinen per uur	6 treinen per uur

Gemiddelde trein in de ochtendspits

Hieruit zijn direct de gemiddelde aantallen in- en uitstappers voor elk treintype bepaald.

Tabel 8-3 Ochtendspits: gemiddeld aantal in- en uitstappers per trein en opvolgtijden van treinen (prognose 2020).

4-sporigheid	Perron 1		Perron 2	
Prognose 2020	AR-Gv	IR-Gv	AR-Rtd	IR-Rtd
Instappers	56	147	65	168
Uitstappers	61	127	41	127
Treinopvolgtijd	10 min	10 min	10 min	10 min

Piektrein in de ochtendspits

Het maximaal aantal uitstappers in de piek van de ochtendspits is 270 personen per trein (mondelinge opgave ProRail Capaciteitsplanning). Dit betekent een piekfactor (ook wel: *surge factor*) voor de drukste trein (IR) van 270 / 127 = 2,12 (maximum / gemiddeld aantal uitstappers). Deze factor is vervolgens toegepast om het aantal in- en uitstappers van àlle treinen in piek in de ochtendspits te berekenen.

Tabel 8-4 Piek in ochtendspits: maximaal aantal in- en uitstappers per trein en opvolgtijden van treinen (prognose 2020).

4-sporigheid	Perron 1		Perron 2	
Prognose 2020	AR-Gv	IR-Gv	AR-Rtd	IR-Rtd
Instappers	118	312	128	356
Uitstappers	269	130	86	269
opvolgtijd	10 min	10 min	10 min	10 min

8.8.3. Treinbezetting

Volgens de NVVP-prognoses voor 2020 halteren per uur per perron 6 interregiotreinen (IR-materieel) en 6 stoptreinen (AR-materieel). De aangehouden maximale bezetting van deze treinen is:

- IR-materieel (12 bakken): 1.434 personen (acceptabel-norm; bij ca. 1.100 zitplaatsen);
- AR-materieel (10 bakken): 1.210 personen (vol-norm).

In de simulatie is het uitstappen uit de trein niet gemodelleerd, aangezien dit niet maatgevend is: de uitstapcapaciteit van de trein is aanzienlijk groter dan de capaciteit van de stijgpunten op perronniveau.

8.8.4. Bezetting van mezzanine, stationshal en fietsenstalling

In de evacuatieberekeningen is de bezetting van mezzanine, stationshal en fietsenstalling niet opgenomen, aangezien deze geen invloed heeft op de uiteindelijke evacuatietijden. Deze wordt hier ook niet verder uitgewerkt. De personen op de mezzanine en in de stationshal zijn al geëvacueerd vóórdat de personen vanaf het perronniveau de mezzanine en de stationshal hebben bereikt. De bezetting van de fietsenstalling is zeer laag ten opzichte van de andere bijdragen en de stalling heeft eigen vluchtroutes.

8.8.5. Scenario's Fase 1 (tweesporigheid)

Het maatgevende scenario voor Fase 1 betreft:

- treinbezetting: 2 gelijktijdig te evacueren treinen met maximale IR-treinbezetting volgens acceptabel-norm (er kunnen maximaal 2 treinen tegelijkertijd halteren op het station).
- perronbezetting: totaal aantal geprognosticeerde instappers van 2 AR-treinen plus 2 IR-treinen conform viersporige situatie (conservatieve benadering). Gelijkmatige verdeling over perronlengte.

In scenario B met verstoorde dienstregeling is het aantal instappers van de drukste IR-trein verdubbeld (meer wachtenden op het perron door uitval van een IR-trein). De treinbezetting blijft ongewijzigd.

Tabel 8-5 Fase 1 (tweesporigheid): te evacueren perron- en treinbezetting.

Scenario Fase 1 (2-sporigheid)	Wachtenden / treinbezetting	A. Piek in ochtendspits	B. Piek in ochtendspits bij verstoorde dienstregeling
Perron 1	- wachtenden op perron (instappers 2x AR + 2x IR)	118 + 312 + 128 + 356 = 914	118 + 312 + 128 + 2x 356 [1] = 1.270
	- treinbezetting (inzittenden 2x IR)	2x 1.434 = 2.868	2 x 1.434 = 2.868
Perron 2	- n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Perronniveau	**Totaal (pers)**	**3.782**	**4.138**

[1] verdubbeling van aantal wachtenden op perron voor de drukste trein (IR) als gevolg van verstoorde dienstregeling.

De in bovengenoemde scenario's in rekening gebrachte bezettingsgraad van het perronniveau (in totaal 3.782 resp. 4.138 pers uit perron en treinen) is zwaarder dan de perronbezetting volgens de zwaarste bezettingsgraadklasse B1 uit het Bouwbesluit: de rekenwaarde van de perronbezetting is daar 3.060 pers (op basis van een personendichtheid van 1,2 m²/pers en een perronoppervlak van ca. 340 (l) x 10,8 (b) = 3.670 m²).

8.8.6. Scenario's Fase 2 (viersporigheid)

In Fase 2 zijn twee eilandperrons in gebruik en kunnen er maximaal 4 treinen tegelijk halteren op het station. Uitgangspunt is echter dat tijdens een calamiteit in de tunnel of op het station getracht zal worden om de achteropkomende treinen buiten de tunnel tot stilstand te brengen en dus niet de tunnel in te laten rijden. In een incidentsituatie zullen dan niet meer dan 2 treinen tegelijk halteren conform Fase 1. Ook voor Fase 2 is in scenario B het aantal instappers van de drukste IR-trein verdubbeld.

Het totaal aantal te evacueren personen is ongewijzigd ten opzichte van Fase 1. In Fase 2 zijn er echter twee perrons in gebruik, waardoor de beschikbare doorstroomcapaciteit van perron naar mezzanine en van de nooduitgangen op de perronkoppen naar maaiveld verdubbeld is ten opzichte van Fase 1. Hierdoor neemt de belasting op het gezamenlijk stijgpunt mezzanine-stationshal sterk toe. Aangezien de capaciteit van het stijgpunt mezzanine-stationshal en van de uitgangen van de stationshal (geopende draaideuren) ongewijzigd zijn zal de druk op deze punten in de vluchtroute oplopen.

Tabel 8-6 Fase 2 (viersporigheid): te evacueren perron- en treinbezetting.

Scenario Fase 2 (4-sporigheid)	Wachtenden / treinbezetting	A. Piek in ochtendspits	B. Piek in ochtendspits bij verstoorde dienstregeling
Perron 1	- wachtenden (instappers 1x AR + 1x IR)	118 + 312 = 430	118 + 312 = 430
	- treinbezetting (inzittenden 1x IR)	1.434	1.434
Perron 2	- wachtenden (instappers 1x AR + 1x IR)	128 + 356 = 484	128 + 2 x 356 [1] = 840
	- treinbezetting (inzittenden 1x IR)	1.434	1.434
Perronniveau	**Totaal (pers)**	**3.782**	**4.138**

[1] verdubbeling van aantal wachtenden op perron voor de drukste trein (IR) als gevolg van verstoorde dienstregeling.

8.9. Modellering

8.9.1. Geometrisch model

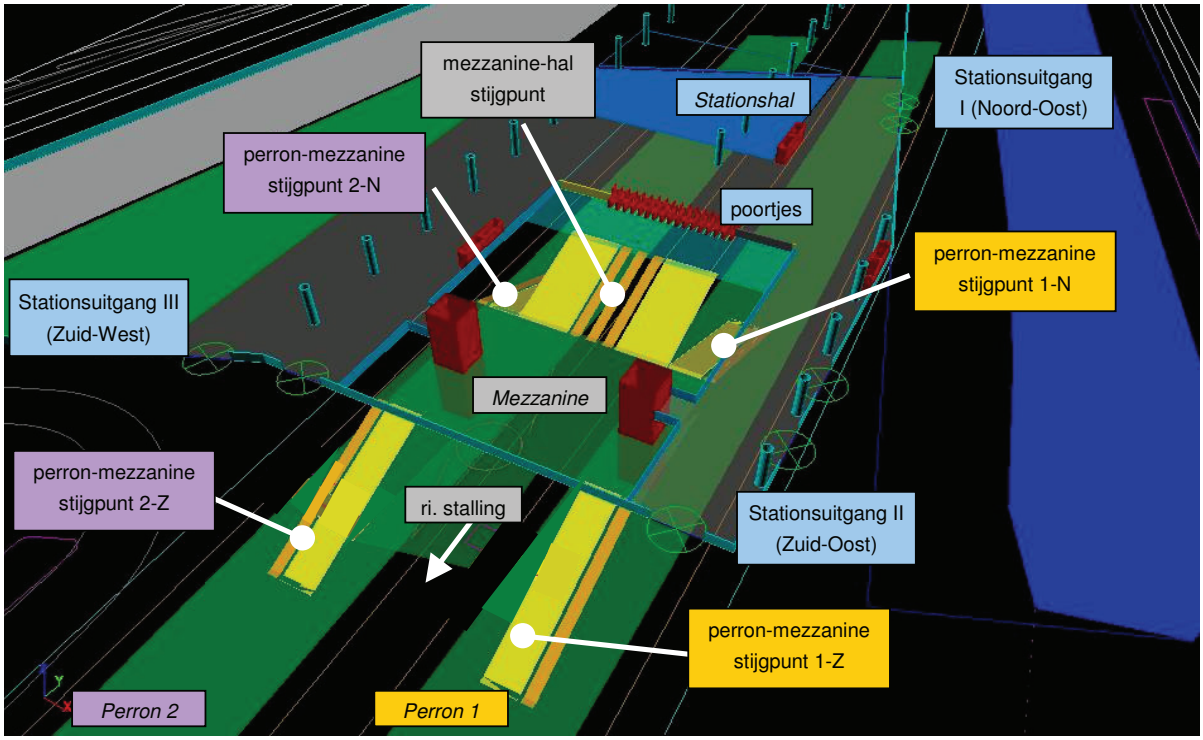
In het model worden 3 verblijfsniveaus te onderscheiden met daartussen stijgpunten.

Tabel 8-7 STEPS-simulatiemodel station Delft: gehanteerde geometrie.

Onderdelen stationsmodel	Waarde	Toelichting
Twee eilandperrons (NAP –7,68 m), met ieder:		
- 2 stijgpunten naar de mezzanine, met elk:	6,1 m	klimhoogte
- 1 vaste trap	3,0 m	tredebreedte
- 1 roltrap	1,0 m	tredebreedte
- 2 vluchttrappen naar maaiveld (perronkoppen):	6,1 m	klimhoogte
- noordelijke perronkop: 1 vaste trap	2,5 m	tredebreedte
- zuidelijke perronkop: 1 vaste trap	2,5 m	tredebreedte
- vluchtgang dwars boven sporen (perronkop zuid)	2,0 m	gangbreedte
- 1 stijgpunt naar fietsenstalling (NAP –2,12):	5,6 m	klimhoogte
- 1 vaste trap	2,75 m	tredebreedte
Mezzanine (NAP -1,62 m), met:		
- stijgpunt naar de stationshal:	3,2 m	klimhoogte
- 3 roltrappen, ieder:	1,0 m	tredebreedte
- 2 vaste trappen, ieder	4,5 m	tredebreedte
- 2 vluchtdeuren naar fietsenstalling (via loopbrug), ieder;	1,0 m	deurbreedte
Stationshal op maaiveldniveau (NAP +1,6 m), met:		
- OVCP-controlelijn (poortjes);	PM	aantal (DO Mecanoo)
- uitgangen (draaideuren) (evt. met extra nooddeuren)	PM	aantal (DO Mecanoo)

De bovengrondse stationshal valt buiten de scope van het project TSD.

In onderstaande figuur is een overzicht gegeven van het mezzaninestijgpunt (roltrappen en vaste trappen) en de stationsuitgangen (draaideuren in stationshal) zoals opgenomen in het computermodel.



Figuur 8-2 STEPS-simulatiemodel station Delft: mezzanine met stijgpunten en stationshal met uitgangen (Fase 2).

8.9.2. Loopsnelheden

De totale groep evacués is samengesteld uit 3 persoonstypen met een verschillende loopsnelheid: langzaam (15%), gemiddeld (70%) en snel (15%). De verhouding van de snelheden tussen de deelgroepen is 1 :1,2 : 1,4. In de handberekening zijn alleen de laagste snelheden gehanteerd omdat deze de maatgevende evacuatieduur opleveren. In de computersimulatie zijn wel alle groepen gemodelleerd.

Personen met een mobiliteitsbeperking zijn niet apart gemodelleerd. Door de geringe aantallen en de redundantie in vluchtrichtingen voor de groep evacués als geheel (spreidingsmogelijkheden) zijn deze niet van invloed op de reizigersstromen via (rol)trappen en nooduitgangen. Ook vallen deze gedeeltelijk binnen de groep langzame personen. Deze personen kunnen onder begeleiding van de brandweer gebruik kunnen maken van de lift. De loop- en klimsnelheden zijn weergegeven in Tabel 8-8.

Tabel 8-8 Persoonstypen: aandeel in bezetting en loop- en klimsnelheden.

Aandeel/ Snelheden	Langzaam	Gemiddeld	Snel	Bron
Aandeel in bezetting	15%	70%	15%	
Horizontaal vloerdeel	1,0 m/s	1,2 m/s	1,4 m/s	Railned (nieuwbouwnorm Basisstation)
Vaste trap (α = 30°)	0,254 m/s	0,305 m/s	0,356 m/s	verticale klimsnelheid (NFPA 130: $V_{verticale\ projectie}$ = 0,254 m/s)
	0,42 m/s	0,5 m/s	0,58 m/s	klimsnelheid over horizontale projectie van trap
Draaiende roltrap	0,65 m/s	0,65 m/s	0,65 m/s	snelheid bij stilstaan op draaiende roltrap (NEN-EN 115)

8.9.3. Doorstroomcapaciteiten

In onderstaande Tabel 8-9 zijn de gehanteerde doorstroomcapaciteiten van de vaste trappen, roltrappen, OVCP-poortjes en draaideuren weergegeven.

Tabel 8-9 Onderdeel vluchtroute: doorstroomcapaciteiten gehanteerd in simulatie.

Onderdeel vluchtroute	Situatie	Waarde	Bron
Vaste trap	Evacuatie (maximaal)	45 pers/m/min	Bouwbesluit (B- trap >1,1 m)
Roltrap	Draaiend	100 pers/min	NEN-EN 115 (1 pers/trede, v = 0,65 m/s)
	Stilstaand	50 pers/min	Proefnemingen TNO / Raad van State inz. NZL
Controlepoortje (OVCP)	Regulier functionerend	30 pers/min	Fabrikant (Boon te Edam)
	Evacuatie (open)	50 pers/min	
Draaideur ∅ 4,8m	Transfer (draaiend)	60 pers/min	Fabrikant (Boon te Edam)
	Evacuatie (open)	180 pers/min	

De capaciteit van de draaideuren tijdens evacuatie (openstaand en niet draaiend) is bepaald met behulp van constructietekeningen van een draaideur met vouwbare vleugels en de doorstroomcapaciteit van een normale deuropening (2,4 pers/m/min) uit het *Brandbeveiligingsconcept Gebouwen met een publieksfunctie* (Ministerie van Binnenlandse Zaken, Directie Brandweer en Rampenbestrijding, Afdeling preventiebeleid, mei 1995). Omdat de doorstroming door de geopende draaideur niet optimaal is (gekromde looplijn en uitstekende deurdelen) is deze waarde met 50% gereduceerd (conservatief).

8.9.4. Vluchtgedrag

De volgende uitgangspunten liggen ten grondslag aan de modellering van het vluchtgedrag:

- Er is geen sprake is van significante belemmering van het vluchtproces door de aanwezigheid van rook in het verblijfsgebied tijdens de evacuatie. Om deze aanname te kunnen rechtvaardigen dienen de evacués het station te kunnen verlaten vóórdat rook een reële bedreiging gaat vormen. Uit vergelijking van de berekende ontruimingstijden met de uitkomsten van de CFD-berekeningen (zie Hoofdstuk 4) blijkt dat inderdaad het geval is. Er wordt daarom geen (tijdsafhankelijke) reductie van de loopsnelheden o.i.d. toegepast. Hierbij wordt opgemerkt dat de gehanteerde loopsnelheden in de ontruimingsberekeningen reeds conservatief gekozen zijn. Dit betekent dat enige vertraging van personen als gevolg van blootstelling aan ontwikkelde rook reeds is verdisconteerd.

- Paniek (irrationeel gedrag) kan het evacuatieproces nadelig beïnvloeden. Dit gedrag is echter niet als zodanig modelleerbaar. Mogelijke ongunstige effecten zijn verdisconteerd door middel van conservatieve aannamen ten aanzien van vluchtgedrag en doorstroomcapaciteit van vluchtroutes.

- In de handberekening is ervan uitgegaan dat de aanbodstromen zich per verblijfsniveau spreiden over de vluchtroutes naar rato van de beschikbare doorstroomcapaciteit (de doorstroomtijd is maatgevend ten opzichte van de looptijd). Dit is in lijn met de uitgangspunten van het Bouwbesluit.

- In het computermodel stellen de personen gedurende de gehele simulatie steeds opnieuw vast welke route de meest gunstige is om het verblijfsniveau waarop ze zich op dat moment bevinden (bijv. perron of mezzanine) te verlaten. Deze route wordt primair berekend op basis van de te verwachte loop- en wachttijden (de kortste tijd bepaalt de voorkeur). Echter, ook van invloed is de afweging tussen de wachttijd in een rij versus de eventuele tijdwinst die men kan realiseren door uit een wachtrij te stappen en door te lopen naar een verderop gelegen uitgang die minder druk is.

8.10. Rekenresultaten

8.10.1. Handberekende ontruimingstijden Fase 1 en 2

In onderstaande tabel zijn de handberekende evacuatietijden weergegeven voor Fase 1 (één eilandperron in gebruik) en Fase 2 (twee eilandperrons in gebruik).

Er zijn de volgende scenario's doorgerekend inzake beschikbaarheid van de roltrappen van perronniveau naar mezzanine:

I. Alle roltrappen zijn beschikbaar en draaien.
II. Alle roltrappen zijn beschikbaar en staan stil (begaanbaar als vaste trap).
III. Alle roltrappen zijn beschikbaar en draaien, met uitzondering van 1 roltrap per niveau (dus op één perron en op de mezzanine) die in onderhoud is (niet beschikbaar).

Tabel 8-10 Station Delft: handberekende ontruimingstijden (min) voor Fase 1 (tweesporigheid) en Fase 2 (viersporigheid).

Ontruimingstijden (min) - Handberekening	Fase 1 (tweesporigheid)		Fase 2 (viersporigheid)	
Scenario werking roltrappen	A. Piek in ochtendspits	B. Verstoorde dienstregeling	A. Piek in ochtendspits	B. Verstoorde dienstregeling
I. Alle roltrappen beschikbaar en draaiend				
· Perron 1 ontruimd	5,0	5,5	2,7	2,7
· Perron 2 ontruimd	n.v.t.	n.v.t.	2,7	3,2
· Mezzanine ontruimd	5,5	5,9	3,2	3,6
· Stationshal ontruimd	6,6	7,1	4,4	4,8
II. Alle roltrappen beschikbaar en stilstaand				
· Perron 1 ontruimd	5,7	6,2	3,0	3,0
· Perron 2 ontruimd	n.v.t.	n.v.t.	3,1	3,6
· Mezzanine ontruimd	6,2	6,7	3,6	4,1
· Stationshal ontruimd	7,4	7,9	4,7	5,2
III. 1 roltrap buiten gebruik (onderhoud), rest draaiend				
· Perron 1 ontruimd	5,7	6,2	2,7	2,7
· Perron 2 ontruimd	n.v.t.	n.v.t.	3,1	3,6
· Mezzanine ontruimd	6,1	6,6	3,5	4,0
· Stationshal ontruimd	7,3	7,8	4,7	5,2

Fase 1

In Fase 1 (één perron in exploitatie) is in de piek van de ochtendspits (A) het perron ontruimd in maximaal ca. 6 min, de stationshal is geëvacueerd in maximaal ca. 8 min. In deze fase wordt de ontruimingstijd voornamelijk bepaald door de totaalcapaciteit van de (rol)trappen van het in gebruik zijnde perron naar de mezzanine plus de nooduitgangen op de beide perronkoppen naar maaiveld. De totale ontruimingstijd van het station bestaat voor een relatief groot deel (ca. ¾) uit ontruimingstijd van het perron (tevens verblijftijd op perronniveau).

De vluchtomstandigheden van personen op het perron wordt gedurende de ontruiming geborgd door middel van de RWA-installatie in combinatie met downstands rondom de stijgpunten (zowel bij mezzaninestijgpunten als nooduitgangen). De totale ontruimingstijd van het station is veel kleiner dan 15 min.

De evacuatietijden berekend voor de situatie met stilstaande roltrappen en de situatie met draaiende roltrappen en 1 roltrap buiten gebruik (o.a. onderhoud) zijn gelijk. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat de totaalcapaciteit van de (rol)trappen van het perron naar de mezzanine in beide situaties gelijk is (één draaiende roltrap plus één roltrap niet beschikbaar is ongeveer gelijk aan twee stilstaande roltrappen).

Fase 2
De ontruimingstijden in Fase 2 (twee perrons in exploitatie) zijn korter dan in Fase 1. De personen zijn nu gespreid aanwezig over de twee perrons. Er is een dubbele capaciteit voor de ontruiming van het perronniveau naar mezzanine (maar niet naar stationshal). Dientengevolge halveert belasting per vluchtroute vanaf perronniveau en de ontruimingstijd van de perrons ruwweg.

Op de mezzanine komen nu de evacuéstromen vanaf twéé perrons samen (tegenover één perron in Fase 1). De totale afvoercapaciteit vanaf de mezzanine (naar de stationshal en de fietsenstalling) is echter ongewijzigd. Aangezien deze iets kleiner is dan de totale aanvoer vanaf beide perrons, ontstaat een wachtrij op de mezzanine van maximaal 125 pers (zwaarste scenario B). Deze wachtrij heeft echter geen gevolgen voor de ontruimingstijd van de mezzanine als geheel naar de stationshal aangezien de wachtrij eerder is weggewerkt dan de aanvoer vanaf perron 2 eindigt.

De evacuatie van het station zal dus in Fase 2 ca. 2,5 min sneller verlopen dan in Fase 1. Deze verkorting komt geheel voor rekening van de kortere doorstroomtijd (wacht- / verblijftijd) uit het perronniveau.

Een eventuele verstoring in de dienstregeling verlengt de ontruimingstijden met ca. 0,5 min. De beperkte omvang van deze toename wordt veroorzaakt door het feit dat er in het scenario piek in de ochtendspits reeds conservatief gerekend wordt met volle treinen (acceptabelnorm ProRail). Het totaal aantal te evacueren personen op perronniveau neemt dientengevolge slechts toe door een verdubbeling van het aantal wachtenden voor één trein per perron.

8.10.2. Afwijkend model in STEPS-computersimulatie
Sinds de uitvoering van de STEPS-computersimulatie (2005) is het vluchtconcept (mede op basis van de simulatieresultaten) op enkele punten verbeterd. In het STEPS-stationsmodel waren deze verbeteringen dus nog niet doorgevoerd. De STEPS-uitkomsten zijn daardoor minder gunstig dan de prestaties van het uiteindelijke ontwerp (getoetst in handberekening). De STEPS-uitkomsten zijn echter wel bruikbaar als toetsing van de robuustheid van het eindontwerp. Dit wordt onderstaand toegelicht.

In het STEPS-stationsontwerp wijkt het perronniveau als volgt af (van het eindontwerp/DO):
- De opgang van perron naar de fietsenstalling ontbrak nog. De twee nooduitgangen vanaf elk perron direct naar maaiveld waren wél al opgenomen.
- De zuidelijke nooduitgang was gepositioneerd halverwege de uiteindelijke DO-posities van de zuidelijke nooduitgang en de opgang naar de fietsenstalling.

In het DO zijn een aantal loopafstanden en uitgangsbreedtes op perronniveau dus gewijzigd (zie onderstaande tabel). De trapcapaciteit op het zuidelijk perrondeel is toegenomen met 75% (van 3,0 naar 5,25 m) en de maximale loopafstand is met 10 m gereduceerd. Op het noordelijk perrondeel is de trapcapaciteit met 60% toegenomen (van 1,55 naar 2,5 m). De mezzaninestijgpunten zijn ongewijzigd gebleven. Ontwerpwijzigingen elders in het station hebben geen gevolgen voor de ontruimingstijd gehad.
De gehanteerde bezettingsgraad is beide modellen gelijk.

Tabel 8-11 Vergelijking van stationsmodel in computersimulatie / handberekening.

Onderdelen vluchtroute	Voorlopig ontwerp (computersimulatie)	Definitief Ontwerp (handberekening)
Perrondeel ten noorden van mezzanine		
- breedte nooduitgang perronkop Noord	1,55 m	2,5 m
- maximale loopafstand over perron	35 m	35 m
Mezzanine	beide ontwerpen gelijk	beide ontwerpen gelijk
Perrondeel ten zuiden van mezzanine		
- breedte nooduitgang perronkop Zuid	3,0 m	2,5 m
- breedte directe opgang fietsenstalling	-	2,75 m
- maximale loopafstand over perron	65 m	55 m

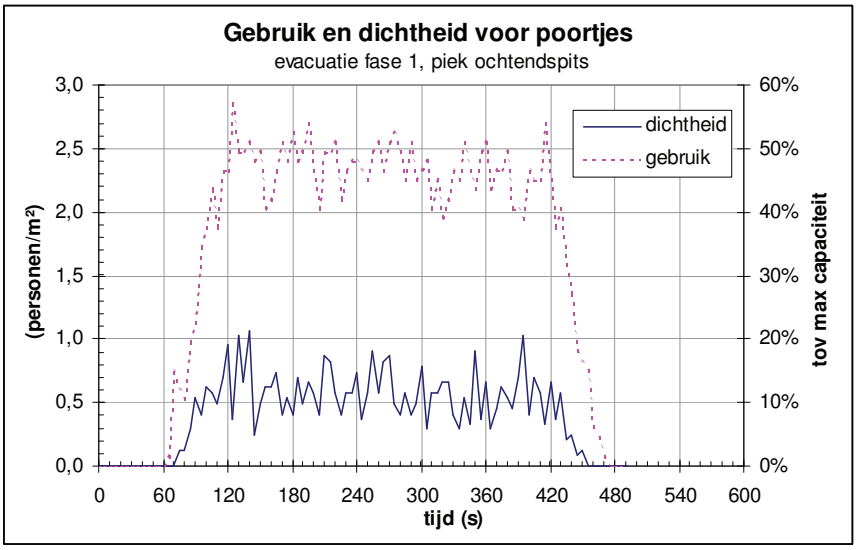
8.10.3. Computerberekende ontruimingstijden Fase 1

In onderstaande tabel zijn de met computersimulaties berekende evacuatietijden weergegeven (2005). De tweesporige situatie (Fase 1, één perron in gebruik) is gesimuleerd voor de situatie met alle roltrappen draaiend. De Fase 2 (twee perrons) – gunstiger voor perronontruiming door beschikbaarheid van twee in plaats van één stijgpunt naar de mezzanine - is ook gesimuleerd.

Tabel 8-12 Station Delft: computerberekende ontruimingstijden (min) voor Fase 1 (tweesporigheid).

Ontruimingstijden (min) - Computerberekening	Fase 1 (2-sporigheid)		Fase 2 (4-sporigheid)	
Scenario werking roltrappen	A. Piek in ochtendspits	B. Verstoorde dienstregeling	A. Piek in ochtendspits	B. Verstoorde dienstregeling
I. Alle roltrappen beschikbaar en draaiend				
· Perron 1 ontruimd	6,3		5,8	
· Perron 2 ontruimd	n.v.t.	n.v.t.		
· Mezzanine ontruimd	7,2			
· Stationshal ontruimd	8,2		7,7	

In onderstaande tabel staat het gebruiksniveau van de OVCP-poortjes in de stationshal vermeld. Ook is in de figuur opgenomen welke dichtheden zich in het gebied vóór de OVCP-controlelijn ontwikkelen.



Figuur 8-3 Station Delft: computerberekend gebruik (benuttingsgraad) en dichtheid voor OVCP-poortjes in stationshal (Fase 1, tweesporigheid; scenario A. Piek in ochtendspits).

8.11. Nadere beschouwing van resultaten

8.11.1. Vergelijking ontruimingsberekeningen

In onderstaande tabel worden de handberekende en computerberekende ontruimingstijden vergeleken.

Tabel 8-13 Station Delft: vergelijking van berekende ontruimingstijden (min) voor Fase 1 (tweesporigheid).

Ontruimingstijden (min)	Fase 1 (tweesporigheid)		Fase 1 (tweesporigheid)	
Hand-/computerberekening	Handberekening		Computersimulatie	
Scenario werking roltrappen	A. Piek in ochtendspits	B. Verstoorde dienstregeling	A. Piek in ochtendspits	B. Verstoorde dienstregeling
I. Alle roltrappen beschikbaar en draaiend				
· Perron 1 ontruimd	5,0	5,5	6,3	-
· Perron 2 ontruimd	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
· Mezzanine ontruimd	5,5	5,9	7,2	-
· Stationshal ontruimd	6,6	7,1	8,2	
II. Alle roltrappen beschikbaar en stilstaand				
· Perron 1 ontruimd	5,7	6,2	-	-
· Perron 2 ontruimd	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
· Mezzanine ontruimd	6,2	6,7	-	-
· Stationshal ontruimd	7,4	7,9		
III. 1 roltrap buiten gebruik (onderhoud), rest draaiend				
· Perron 1 ontruimd	5,7	6,2	-	-
· Perron 2 ontruimd	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
· Mezzanine ontruimd	6,1	6,6	-	-
· Stationshal ontruimd	7,3	7,8		

Het verschil in perronontruimingstijd tussen handberekening en STEPS-simulatie (5,0 versus 6,3 min, dus ca. 25%) wordt veroorzaakt door een iets andere verdeling van evacués over de vluchtroutes vanaf het perron en het nog ontbreken van de fietsenstallingopgang in het STEPS-ontwerp (zie Tabel 8-14).

In de handberekeningen wordt uitgegaan van een 'ideale' verdeling van de evacuatiestromen over de vluchtroutes naar rato van het aandeel van iedere vluchtroute in de totale vluchtcapaciteit (verdeling op basis van beschikbare capaciteit). Dit betekent dat gedurende de ontruimingsduur de capaciteit van elke vluchtroute dan maximaal benut wordt. Omdat zowel de bezetting (personendichtheden) als de beschikbare vluchtroutes gespreid aanwezig zijn over de perronlengte is dit een acceptabele benadering (acceptabel in de zin dat de afwijking van een in de praktijk te verwachten verdeling voldoende klein is).

Tabel 8-14 Station Delft: verdeling (%) van totale personengroep op perronniveau over vluchtroutes (Fase 1, tweesporigheid; scenario A. Piek in ochtendspits).

Verdeling over vluchtroutes perronniveau	Handberekening (verdeling o.b.v. beschikbare capaciteit)	Computersimulatie (verdeling o.b.v. afweging van loop- en wachttijd)
Nooduitgang op perronkop Noord	14 %	7 %
Stijgpunten naar mezzanine		
- Trap 1-N	17 %	19 %
- Roltrap 1-N	12 %	15 %
- Trap 1-Z	17 %	22 %
- Roltrap 1-Z	12 %	16 %
- *Subtotaal naar mezzanine*	*58%*	*72%*
Stijgpunt naar fietsenstalling	15 %	*(niet in STEPS-model opgenomen)*
Nooduitgang op perronkop Zuid	14 %	21 %
Totaal	***100%***	***100%***

De verdeling volgens de simulatie - die ook de mogelijke tijdwinst uit een vergelijking van alternatieve routes verdisconteert - komt sterk overeen met de handberekening. Dit ondersteunt de uitgangspunten van de gekozen handberekeningsmethodiek. Hierbij dient men in gedachten te houden dat in de handberekening een extra vluchtroute vanaf perronniveau is opgenomen: de opgang naar de fietsenstalling.

De nooduitgang op de noordelijk perronkop wordt in STEPS aanzienlijk minder gebruikt, waarschijnlijk doordat de grote geboden capaciteit bij het centrale mezzaninestijgpunt rekentechnisch zwaar weegt en daar dus meer personen het perron uitstromen. Trap en roltrap 1-Z (zuidzijde) worden in STEPS model relatief meer gebruikt dan 1-N (noordzijde) door ontbreken van de gunstige stallingopgang.

8.11.2. Perrons

Elk perron heeft 2 reguliere stijgpunten die ook in de transfersituatie gebruikt worden: de stijgpunten via de mezzanine en de stalling. Uit oogpunt van beperking van loopafstanden en redundantie van vluchtrichtingen zijn daarnaast per perron nog 2 vluchttrappen opgenomen: één bij de zuidelijke en één bij de noordelijke perronkop. De evacuatietijd van het perronniveau wordt dus bepaald door de afvoercapaciteit van 4 vluchtroutes per perron. Indien alle trappen en roltrappen (draaiend) beschikbaar zijn is de totale evacuatiecapaciteit per perron (4 routes) ca. 819 personen per minuut.

Door het creëren van 4 vluchtroutes per perron is er voldoende redundantie voor het geval een vluchtweg geblokkeerd raakt (bijv. door de nabijheid van de brandlocatie). Echter, een groot deel van de vluchtcapaciteit wordt verzorgd door de mezzanine (circa 70%). De overige vluchtroutes zullen daarom een aanzienlijke capaciteit moeten hebben (ontwerp: ca. 2,5 m brede vluchttrappen).

Noot: deze vluchttrapbreedte is ook noodzakelijk uit oogpunt van hulpverlening (gewondenvervoer per brancard).

8.11.3. Mezzanine

De afvoercapaciteit van de mezzanine naar de stationshal is in Fase 2 (twee perrons) kleiner dan de aanvoercapaciteit van de twee perrons samen náár de mezzanine. De afvoercapaciteit van de mezzanine naar de stationshal is in Fase 2 dus maatgevend voor de totale evacuatie. In Fase 1 is het stijgpunt van perron naar de mezzanine maatgevend.

Op de vluchtroute via het mezzaninestijgpunt naar de stationshal moet een evacué één of twee draaien van 180° maken (afhankelijk van zijn herkomst: de zuidelijke resp. de noordelijke roltrap vanaf het perron): van noordelijke perron(rol)trap naar stijgpunt van mezzanine naar stationshal alsook bij aankomst in stationshal direct na doorkruisen van de OVCP-poortjes (de dichtstbijzijnde stationsuitgangen liggen dan in de rug). In Fase 2 ontstaat hierdoor (na circa 2 min) een aangroeiende wachtrij voor de (rol)trappen tussen mezzanine en stationshal die de doorstroming. Dit aspect vormt een aandachtspunt in de afwikkeling van de evacuatie is en beschouwd in de STEPS-simulatie. Verschillende stijgpuntconfiguraties zijn bekeken, waarbij de beperkte vrijheidsgraden aan het inrichtingsontwerp van de stationshal uiteindelijk bepalend waren.

In Fase 2 dienen evacués op de vluchtroute tweemaal in een wachtrij te staan: één keer op het perron (doorstroomtijd is maatgevend ten opzichte van grootste looptijd naar het stijgpunt) en één keer op de mezzanine waar de aanbodstromen van beide perrons samenkomen. Het aanbod op de mezzanine overstijgt de afvoercapaciteit en dus vormt zich een wachtrij. Dit is een aandachtspunt in de afwikkeling van de evacuatie. Gezien het beperkte beschikbare oppervlak binnen de stationshal bestaan er geen mogelijkheden om de capaciteit van mezzanine naar stationshal verder te vergroten.

In Fase 1 hoeft men alleen op het perron te wachten, aangezien de doorstroomcapaciteit van mezzanine naar stationshal veel groter is dan die van het totale stijgpunt van het perron naar de mezzanine.

8.11.4. OVCP-poortjes

Bij evacuatie vormen de OVCP-poortjes geen belemmering. Tijdens een ontruiming van het station staan alle 15 poortjes (aangestuurd volgens ruststroomprincipe) open waardoor alle poortjes gebruikt kunnen worden om naar de stationshal te kunnen vluchten. De doorstroomcapaciteit neemt hierdoor toe van 30 naar 50 pers/min. De totale doorstroomcapaciteit van openstaande OVCP-controlelijn (15 x 50 pers/min = 750 pers/min) is groter dan de maximale doorstroomcapaciteit (705 pers/min) van de mezzanine naar de stationshal (situatie bij draaiende roltrappen). De passage van de OVCP-poortjes (mits opengestuurd) is daarmee niet maatgevend voor de evacuatie van de reizigers. De capaciteit van alle opengestuurde poortjes tezamen is ruim voldoende om de toestroom te verwerken. Gemiddeld wordt circa 50% van de beschikbare poortjescapaciteit benut en de dichtheid in de zone voor de poortjes is met 0,5 tot 1,0 pers/m² als laag te kwalificeren (zie Figuur 8-3).

8.11.5. Stationsuitgangen

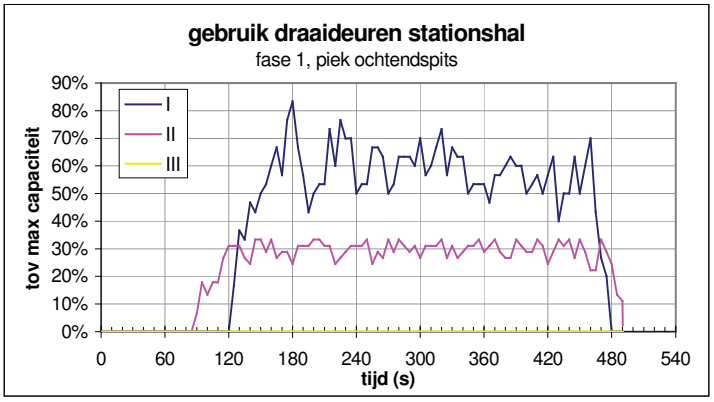
De stationshal met uitgangen wordt ontworpen door Mecanoo. Het aanbod naar de stationshal is maximaal ca. 500 pers/min (Fase 1) tot ca. 700 pers/min (Fase 2). De uitgangscapaciteit van de stationshal dient de optredende evacuatiestromen te kunnen accommoderen.

In het STEPS-stationsmodel is gerekend met op drie locaties in totaal 7 draaideuren voor de in- en uitgaande reizigersstroom naar de openbare ruimte. In het Mecanoo-VO (september 2008) is sprake van 6 draaideuren direct naar de buitenlucht (de draaideuren naar de aangrenzende stadshal worden niet meegerekend). Regulier werkende draaideuren bieden bij een ontruiming een te beperkte capaciteit. De capaciteit van de grootste leverbare draaideur (6 m) is 77 pers/min bij regulier gebruik (opgave fabrikant). Bovendien bestaat het risico dat een draaideur onder de bijzondere evacuatieomstandigheden geblokkeerd raakt (bijv. rolstoel bekneld in de draai of grote opdruk op de deur uit personenstroom).

Noot: voor de beheersing van luchtstromen in het station zijn de draaideuren noodzakelijk (schuifdeuren of open deuren niet mogelijk).

Om wachtrijen tijdens evacuatie voor de draaideuren te vermijden is derhalve meer uitgangscapaciteit noodzakelijk dan regulier draaiende deuren. Mecanoo zal in het ontwerp van de stationshal de oplossingen hiertoe nader bestuderen. Hiervoor zijn onder meer de volgende opties beschikbaar:

- draaideuren met inklapmogelijkheid waardoor een directe looproute ontstaat (aan weerszijden van de ingeklapte deurdelen); de uitgangscapaciteit neemt toe tot ca. 180 pers/min per draaideur.
- naast elke draaideuren ook (normale) nooddeuren naar buiten opnemen;
- een combinatie van beide.



Figuur 8-4 Station Delft: computerberekende benuttingsgraad van de uitgangen in stationshal (Fase 1, tweesporigheid; scenario A. Piek in ochtendspits).

In beide berekeningen is uitgegaan van opengeklapte draaideuren. In de simulatie wordt bij evacuatie van de beschikbare uitgangen uitgang II (Zuid-oost) verreweg het zwaarst benut. Deze uitgang ligt het

dichtst bij de OVCP-poortjes én is het best bekend onder het reizigerspubliek (hoofdroute naar/van centrum en busstation). Uitgang III (Zuid-west) wordt nauwelijks gebruikt. Uitgang I (Noord-oost) wordt gematigd gebruikt (zie ook bovenstaande figuur). De opengeklapte draaideuren vormen geen belemmering (flessenhals) voor evacuatie: de geboden capaciteit is ruim voldoende om de toestroom vanuit het perronniveau te verwerken, ondanks de ongelijkmatige verdeling over de uitgangen. Het maatgevende punt op de vluchtroute naar de hal wordt gevormd door de perronopgang naar de mezzanine.

8.12. Programma van Eisen

8.12.1. Perronniveau en mezzanine

- vluchtroute T3 van Noordzijde perron naar maaiveld (op elk van beide perrons)
  - locatie: noordelijke perronkop
  - vluchttrap: breedte 2,5 m (hulpverlening: geschikte breedte voor brancards)
  - aansluitende vluchtgang: min. breedte 2,0 m, vrije hoogte 2,30 m
  - overdrukinstallatie in vluchtgang (incl. voorziening voor aanzuiging van schone lucht);

- vluchttrap T5 van Zuidzijde perron naar maaiveld (op elk van beide perrons)
  - locatie: zuidelijke perronkop
  - vluchttrap: breedte 2,5 m (hulpverlening: geschikte breedte voor brancards)
  - klepconstructies op maaiveld: geen belemmering voor afwikkeling; gebalanceerde opening
    - openingsmogelijkheid van de klep van binnen uit door evacués (*fail-safe*, dus ook bij storing of stroomuitval e.d.);
    - openingsmogelijkheid van de klep van buiten uit door Brandweer of onderhoudspersoneel (*fail-safe*, dus ook bij storing of stroomuitval e.d.);
    - robuuste vormgeving van klep (vervorming) en openingsmechaniek (betrouwbaarheid), rekening houdend met een onvoorziene bovenbelasting op de klep (zie ook raakvlakeisen: maaiveldinrichting in § 8.12.5);
    - akoestische en visuele signaalgevers aan binnenzijde van de klep, automatisch in te schakelen bij opening van de klep;
  - stuwdrukventilatie langs vluchttrap incl. voorziening voor aanzuiging van schone lucht;

- stijgpunt T4 van perron naar mezzanine (op elk van beide perrons)
  - noordzijde:
    - 1 roltrap tredebreedte 1,0 m (exploitatie: opwaarts draaiend)
    - 1 vaste trap noordzijde: tredebreedte 3,0 m
  - zuidzijde:
    - 1 roltrap: tredebreedte 1,0 m (exploitatie: opwaarts draaiend)
    - 1 vaste trap: tredebreedte 3,0 m

- stijgpunt T4-additioneel van perron naar fietsenstalling (op elk van beide perrons)
  - locatie: zuidrand van stalling (ongeveer halverwege mezzanine en zuidelijke vluchttrap)
  - vluchttrap: breedte 2,75 m
  - nooddeuren (in brandcompartimentering/omhulling): 4 deuren (2 per zijde) à 0,85 m breedte

- centraal stijgpunt van mezzanine naar stationshal
  - 2 vaste trappen (west- en oostzijde): tredebreedte 3,0 m per trap
  - 3 roltrappen (midden): tredebreedte 1,0 m per trap (exploitatie: opwaarts draaiend)

- vluchtroute van mezzanine naar fietsenstalling (en v.v.)
  - toegangscontrolelijn vanaf (en naar) mezzanine
    - OVCP-poortjes en 2 *wide gates* (mogelijk extra nooddoorgangen opnemen in scheiding)
    - alle poortjes/gates: ruststroomprincipe, automatische opensturing bij ontruimingsalarm

- vluchtdeuren naar fietsenstalling:
  - 4 nooddeuren à 1,00 m breedte (naast draaideuren, die geen onderdeel vluchtconcept zijn)
  - 2 deuren naar buiten draaiend & 2 deuren naar binnen draaiend

- Tweesporigheid (Fase 1)
  - vluchttrappen ter hoogte van de perronkoppen dienen in niet in exploitatie genomen tunnelbuis aanwezig te zijn (uit oogpunt van arboveiligheidseisen).

8.12.2. Fietsenstalling

- vluchtroutes binnen fietsenstalling
  - uitgangspunten:
    - bezettingsgraad B5, overige gebruiksfunctie (maximale loopafstand 30 m)
  - vluchtgangen langs wanden (oostwand en westwand):
    - doorstroombreedte: 1,20 m
    - vrije hoogte: 2,30 m.
  - vluchtdeuren (toegangsdeuren) naar/uit vluchtgang:
    - breedte 0,85 m
    - deurlocaties: ongeveer elke 20-25 m
    - zichtlijn op elke deur: samenvallen van deurlocatie en onderbreking van stallingrekken.
    - uitgangen naar buitenlucht aan weerszijden van hoofdingang westzijde
  - bewaakt stallingdeel:
    - 1 doorgang in afscheiding nabij mezzanine: breedte 0,85 m

- vluchtroutes uit fietsenstalling
  - uitgangen naar buitenlucht:
    - open hoofdingang oostzijde (naar tussenniveau met hellingbanen)
    - open hoofdingang westzijde (naar hellingbaan)
  - vluchtroute naar perronniveau (naar elk van beide perrons):
    - stijgpunt van perron naar fietsenstalling (zie aldaar)
  - vluchtdeuren naar mezzanine:
    - zie § 8.12.1.

- ontruimingsalarminstallatie.

8.12.3. Verlichting en vluchtwegaanduiding

Zie PvE § 9.7.3.

8.12.4. Installaties

Zie PvE § 9.7.4.

8.12.5. Raakvlakeisen

- stationshal (ontwerp Mecanoo/LBP)
  - OVCP-controlelijn:
    - OVCP-poortjes: 15 stuks;
    - alle poortjes: ruststroomprincipe, automatische opensturing bij ontruimingsalarm;
    - mogelijk extra nooddoorgangen opnemen in flanken (ontvluchting, toetreding OHD).
  - stationsuitgangen draaideuren (inklapbare tourniquets):
    - uitgang Zuid-oost, uitgang Zuid-west, uitgang Noord-oost;
    - mogelijk extra nooddeuren opnemen naast elke draaideur (ontvluchting, toetreding OHD);
  - ontruiming van het nieuwe stadskantoor (HNK) via onafhankelijke routes, niet via stationshal.

- maaiveldinrichting (ontwerp Busquets):

- inpassing van uitgangsconstructies van vluchttrappen van perron naar maaiveld:
  - afscherming van de contour van de uitgangsconstructie met paaltjes;
  - inpassing van de klep in een voetgangersgebied (dus niet binnen contour van een rijweg);
  - goede bereikbaarheid van uitgangen voor hulpdiensten (tevens toetredingslocaties);
  - adequate opstelmogelijkheden voor hulpdiensten op maaiveld.

9. ONTVLUCHTING TUNNEL

9.1. Inleiding

In beginsel is het veiligheidssysteem en de exploitatiewijze erop gericht om in geval van een onregelmatigheid c.q. incidentscenario te voorkomen dat een trein tot stilstand komt in de eigenlijke tunnel: het zogeheten *safe haven* concept. In de buitenlucht (geen rookbedreiging) en op het station (RWA, stijgpunten naar maaiveld) kan onder geoptimaliseerde c.q. gunstige omstandigheden overgegaan worden tot ontruiming van de incidenttrein.

De veiligheidsprocedure is afhankelijk van de locatie van de trein op het moment van incidentdetectie:

A. incidentdetectie op bovengronds baanvak: trein laten stoppen voordat deze de tunnel inrijdt;
B. incidentdetectie nadat de trein de tunnel is ingereden en vóórdat deze het station heeft bereikt of gepasseerd: trein (indien rijsnelheid dat toelaat) laten stoppen op het station (de *safe haven*);
C. incidentdetectie na passage of vertrek uit het station en voordat de trein de tunnel heeft verlaten: trein door laten rijden tot buiten de tunnel en in de buitenlucht stoppen.

Het is mogelijk dat een incidenttrein desondanks tot stilstand komt in de tunnel. Het kan gaan om een trein voor personen- of goederenvervoer. In het ontwerp van TSD zijn daarom voorzieningen opgenomen die de ontvluchtingsmogelijkheden vanuit een trein in de tunnel borgen. Het systeem moet bij de maatgevende scenario's voldoende mogelijkheden bieden aan de inzittenden in een incidenttrein (brand) om tijdig een veilige plaats te bereiken. In geval van een goederentrein gaat het slechts om een klein aantal vluchtenden (treinpersoneel), bij een reizigerstrein zijn grotere aantallen personen mogelijk.

9.2. Wet- en regelgeving vluchtroutes

9.2.1. Inleiding

De volgende wet- en regelgeving is van toepassing op ontvluchting van de spoortunnel:

- Bouwbesluit 2003;
- *Leidraad Scenarioanalyse Ongevallen in Tunnels, Deel 2 Spoor-, tram- en metrotunnels en overkappingen, Appendix*, concept 2.0 d.d. 7 april 2006;
- VEST, *Veiligheidseisen voor treintunnels; matchen van Europese TSI en nationale praktijk* d.d. mei TSI-SRT, *Technical Specification of Interoperability – Safety of Railway Tunnels;*
- *Generieke Operationele Regeling* (GOR) d.d. 22 sept. 2005;

  Noot: GOR betreft vuistregels voor treinpersoneel en treindienstleider bij brand in een tunnel, bijlage bij Calamiteitenplan Rail.

9.2.2. TSI-SRT

De TSI-SRT eist het volgende (hoofdlijnen):

- Art. 4.2.2.6 *Faciliteiten voor zelfredding, evacuatie en redding bij incidenten*:
  - Art. 4.2.2.6.2 *Algemeen*: Het ontwerp van de tunnel moet rekening houden met de noodzaak tot zelfredding en evacuatie van treinreizigers en treinpersoneel en het optreden van hulpverleningsdiensten van buitenaf. Gekozen moet worden uit de technische oplossingen die aan deze eisen voldoen (zie Art. 4.2.2.6.3 en 4.2.2.6.5).
  - Art. 4.2.2.6.4 *Dwarsverbindingen naar de andere tunnelbuis*: Dankzij dwarsverbindingen kunnen naastliggende tunnels als veilig gebied worden gebruikt. De dwarsverbindingen moeten van verlichting en vluchtborden zijn voorzien. De dwarsverbindingen moeten minimaal 2,25 m hoog en 1,5 m breed zijn. De deuren moeten minimaal 2 m hoog en 1,40 m breed zijn. Minimum om de 500 m moet zich een dwarsverbinding bevinden die aan de bovenstaande eisen voldoet.
  - Art. 4.2.2.6.5 *Alternatieve technische oplossingen*: Alternatieve technische oplossingen voor veilige gebieden mogen worden toegepast wanneer ze ten minste hetzelfde veiligheidsniveau bieden. De gelijkwaardigheid van de alternatieve oplossing moet worden onderbouwd middels een technisch onderzoek en worden goedgekeurd door de bevoegde nationale instantie.

- Art. 4.2.2.7 *Vluchtpaden*:
  - Deze specificatie is van toepassing op alle tunnels met een lengte van meer dan 500 meter.
  - In enkelsporige tunnels moet ten minste aan één kant van het spoor in een vluchtpad worden voorzien; in dubbelsporige tunnels aan beide kanten van de tunnel. In bredere tunnels met meer dan twee sporen moet het vluchtpad toegankelijk zijn vanaf elk spoor.
  - Het vluchtpad moet minimaal 0,75 m breed zijn. De vrije hoogte boven het vluchtpad moet 2,25 m bedragen.
  - Het vluchtpad moet zich minimaal op spoorstaafhoogte bevinden.
  - Plaatselijke vernauwingen van het vluchtpad wegens obstakels moeten voorkomen worden. Obstakels mogen het vluchtpad niet nauwer maken dan minimaal 0,7 m en de lengte van het obstakel mag niet meer dan 2 m bedragen.
  - Vluchtpaden moeten worden voorzien van een leuning op een hoogte van 1 m boven het loopvlak om vluchtelingen naar het veilige gebied te geleiden. Deze leuning moeten buiten de vereiste minimumbreedte van het vluchtpad worden aangebracht. Leuningen moeten aan het begin en het eind van een obstakel onder een hoek van 30 tot 40° ten opzichte van de langsas van de tunnel worden aangebracht.

9.2.3. Bouwbesluit

Het Bouwbesluit eist voor vluchtwegen in tunnels (gebruiksfunctie 'bouwwerken geen gebouw zijnde'):

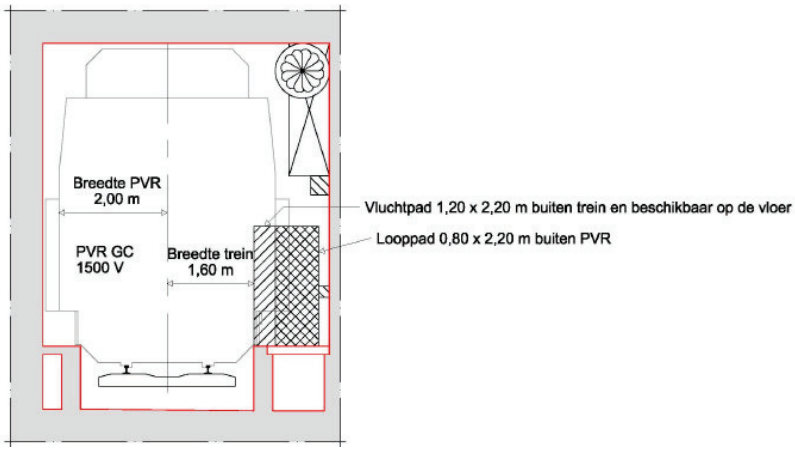
- Art. 2.145 lid 1 *Stuurartikel*: Een te bouwen bouwwerk is zodanig dat een rookcompartiment en een subbrandcompartiment voldoende snel en veilig kunnen worden verlaten.
- Art. 2.153 lid 1 *Stuurartikel*: Een te bouwen bouwwerk heeft voldoende vluchtroutes waarlangs bij brand een veilige plaats kan worden bereikt.
- Art 2.154 lid 1 *Veilige plaats*: Een rookvrije vluchtroute leidt naar het aansluitende terrein en vandaar naar de openbare weg zonder dat deuren worden gepasseerd die met een sleutel moeten worden geopend.
- Art. 2.155 *Algemeen*: Een bouwwerk geen gebouw zijnde heeft, afhankelijk van zijn bestemming en grootte, voldoende vluchtroutes.
- Art. 2.166 Lid 1 *Stuurartikel*: Een te bouwen bouwwerk heeft zodanig ingerichte rookvrije vluchtroutes, dat in geval van brand snel en veilig kan worden gevlucht.
- Art. 2.174 *Inrichting*: Een bouwwerk geen gebouw zijnde heeft zodanig ingerichte vluchtroutes, dat in geval van brand op doeltreffende en veilige wijze kan worden gevlucht.

9.2.4. VEST

De VEST stelt de volgende eisen voor (in aanvulling op huidige eisen in Bouwbesluit 2003):

- Art. 2.145 *Stuurartikel*: Een te bouwen bouwwerk is zodanig dat een rookcompartiment en een subbrandcompartiment voldoende snel en veilig kunnen worden verlaten.
- Art. 2. 148 *Rookcompartiment*:
  - Lid 1: Een tunnel of tunnelvormig bouwwerk, incl. toeritten, moet per spoor aan ten minste één zijde zijn voorzien van een vluchtpad met een breedte van ten minste 1,20 m ter hoogte van het loopoppervlak. Het vluchtpad moet daarnaast een vrij oppervlak buiten het Profiel van Vrije Ruimte (PVR GC) hebben van ten minste 1,20 m breedte en 2,25 m hoogte. *[…niet toepasselijke tekst…]* Het vluchtpad moet stroef en egaal zijn.
  - Lid 2: In het omsloten gedeelte van tunnels, mede of uitsluitend bestemd voor reizigerstreinen, moet een vluchtpad, als bedoeld in het eerste lid, bij rechtstand van het spoor zijn aangebracht op ten minste 350 mm boven bovenkant spoor. In de open toeritten van tunnels, mede of uitsluitend bestemd voor reizigerstreinen, moet bij sporen die aan de wand grenzen aan de wand zijde een verhoogd vluchtpad worden aangebracht op ten minste 350 mm boven bovenkant spoor, bij rechtstand van het spoor. Minimale vrije breedte van het vluchtpad dient minimaal 1,20 m te zijn over een hoogte van 2,25 m.
  - Lid 3: De loopafstand tussen een punt in een tunnel of tunnelvormig bouwwerk, mede of uitsluitend bestemd voor reizigerstreinen, en in ieder geval een toegang van het rookcompartiment, is ten hoogste 150 m.

- Lid 4. Vluchtdeuren in tunnels, mede of uitsluitend bestemd voor reizigerstreinen, dienen minimaal een effectieve breedte van 1,8 m te hebben.
- Lid 5. De reizigers en het treinpersoneel moeten, als een brandende trein stopt in een tunnel, tijdig een veilige ruimte kunnen bereiken. De benodigde vluchttijd (bepaald door o.a. de afstand tussen de vluchtuitgangen) moet kleiner zijn dan de beschikbare vluchttijd (bepaald door het brandgedrag van het materieel). Dit moet door berekening worden aangetoond in de scenarioanalyse, m.b.v. een rook- en hitteverspreidingsmodel en een evacuatiesimulatie. Hiervoor gelden de BOM-criteria *[DTB: zie bijlagen bij dit rapport]*.
- Lid 6: De brandwerendheid van deuren tussen een tunnelbuis en door de brandweer aan te wijzen ruimten die van belang zijn voor zelfredzaamheid en/of hulpverlening dient gelijk te zijn aan de brandwerendheid van de constructie.



Figuur 9-1 Illustratie van de eisen in de TSI-VEST inzake vluchtpadbreedte.

9.3. Wet- en regelgeving vluchtwegverlichting

9.3.1. TSI-SRT

De TSI stelt de volgende eisen:

- TSI Art. 4.2.2.8 *Noodverlichting van vluchtroutes* [DTB: Engelse TSI-tekst luidt *Emergency lighting on escape routes*; dit is onjuist vertaald in de VEST, correct is: vluchtwegverlichting]
  - Deze specificatie is van toepassing op alle doorlopende tunnels met een lengte van meer dan 500 meter.
  - De noodverlichting [correctie DTB: vluchtwegverlichting] moet worden aangebracht om reizigers en personeel naar het veilige gebied te geleiden. De verlichting hoeft niet elektrisch te zijn op voorwaarde dat het systeem aan het gestelde doel beantwoordt. De noodverlichting [correctie DTB: vluchtwegverlichting] dient te beantwoorden aan de volgende eisen:
    - Enkelsporige tunnelbuis: aan één kant (aan de kant van het vluchtpad);
    - Dubbelsporige tunnelbuis: aan beide kanten
    - Plaatsing lichtpunten: zo laag mogelijk boven het vluchtpad en verenigbaar met de doorgangshoogte of ingebouwd in de leuningen
    - De luminantie op vluchtpadhoogte moet minimaal 1 lux bedragen
    - Autonomie en bedrijfszekerheid: gewaarborgde energievoorziening in nood- of andere gevallen gedurende minimum 90 minuten
  - Mocht de noodverlichting [correctie DTB: vluchtwegverlichting] onder normale bedrijfsomstandigheden worden uitgeschakeld dan moet inschakelen op twee manieren mogelijk zijn:
    - Om de 250 m met de hand binnen de tunnel
    - Van op afstand door het tunnelpersoneel.

    Noot: De zinsnede ‘om de 250 m’ in de TSI kan geïnterpreteerd worden als een maximum. In de Nederlandse situatie is ca. 100 m een praktische maat, aansluitend op andere voorzieningen, zoals wandcontactdozen (zie 4.2.3.3).

- TSI Art. 4.2.3.5 Bedrijfszekerheid van elektrische installaties
  Elektrische veiligheidsinstallaties (brandmeldings- [correctie DTB: branddetectie], noodverlichtings- [correctie DTB: vluchtwegverlichting], noodcommunicatie- en andere systemen die door de infrastructuurbeheerder of de aanbestedende instantie zijn aangewezen als van vitaal belang voor de veiligheid van reizigers in de tunnel) moeten worden beschermd tegen beschadiging door mechanische impact, hitte en brand. Distributiesystemen moeten onvermijdelijke schade kunnen opvangen door, bijvoorbeeld, redundant ontwerp. De elektriciteitsvoorziening moet volledig kunnen blijven functioneren bij uitval van één hoofdcomponent. Noodverlichting [correctie DTB: vluchtwegverlichting] en communicatiesystemen moeten, middels een noodenergievoorziening, gedurende 90 minuten in bedrijf kunnen blijven.

9.3.2. VEST

VEST stelt de volgende aanvullende eisen:
- VEST Art. Art. 4.2.2.8
  Voor tunnels, uitsluitend of mede bestemd voor reizigerstreinen:
  6. Vluchtwegen bevatten vluchtwegverlichting van ten minste 10 lux op het vloeroppervlak.
  7. Bij detectie van een calamiteit dient vluchtwegverlichting automatisch ingeschakeld te worden.

VEST stelt geen aanvullende eisen op TSI Art. 4.2.3.5.

9.3.3. Bouwbesluit

Het Bouwbesluit stelt de volgende eisen:
- Art. 2.57 Bouwbesluit
  Stations (‘overige gebruiksfunctie voor het personenvervoer’): lichtsterkte van minimaal 10 lux op het vloeroppervlak te bezitten.
- Tunnels (gebruiksfunctie ‘bouwwerk geen gebouw zijnde’): geen voorgeschreven lichtsterkte.

9.4. Uitgangspunten

9.4.1. Incidentscenario

Locatie incidenttrein

Een reizigers- of goederentrein kan tot stilstand komen in het noordelijk of zuidelijk tunneldeel:
- noordelijk tunnelbaanvak: lengte ca. 900 m (aansluitende open tunneltoerit 180 m);
- zuidelijk tunnelbaanvak: lengte ca. 550 m (aansluitende open tunneltoerit 280 m);

Eventuele andere treinen

Het vluchtconcept gaat ervan uit dat geen sprake is van een tweede trein die in de veilige tunnelbuis tot stilstand komt *als gevolg van* het scenario in de incidentbuis. De redenen hiervoor zijn:
- de middenwand in de tunnelconstructie vormt een fysieke scheiding tussen de twee afzonderlijke enkelsporige buizen (geen aanrijdrisico’s tussen treinen, voorkomen verspreiding lekvloeistoffen);
- de middenwand voorkomt uitstraling van effecten naar veilige buis (afscherming van hitte/rook);
- de seinlocaties geven geen aanleiding tot gelijktijdig stoppen van niet-incidenttrein in de veilige tunnelbuis (trein komend vanaf station danwel van baanvak buiten spoortunnel).

Vluchtafstanden

De vluchtafstanden naar maaiveld (tunnelmond) danwel het station zijn het grootst in het scenario in het noordelijk tunnelbaanvak. Toetredingspunt T2 (midden noordelijk tunneldeel) wordt hierbij buiten beschouwing gelaten, aangezien het basisconcept T2 primair een toetredingsfunctie toekent en uitgaat van ontvluchting naar tunnelmond of station (conservatieve benadering). Daarmee is dit scenario maatgevend voor de loopafstanden voor de evacuatieanalyse in de tunnel als geheel. Een reizigerstrein is maatgevend voor de intensiteiten van de evacuatiestromen (zie volgende paragraaf).

Bezettingsgraad incidenttrein
De uitgevoerde analyse heeft betrekking op een tweesporige spoortunnel (eerste fase) met tussenwand, maar de resultaten zijn onverminderd geldig voor de viersporige situatie.

De maatgevende omvang van de te evacueren groep treinreizigers is gelijk aan de maximale bezetting van de incidenttrein. Dit betreft een dubbeldeks IR-trein (DD-IRM) met een bezetting van 1.434 pers (zgn. Acceptabelnorm, ProRail).
- 12 bakken à ± 27 m, totale treinlengte: 324 m;
- bezetting: 1.434 pers (Acceptabelnorm), gemiddeld 120 pers/bak;
- 2 deuren à 1.300 mm per bak;
- uitstapsnelheid 1,0 pers/s per deur (bak geheel ontruimd in 1 min, indien beide deuren bruikbaar).
  Noot: Bij uitstappen op het perron bedraagt de uitstaptijd van elke persoon ca. 1,5 s (conform eerdere STEPS-simulaties voor stationsontwerp). Bij een deurbreedte van 1.300 mm kunnen 2 pers tegelijk uitstappen. De uitstapintensiteit op het perron bedraagt daarmee 2 pers / 1,5 s = 1,33 pers/s. In de tunnel is er echter een extra afstap tussen de treinvloer en bovenkant van het looppad, waardoor de uitstaptijd hoger is: uitgangspunt is 2,0 s. De uitstapintensiteit is daardoor lager: 2 pers / 2,0 s= 1,0 pers/s per deur.
- gemengde populatie met loopsnelheden van 0,9 (20%), 1,1 (60%) en 1,3 m/s (20%);

De maatgevende treinbezetting betreft de zgn. DD-IRM “Acceptabelnorm” van ProRail Capaciteitsplanning c.q. NS (zie ook Vervoersplan NS 2006 d.d. 30 januari 2006). Hierbij zijn alle zitplaatsen bezet alsmede de helft van het aantal klapzittingen en beschikbare staanplaatsen. Op het baanvak bij Delft rijdt ook nog AR-materieel en IC-materieel met respectievelijk 1.210 pers (Volnorm) en 1.023 pers (Acceptabelnorm). Het drukker bezette DD-IRM materieel is dus maatgevend.

9.4.2. Vluchtgedrag
Met betrekking tot het vluchtgedrag worden de volgende algemene uitgangspunten gehanteerd:
- algemeen uitgangspunt: zelfredzaamheid;
- geen bijzondere voorzieningen voor mindervaliden (PRM);
  - vluchtpad is breed genoeg voor rolstoel;
  - gerekend wordt op hulp door omstanders;
- afstand tot dichtstbijzijnde vluchtdeur naar veilige buis meest bepalend voor vluchtrichting (resulteert in maatgevende doorstroomintensiteit door de vluchtdeuren);
- bij gelijke vluchtafstand gelijkmatige verdeling over vluchtrichting (station versus tunnelmond);
- ballastbed in beide buizen mag niet beschikbaar worden aangenomen als vluchtroute.

Bij een brand in de tunnel zal de langsventilatie in de tunnelbuizen altijd van het station af en richting de tunnelmonden blazen. De rook wordt daardoor verspreid in het tunneldeel stroomafwaarts van de brandlocatie, dat wil zeggen tussen de brandlocatie op de trein en de tunnelmond (buitenlucht). De turbulentie veroorzaakt door de langsventilatie leidt na enige tijd tot een volledige opmenging over de tunnelbuisdoorsnede. De omstandigheden op het vluchtpad worden hierdoor ongunstig beïnvloed. Het meest ongunstig in dat verband is een brandlocatie op de treinkop aan de stationszijde.

Voor een *worst case*-scenario gelden dan de volgende uitgangspunten ten aanzien van vluchtgedrag:
- treindeur nabij de brandende kop van het rijtuig is (na enige tijd) niet bruikbaar voor evacuatie;
- de warmtestraling van de brand leidt (na enige tijd) tot de volgende beperkingen:
  - brandlocatie niet passeerbaar via looppad in incidentbuis, dus looppad is lokaal niet bruikbaar;
  - vluchtdeur naar veilige buis ter hoogte van brandlocatie in trein is geblokkeerd;
- stroomafwaarts van brand zal de tunnel (na enige tijd) gevuld raken met rook;
  - personen zullen zo snel mogelijk uit de met rook gevulde incidentbuis willen vluchten via de dichtstbijzijnde vluchtdeur naar de veilige buis (niet in langsrichting door de incidentbuis).

9.5. Basisconcept

9.5.1. Zelfredzaamheid

Het TSD-ontvluchtingsconcept is gebaseerd op het algemene principe van zelfredzaamheid.

Dit geldt zowel voor de treinreizigers als voor het treinpersoneel (personen- en goederenvervoer) dat zich bij aanvang van de ontruiming in de tunnel bevindt. Dit houdt in dat die voorzieningen opgenomen zijn die mogelijk maken dat personen zelfstandig en zonder externe hulp (overheidshulpdiensten) het bedreigde gebied kunnen verlaten. In de tunnels worden geen bijzondere maatregelen getroffen voor personen met een functiebeperking / verminderde mobiliteit (PRM, *Persons with Reduced Mobility*).

9.5.2. Ontruimingsduur

Als algemene doelstelling ten aanzien van de ontruimingsduur van de tunnel wordt geformuleerd:

- tussen het uitstappen van de eerste treinreiziger en bereiken van de veilige buis door de laatste reiziger (of indien dichterbij: station/tunnelmond): maximaal 10 min (TSI-SRT in samenhang met Bouwbesluit);
- aansluitend voortgezette ontruiming naar het station ('safe haven') of de tunnelmond (buitenlucht): geen expliciete tijdsnorm, onder voorwaarde van acceptabele vluchtomstandigheden (rook, hitte).

De zgn. pre-evacuatietijd (ook wel: *wake up-time*) – d.w.z. de tijdsduur tussen detectie van het incident van een trein en het tijdstip dat een persoon daadwerkelijk de trein gaat verlaten (kan per reiziger variëren) - is niet begrepen in de TSI-normstelling voor de ontruimingsduur (genoemde 10 min). Over de te verwachten tijdsduur hiervan in de praktijk is niet veel bekend (zie bijv. *Leidraad scenario-analyse ongevallen in tunnels, Deel 2 Spoortunnels, Appendix*). In het model is de pre-evacuatietijd / *wake-up time* conform deze TSI-systematiek ook niet opgenomen c.q. onderzocht. Wel is een conservatieve loopsnelheid aangehouden waarin dit verdisconteerd is.

9.5.3. Vluchtroutes

De toepasselijke wet- en regelgeving voor vormgeving van de vluchtroutes staat beschreven in § 9.2.

De volgende (onderdelen van) vluchtroutes zijn in het TSD-ontwerp opgenomen:

- onderdelen spoortunnel (totaal ca. 2.250 m, waarvan 1.800 m gesloten):
  - open noordelijke tunneltoerit (ca. 180 m);
  - noordelijk tunnelbaanvak (ca. 900 m)
  - ondergrondse treinstation (ca. 340 m);
  - zuidelijk tunnelbaanvak (ca. 550 m);
  - open zuidelijke tunneltoerit (ca. 280 m).

- twee afzonderlijke tunneldelen (dwarsdoorsnede), gescheiden door diepwand;
- middenwand (brandcompartimentering) in elk van beide tunneldelen:
  - oostelijke tunnelkoker (enkelsporig);
  - westelijke tunnelkoker (enkelsporig);

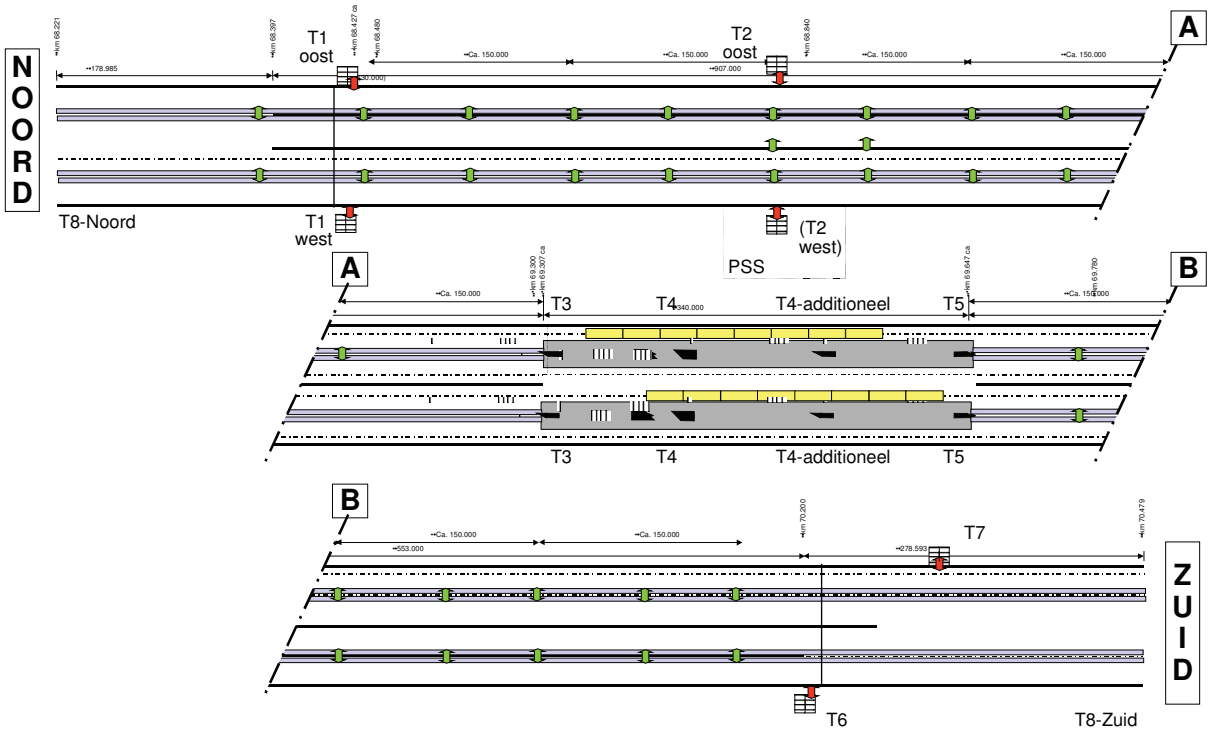
- 1 vluchtpad met passeermogelijkheid per koker langs middenwand (breedte 1,20 m, BS + 0,35 m);
- vluchtdeuren (schuifdeuren) in de middenwand hart-op-hart 75 m (breedte 2,0 m);
- vluchttrappen naar maaiveld (alle vluchtroutes zijn tevens brandweertoetredingsroutes):
  - alle routes leiden naar de buitenlucht / het maaiveld;
  - uitzonderingen: T4 (eerst via mezzanine naar stationshal) en T4-additioneel (fietsenstalling).

De vluchtroutes staan beschreven en afgebeeld in onderstaande tabel en figuur.

Tabel 9-1 Vluchtroutes & toetredingsroutes in TSD (aanwezig in 2- én 4-sporige situatie, tenzij anders vermeld).

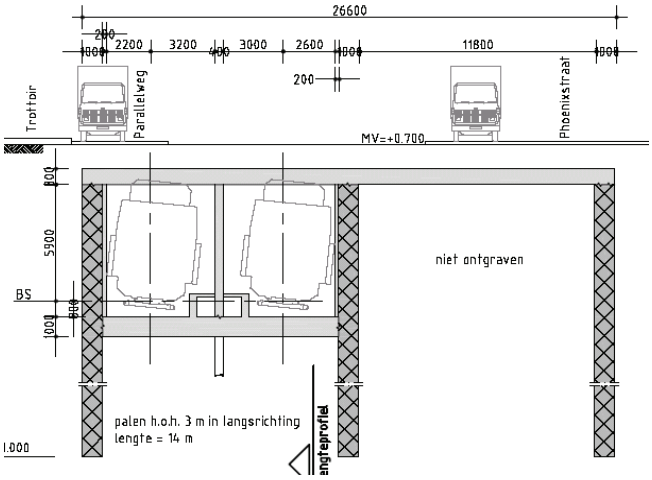
Nr.	Locatie	Zijde	Bouwdeel	Kilometrering (indicatief)	Functie in vh.concept	
					Vluchten	Toetreding
T8-N	Tunnelmond Noord	n.v.t.	baanvak Noord	< km 68,40	X	X
-	-	-	*Tunnelmond*	*km 68,40*		
T1	Tunnelmond Noord	oostzijde	baanvak Noord	km 68,43	X	X
	Tunnelmond Noord	westzijde	baanvak Noord	km 68,43	X	X
T2	Midden noordelijk tunnelbaanvak	oostzijde	baanvak Noord	km 68,85		X
	Midden noordelijk tunnelbaanvak (4-sporige situatie / PSS) [1]	westzijde	baanvak Noord	km 68,85		X
T3	Vluchttrap op noordelijke perronkop	perron(s)	station	km 69,30	X	X
T4	Stijgpunt via mezzanine naar stationshal (tweezijdig)	perron(s)	station	km 69,36-69,40	X	X
T4-additioneel	Stijgpunt naar fietsenstalling boven sporen	perron(s)	station	km 69,50	X	X
T5	Vluchttrap op zuidelijke perronkop	perron(s)	station	km 69,60	X	X
T6	Tunnelmond Zuid	westzijde	baanvak Zuid	km 70,18	X	X
-	-	-	*Tunnelmond*	*km 70,20*		
T7	Tunnelmond Zuid	oostzijde	baanvak Zuid	km 70,33	X	X
T8-Z	Tunneltoerit Zuid (inspectiepad/geen trappenhuis)	n.v.t.	baanvak Zuid	> km 70,33	X	X

[1] T2 westzijde wordt additioneel gerealiseerd in 4-sporige situatie, indien Parkeergarage Spoorsingel (PSS) doorgaat.



Figuur 9-2 Schema van tunnel en station met vluchtroutes T1 en T3 t/m T8 (T2 is primair voor toetreding OHD).

Incidentbuis en veilige buis
Het tunnelsysteem bestaat in dwarsdoorsnede uit twee afzonderlijke, door een diepwand gescheiden delen waarin elk twee sporen gelegen zijn (4-sporige situatie). Elk deel is op zijn beurt door een aanvullende scheidingswand in tweeën gedeeld, hetgeen resulteert in twee enkelsporige tunnelkokers. Er is sprake van één vluchtpad per koker, gelegen langs de scheidingswand, tegen de andere koker en verhoogd ten opzichte van het ballastbed. Tussen beide kokers zijn vluchtdeuren opgenomen waarmee vanaf het vluchtpad de naastgelegen koker kan worden bereikt. De ontvluchting is dus per twee tunnelbuizen geregeld.



Figuur 9-3 Dwarsdoorsnede voor tweesporige situatie met twee enkelsporige buizen.

Bij een incident kunnen de omstandigheden in de incidentbuis schadelijk voor de aanwezige personen zijn, bijv. door rookontwikkeling, hittestraling en concentraties van toxische of brandbare gassen. Via de vluchtdeuren kan men in geval van ontruiming van een in de tunnel tot stilstand gekomen trein de betreffende buis verlaten naar de naastgelegen buis. De ene buis (veilige buis of vluchtbuis) fungeert als vluchtplaats / vluchtroute voor de andere buis (incidentbuis).

Afstand tussen vluchtdeuren
Wettelijk (TSI-VEST) is een hart-op-hart-afstand van de vluchtdeuren van maximaal 150 m vereist. Binnen het TSD-vluchtveiligheidsconcept van de tunnel is gekozen voor een afstand van 75 m tussen de deuren naar de naastgelegen tunnelkokor. Redenen van deze projectspecifieke optimalisatie zijn:
- mogelijkheden van ontvluchting (beperking van vluchttijd):
  - de mogelijk ongunstige effecten van de langsventilatie voor de vluchtomstandigheden langs en achter de trein indien de brandlocatie zich aan de bovenstroomse zijde van de trein bevindt;
  - kans op verminderde effectiviteit van een vluchtdeur als gevolg van congestie danwel blokkade van de vluchtpad en deur door nabijheid van de brandlocatie;
- mogelijkheden van de hulpverlening (zie ook Hoofdstuk 10 *Repressie tunnel en station*):
  - meer flexibiliteit in locatie van toetreding, verkenning en aanval in de incidentbuis;
  - meer flexibiliteit in snel verlaten van de incidentbuis in geval van escalatie van het incident;
  - beperking van loopafstanden met uitrusting ter bescherming tegen gevaarlijke stoffen.

Aansluitende vluchtroutes
Doelstelling van de ontruiming is allereerst het bereiken van de veilige buis (niet-incidentbuis). Voor evacués in een rijtuig dat zich op grote afstand van het brandende rijtuig bevindt, kan het station danwel de tunnelmond dichterbij zijn. Na betreding van de naastgelegen buis is men beschermd tegen de directe gevolgen van een incident in de andere buis. Het betreft echter geen eindpunt van de ontvluchting. Men vlucht verder via een van de aansluitende vluchtroutes:

- het ondergrondse station (*safe haven*) en vandaar via stijgpunten vanaf het perron (evt. via de stationshal of de fietsenstalling) naar het maaiveld (buitenlucht);
- de noordelijke of zuidelijke tunnelmond (buitenlucht) en vandaar via stijgpunten naar het maaiveld.
- aanvullende route (ALARA): vluchttrappenhuis halverwege noordelijk tunnelbaanvak naar maaiveld.

Rol van langsventilatie
Bij een incident wordt volgens de veiligheidsprocedures de langsventilatie in alle tunnelbuizen ingeschakeld. De standaard ventilatierichting is in alle buizen van het station af. Hierdoor wordt voorkomen dat rook- en hitte zich naar het station verspreiden, waardoor deze de functie van 'safe haven' kan blijven vervullen conform het TSD-veiligheidsconcept.

Deze ventilatierichting heeft gevolgen voor de verblijfsomstandigheden van de personen in de incidentbuis. Rook en hitte wordt vanaf de brandlocatie stroomafwaarts geblazen, óver het treingedeelte dat zich (gezien in de ventilatierichting) achter de brandlocatie bevindt. Hetzelfde geldt voor eventuele vrijkomende gevaarlijke gassen (direct uit ketelwagen of via uitdamping uit plas). De langsventilatie heeft turbulentie en opmenging tot gevolg waardoor sprake is verspreiding van de effecten over de gehele tunnelbuisdoorsnede (eventuele rookstratificatie wordt ongedaan gemaakt). De vluchtende personen op het looppad naast hetzelfde treingedeelte (en op het in het verlengde van de trein gelegen tunneldeel) worden als gevolg hiervan blootgesteld aan rook, hitte en GS-concentraties.

Er dient hierbij onderscheid te worden gemaakt tussen drie scenario's
- het gunstigste geval: brand nabij treinkop aan zijde van tunnelmond;
  de ventilatie blaast alle rook, hitte en stoffen weg van de trein en de personen op het vluchtpad.
- het ongunstigste geval: brand nabij treinkop aan zijde van station;
  de gehele treinlengte en alle personen op het naastgelegen vluchtpad worden getroffen.
- een gematigd scenario: brand rond middendeel van de trein;
  uitsluitend benedenstroomse deellengte en de personen op het pad ernaast worden getroffen.

De langsventilatie in de veilige buis wordt ook ingeschakeld, echter op een lager niveau (lagere luchtsnelheid) ingeschakeld dan in de incidentbuis. Hierdoor wordt voorkomen dat er in de veilige buis een onderdruk ontstaat ten opzichte van de incidentbuis, aangezien dit onder omstandigheden zou kunnen leiden tot verspreiding van rook via geopende vluchtdeuren naar de veilige buis.

9.5.4. Vluchtwegverlichting en vluchtwegoriëntatie
De toepasselijke wet- en regelgeving voor vluchtwegverlichting en vluchtwegoriëntatie staat beschreven in § 9.3.

Om het vluchtproces te faciliteren mogelijk te maken is de gehele spoortunnel voorzien van vluchtwegverlichting en vluchtwegmarkeringen. Deze voorzieningen zijn aangesloten op de reguliere stroomvoorziening B1 en een noodstroomvoorziening (klasse B2) voor het geval van uitval van B1. Voor een enkele voorziening geldt een strengere garantie-eis (zie volgende paragraaf).

De volgende voorzieningen zijn opgenomen:
- vluchtwegverlichting;
- verlichte handrail langs vluchtpad in tunnel;
- vluchtwegmarkering tegen tunnelwanden (nalichtende pictogrammen; NEN 6088);
- vluchtdeurmarkering (NEN 6088):
  - transparantverlichting;
  - accentverlichting.
- plaatsinformatie op tunnelwanden (h.o.h.-afstand 75 m, bij elke vluchtdeur; NEN 6088).

9.5.5. Noodstroomvoorziening
Zie de uitwerking in § 5.11.

9.5.6. Ontruimingsalarmering

Wet- en regelgeving
Het Bouwbesluit stelt geen specifieke eisen omtrent ontruimingsalarmering, maar een voldoende vluchtveiligheid in functionele zin. De gemeentelijke Bouwverordening eist in Artt. 2.6.2. en 2.6.3 een ontruimingsalarm in gebruiksfuncties met een hoge bezettingsgraad, zoals het station (niet in tunnel).

De VEST formuleert de volgende eisen:
- Art. 4.2.2.5 VEST eist een ontruimingsalarm in het ondergrondse station.
- Er wordt geen ontruimingsalarm in de tunnel geëist.

Basisconcept
Het TSD-veiligheidsconcept voorziet in de volgende ontruimingsalarmering:
- alarmering van de reizigers in de trein door het treinpersoneel via de treinomroepinstallatie.
- ontruimingsalarminstallatie (OAI) in:
  - fietsenstalling;
  - perronniveau, met meertalig gesproken woord (geen *slow-whoop*);
  - stationshal (buiten scope TSD, raakvlakeis).
- verdrijvingssignaal (visueel) in de tunnelbuizen;
- snel te doorlopen activeringsprocedure zodra brandweer bevel geeft tot ontruimen van TSD.

Noot: borging van de alarmeringsprocedure wordt op dit moment in samenspraak met de brandweer uitgewerkt (verhouding met landelijke VL-stationsomroepinstallatie, borging van snelle inschakeling zodra de brandweer dat nodig acht). Als de procedure naar mening van de brandweer niet op bevredigende wijze kan worden geborgd in de spoororganisatie (snel beschikbare én bevoegde aanspreekpunten bij VL/SMC voor OHD) eist de brandweer een eigen ontruimingsalarmeringsknop in de brandweercommandoruimte (BCR).

9.6. Analyses en berekeningen

9.6.1. Doelstelling
De evacuatieanalyse is specifiek gericht op het verkrijgen van gegevens ter nadere onderbouwing van besluitvorming over de volgende ontwerpvragen:
- primair: hart-op-hart afstand van de vluchtdeuren in de scheidingswand tussen beide sporen;
- secundair: breedte van de vluchtdeuren.

Uit de modellering volgen gegevens omtrent evacuatietijd, personendichtheden en eventuele kritieke locaties, die mede als basis dienen voor deze besluitvorming.

In de praktijk is in een menigte bij dichtheden tot circa 4 pers/m² nog enige doorstroming mogelijk, zij het erg beperkt. Er is dan sprake van een sterk verminderde loopsnelheid door onderling contact en er wordt nog slechts langzaam voortbewogen. Bij verder verdichting loopt de menigte vast. De uitgevoerde evacuatieanalyse is daarom gericht op de situatie waarin nog doorstroming mogelijk is. In het simulatiemodel komt dit tot uitdrukking in de maximering van de lokale personendichtheid tot 4,2 pers/m^2 (verder aangeduid als zgn. modelmaximum). Hogere dichtheden zijn niet mogelijk als modeluitkomst.

9.6.2. Scenario's noordelijk tunnelbaanvak
In de analyse worden de volgende scenario's onderscheiden voor het noordelijk tunneldeel:
a) trein aan de noordzijde van het noordelijk tunneldeel, grenzend aan de tunnelmond;
b) trein in het midden van het noordelijk tunneldeel;
c) trein aan de zuidzijde, grenzend aan het perron.

In de analyse is een brand bij de zuid- en noordkop van het rijtuig beschouwd.

De incidenttrein op de middenlocatie is maatgevend voor de loopafstand en ontruimingstijden in de spoortunnel. Het basisconcept van ontvluchting betreft ontvluchting naar perron óf tunnelmond. Het trappenhuis T2 (halverwege noordelijk tunneldeel) is wel onderdeel van het ontwerp, maar primair als toetredingspunt. Om die reden is er in de analyse geen doorstroomcapaciteit toegekend (conservatieve benadering). Het middenlocatie-scenario b) is - mede op basis van de mogelijke seinbeelden - uitgewerkt voor twee scenariovarianten van de brandlocatie op het rijtuig (zuid- of noordkop). De tot stilstand gekomen incidenttrein bevindt zich in één van beide kokers, waarbij het uit oogpunt van evacuatie in verband met de spiegelsymmetrie van de tunnel in beginsel geen verschil maakt in welke koker.

Uit oogpunt van repressie (toetreding tot de incidentlocatie) is er wél verschil (T2 is als toetredingspunt voor hulpdiensten geprojecteerd). Echter omdat zelfredzaamheid uitgangspunt is in de evacuatie, komt dit niet tot uitdrukking in de evacuatieanalyse. Zie voor de analyse van de repressie Hoofdstuk 10.

9.6.3. Gevoeligheidsanalyse tussenafstand vluchtdeuren

In deze scheidingswand tussen de twee enkelsporige buizen zijn doorgangen (schuifdeuren) aanwezig. In de evacuatieanalyse voor de spoortunnel (maatgevend noordelijk tunneldeel) zijn voor de hart-op-hartafstand van de vluchtdeuren twee ontwerpopties onderzocht:

- 150 m: 5 vluchtdeuren in noordelijk tunneldeel (N1 t/m N5);
- 75 m: 11 vluchtdeuren in noordelijk tunneldeel (N1 t/m N11).

Aan de deuren is bij een effectieve breedte van 2,0 m een doorstroomcapaciteit toegekend van 4,8 pers/s. Dit sluit aan bij de doorstroomcapaciteit van een deur bij zgn. ‘normaal ontruimen’ (2,40 pers/m/s) in het Brandbeveiligingsconcept voor gebouwen met een publieksfunctie (MinBiZa, 1995). ‘Normaal ontruimen’ is ook uitgangspunt in het Bouwbesluit.

Ter vergelijking: voor ‘comfortabel ontruimen’ wordt in het *Brandbeveiligingsconcept voor gebouwen met een publieksfunctie* een maximaal aan te houden doorstroomcapaciteit van 1,20 pers/m/s aangegeven. Deze benadering (‘comfortabel ontruimen’) wordt niet maatgevend geacht als uitgangspunt voor de analyse van de evacuatieomstandigheden van TSD.

9.6.4. Simulatieresultaten

Hart-op-hartafstand vluchtdeuren 150 m

Onderstaand staan de resultaten vermeld voor een hart-op-hartafstand van de vluchtdeuren van 150 m.

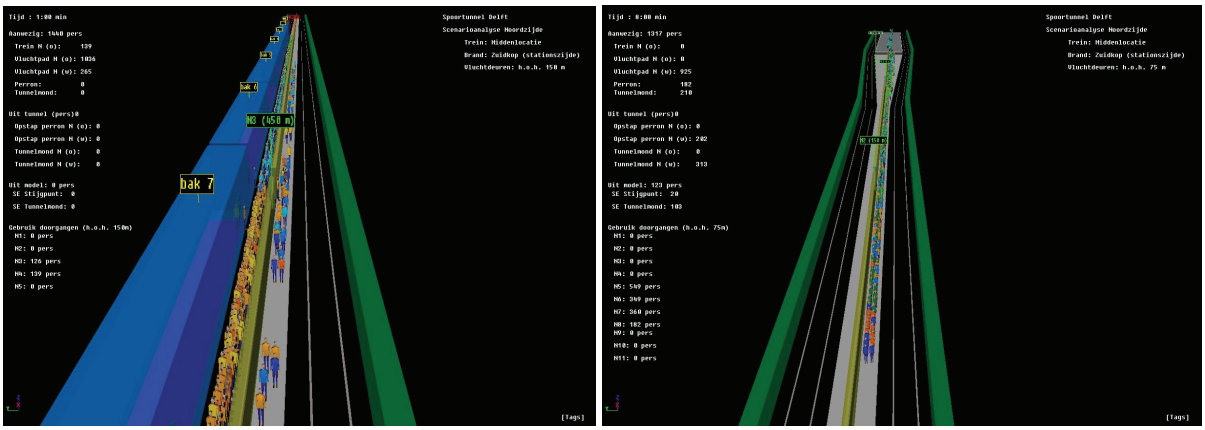
Figuur 9-4 Simulatie bij deuren h.o.h. 150 m. Links: t= 5:00 min bij deur N3; Rechts: t= 8:00 min bij tunnelmond Noord.

Tabel 9-2 Evacuatieverloop trein Middenlocatie (tM) bij vluchtdeuren h.o.h. 150 m.

trein Middenlocatie (tM)	**brand Zuid (bZ)**	**brand Noord (bN)**
Brandlocatie	treinkop stationszijde (t.h.v. vluchtdeur N2)	treinkop tunnelmondzijde (t.h.v. vluchtdeur N4)
Bezetting trein [pers]	1.440	1.440
Vluchtrichtingverdeling	kortste vluchtroute	kortste vluchtroute
Evacuatieverloop [min]		
- trein ontruimd	2,0 (incidentbak); 1,0 (overig)	2,0 (incidentbak); 1,0 (overig)
- incidentbuis ontruimd	**7,3**	**7,9**
- veilige buis ontruimd	15,9	16,4
Gebruik vluchtdeuren [pers] (incidentbuis → veilige buis)		
- N1 (150 m vanaf perron)	0	0
- N2 (300 m)	(blokkade door brand)	420
- N3 (450 m)	1.020	1.020
- N4 (600 m)	420	(blokkade door brand)
- N5 (750 m)	0	0
Gebruik tunneluitgangen [pers]		
- perrontrap incidentbuis	0	0
- tunnelmond incidentbuis	0	0
- perrontrap veilige buis	510	930
- tunnelmond veilige buis	930	510
Maximale dichtheid [pers/m^2]		
- vluchtpad in incidentbuis	4,2 (modelmaximum) 375-450 m vanaf perron; tussen t=1:10 en 4:20 min	4,2 (modelmaximum) (425-550 m vanaf perron; tussen t=1:10 en 5:20 min)
- vluchtpad in veilige buis	3,0 (100-125 m vanaf perron; tussen t=7:50 en 8:00 min)	3,0 (modelmaximum) (800-850 m vanaf perron; tussen t=11:10 en 11:20 min)

Hart-op-hartafstand vluchtdeuren 75 m

Onderstaand staan de resultaten vermeld voor een hart-op-hartafstand van de vluchtdeuren van 75 m.



Figuur 9-5 Simulatie met deuren h.o.h. 75 m. Links: t= 1:00 min bij deur N6; Rechts: t= 8:00 min bij deur N1/perron.

Tabel 9-3 Evacuatieverloop trein Middenlocatie (tM) bij vluchtdeuren h.o.h. 75 m.

trein Middenlocatie (tM)	brand Zuid (bZ)	brand Noord (bN)
Brandlocatie	treinkop stationszijde (t.h.v. vluchtdeur N4)	treinkop tunnelmondzijde (t.h.v. vluchtdeur N8)
Bezetting trein [pers]	1.440	1.440
Vluchtrichtingverdeling	geen voorkeursrichting	geen voorkeursrichting
Evacuatieverloop [min]		
- incidenttrein ontruimd	2,0 (incidentbak); 1,0 (overig)	2,0 (incidentbak); 1,0 (overig)
- incidentbuis ontruimd	**4,0**	**4,1**
- veilige buis ontruimd	11,5	11,6
Gebruik vluchtdeuren [pers] (incidentbuis → veilige buis)		
- N1 (75 m vanaf perron)	0	0
- N2 (150 m)	0	0
- N3 (225 m)	0	0
- N4 (300 m)	(blokkade door brand)	180
- N5 (375 m)	550	350
- N6 (450 m)	350	360
- N7 (525 m)	360	550
- N8 (600 m)	180	(blokkade door brand)
- N9 (675 m)	0	0
- N10 (750 m)	0	0
- N11 (825 m)	0	0
Gebruik tunneluitgangen [pers]		
- perrontrap incidentbuis	0	0
- tunnelmond incidentbuis	0	0
- perrontrap veilige buis	720	710
- tunnelmond veilige buis	720	730
Maximale dichtheid [pers/m^2]		
- vluchtpad in incidentbuis	4,2 (modelmaximum) (350-375m vanaf perron; tussen t=1:00 en 2:50 min)	4,2 (modelmaximum) (525-550m vanaf perron; tussen t=1:00 en 2:30 min)
- vluchtpad in veilige buis	3,2 (525-550m vanaf perron; tussen t=2:20 en 2:50 min)	3,3 (modelmaximum) (525-550m vanaf perron; tussen t=2:50 en 4:10 min)

9.6.5. Beschouwing van de resultaten

Ontruimingsduur

De h.o.h.-afstand van de vluchtdeuren heeft aanzienlijke invloed op de ontruimingsduur van de incidentbuis en – in mindere mate – van de veilige buis. Bij een h.o.h.-afstand van 150 m is de ontruimingsduur van de incidentbuis 7 tot 8 min. Bij een h.o.h.-afstand van 75 m halveert deze tot ca. 4 min.

Bij beide h.o.h-afstanden wordt aan de formele TSI-eis voor de ontruimingsduur van de incidentbuis (maximaal 10 minuten) voldaan. De significant grotere ontruimingsduur bij een h.o.h.-afstand van 150 m wordt verklaard doordat dan 8,5 rijtuig (bijna twee derde van de treinlengte) geëvacueerd wordt via één enkele vluchtdeur. Bij 75 m blijft dat beperkt tot maximaal 4,5 rijtuig.

De evacuatieprestatie bij een h.o.h.-afstand van 75 m is echter aanmerkelijk beter en leidt tot een aanzienlijk kortere verblijftijd van personen in de incidentbuis. In het bijzonder is dit van belang voor brandscenario's waarbij de brandlocatie zich niet bevindt in het rijtuig dat het verst van het station staat. Omdat de ventilatierichting in de tunnel in het *safe haven*-veiligheidsconcept per definitie van het station af is, dan worden in een dergelijke scenario de rookgassen en hitte afkomstig van de brand over de resterende benedenstroomse treinlengte worden geblazen. Personen op het vluchtpad in de incidentbuis zijn dan blootgesteld aan rookgassen en hitte, hetgeen de kans op slachtoffers doet toenemen. Snelle vluchtmogelijkheden zijn dus noodzakelijk. Hierbij is van belang wat de snelheid is van de ontwikkeling van het brandvermogen (vorming van rook en hitte).

In het ongunstigste geval van een (zich met enige snelheid ontwikkelende) brand in het kopse rijtuig aan de stationszijde komt het vluchtpad over de gehele lengte van de trein onder de rook en hitte te staan. Bij een h.o.h.-afstand van 150 m is het deel van het vluchtpad tussen de brand en de eerstvolgende beschikbare vluchtdeur (ca. 150 m noordelijker) pas na 7 tot 8 min ontruimd.

Tot genoemd tijdstippen worden evacués dus mogelijk blootgesteld aan (weggeblazen) rook en hitte. De persoonlijke risico's die dit in de praktijk oplevert zijn afhankelijk van het stadium van de brand (beginnend versus ontwikkeld) en de mate van rookontwikkeling (brandend materiaal, temperatuur van de brand, menging met schone lucht als gevolg van langsventilatie etc.), alsmede van de lichamelijke gesteldheid c.q. verblijftijd in de rook van elke evacué. De voor spoortunnel Delft voorgestelde brandcurves gaan uit van een ontwikkeling van het brandvermogen voor een aluminium trein tot 5 MW binnen 2 à 3 min en 10 MW binnen 5 min en voor een stalen trein tot 5 MW binnen 10 min en 10 MW binnen 15 min (Ingason, 2004). Ook in de eerste minuten kan er dus reeds sprake zijn van een aanzienlijk brandvermogen. Dit impliceert dat het ontwerp een snelle ontvluchting mogelijk dient te maken.

Ook is van belang dat bij een h.o.h.-afstand van de vluchtdeuren van 150 m, in het *worst case*-scenario er slechts twee beschikbare vluchtdeuren aanwezig direct langs de treinlengte (ca. 300 m): één halverwege, één op een van beide treinkoppen; de deur bij de andere treinkop is onbruikbaar c.q. geblokkeerd door de brand in het rijtuig. Bij een afstand tussen de vluchtdeuren van 75 m zijn er vier beschikbare vluchtdeuren. Mocht er om wat voor reden dan ook een verminderde doorstroming ontstaan bij één van de beschikbare deuren (bijv. door zgn. boogvorming), dan leidt een grote h.o.h.-afstand tot een mindere evacuatieprestatie dan bij een kleinere h.o.h.-afstand. Opgemerkt wordt dat er in geval van boogvorming (hoge dichtheden, bijv. ruim groter dan 4 pers/m^2) geen sprake meer is van een zgn. "normale" ontruiming, zoals uitgangspunt is in het Bouwbesluit.

Noot: Ook uit oogpunt van repressie zijn de h.o.h.-afstanden van de vluchtdeuren van belang, in het bijzonder voor de toetredingsmogelijkheden van de hulpdiensten. Toetreding tot de oostbuis kan (afhankelijk van de incidentlocatie) plaats vinden via het toetredingstrappenhuis T2. Om de westbuis te bereiken dient men vervolgens nog door de vluchtdeuren in de middenwand te gaan. Hoe meer vluchtdeuren beschikbaar zijn, hoe meer vrijheidsgraden de hulpdiensten hebben om de incidenttrein te benaderen en hoe korter at te leggen afstanden (evt. met adembescherming en materieel) zijn. Hetzelfde geldt voor het redden van evt. slachtoffers.

Een h.o.h.-afstand van 75 m biedt een aanzienlijk hoger veiligheidsniveau (kortere verblijftijd in rook en hitte, minder gevoeligheid voor blokkade van één deur, betere toetredingsmogelijkheden hulpdiensten) dan een h.o.h.-afstand van 150 m. Geconcludeerd wordt dat een kleinere h.o.h.-afstand een structureel hoger veiligheidsniveau impliceert voor de evacués.

Vluchtrichtingverdeling

De simulaties zijn erop gebaseerd dat de voorkeur van de evacués voor een vluchtrichting aansluit bij de kortste looproute naar een veilige plaats. Dit geldt zowel voor de incidentbuis als de veilige buis. Dit wordt gestimuleerd door de vereiste adequate vluchtwegaanduiding met vermelding van af te leggen loopafstanden tot de vluchtdeur en het perron resp. de tunnelmond. De reguliere transparant- en accentverlichting bij elke deur geeft de plaats van doorgang aan.

In de praktijk kan sprake zijn van een iets minder evenwichtige verdeling (voornamelijk vanuit de vluchtdeur halverwege de tunnel). Het is aannemelijk dat men voor vluchten richting het station een lichte voorkeur zal hebben (in vergelijking met de tunnelmond). Dat is immers bekend terrein voor een deel van de reizigers. Bedacht moet worden dat deze voorkeur in de praktijk alleen te realiseren is voor personen door middelste vluchtdeur naar de veilige buis vluchten. Voor evacués via de andere (noordelijker) deuren geldt nl. dat zij tegen de hoofdstroom in zullen moeten gaan. In verband met de beperkte vluchtpadbreedte (maximaal plaats voor 2 personen naast elkaar) zal dit niet snel gebeuren.

Een iets gewijzigd verdeling zal nauwelijks consequenties hebben voor de tijdsduur van de ontruiming van de veilige buis, aangezien de loopafstand naar station of tunnelmond vanuit de middelste vluchtdeur gelijk zijn (en de looptijd maatgevend is).

Lokale dichtheden
In de simulaties is over de gehele lengte van beide vluchtpaden de lokale dichtheid berekend. Dit is berekend als het gemiddelde over een deellengte van 25 m. Uit de simulaties blijkt dat het genoemde modelmatig maximum van 4,2 pers/m^2 in elk scenario steeds op één locatie op elk vluchtpad ook daadwerkelijk wordt gehaald, gedurende circa 1 minuut, op een tijdstip in het beginstadium van de ontruiming. Dit wordt veroorzaakt door het invoegen van een personenstroom vanaf het vluchtpad in de incidentbuis (komend van beide kanten) in de aanhoudende personenstroom die reeds op het pad in de veilige buis tot ontwikkeling is gekomen (in één van beide vluchtrichtingen).

In de incidentbuis ontstaat een wachtrij nabij de vluchtdeur waardoor daar de intensiteit toeneemt. Binnen circa 1 minuut is de stroom in de veilige buis gepasseerd en is een deel van de wachtrij weggewerkt, zodat de dichtheid in de incidentbuis weer afneemt. Het punt van maximale dichtheid in de incidentbuis ligt steeds rond de eerstbeschikbare vluchtdeur vanaf de brandlocatie. Dit is in overeenstemming met de verwachting, omdat de blokkade van de vluchtdeur ter hoogte van de brand een grotere opdruk op de eerstbeschikbare deur genereert. In de veilige buis wordt de maximumdichtheid ook gevonden voor de locatie waar de invoegende stroom alle resterende doorstroomcapaciteit van de vluchtdeur en het pad in de veilige buis benut.

Op enige afstand aan weerszijden van dit punt is de (maximaal) gevonden dichtheid lager (variërend van 0 tot 4 pers/m^2). In de praktijk zou in het *worst case*-scenario de hoogste dichtheid lokaal nog iets hoger kunnen uitvallen dan het modelmaximum. Dat zal de loopsnelheid lokaal iets doen afnemen. Gezien de korte duur van deze piek en – voornamelijk bij een hart-op-hartafstand van de vluchtdeuren van 75 m - de betrekkelijk korte ontruimingsduur van de incidentbuis is dit echter niet al te bezwaarlijk. Dit laatste is van belang omdat het feit dat zich wachtrijvorming voordoet in de incidentbuis dus geenszins betekent, dat niet aan de formele eis voor ontruimingstijd van de incidentbuis wordt voldaan.

Doorstroombreedte vluchtdeuren
De doorstroombreedte van de vluchtdeuren is van belang voor de ontruimingsduur van de incidentbuis. Er is in de simulatie niet gevarieerd met de doorstroombreedte: aangehouden is 2 m. De TSI zelf stelt in Art. 4.2.2.6.4 dat de deur naar de andere buis minimaal 1,40 m breed moet zijn (de eventuele aansluitende passage minimaal 1,50 m). Het voorstel voor aanvullende Bouwbesluit-eis voor treintunnel Art. 2.148 lid 4 eist een vluchtdeur van minimaal 1,80 m op basis van deurbreedte = 1,5 * vluchtpadbreedte (vluchtpadbreedte is hier 1,20 m).

Noot: De effectieve vluchtpadbreedte is groter dan 1,20 m, aangezien er slechts aan één zijde een wand (met railing) aanwezig is. Aan de andere zijde staat de stilstaande trein. Tussen de rand van het vluchtpad en de stilstaande trein is een marge aanwezig. Hierdoor kunnen personen langs de rand van het vluchtpad met hun schouders bewegen in een deel van het kinematisch omgrenzingsprofiel van de trein. Dit is gunstig voor de maximale doorstroomcapaciteit van het vluchtpad. In het kader van de Noord/Zuidlijn-metro is ook gerechtelijk vastgesteld, dat de effectieve breedte van bijv. een trap of roltrap met leuning op heuphoogte, groter is dan de tredebreedte.

Vooral bij een grotere h.o.h.-afstand van de vluchtdeuren is het raadzaam om in de doorstroombreedte van de vluchtdeuren enige marge te kiezen. Dit is vooral omdat de opdruk op de vluchtdeuren bij een grotere h.o.h.-afstand van de vluchtdeuren groter is (meer personen via die deur, toestroom over langer tijdsinterval) en de gevolgen van een eventueel (tijdelijk) knelpunt (blokkade) in de doorstroming door één van de deuren dan ook groter is. De kans op boogvorming neemt af naarmate de doorstroombreedte groter is. Een iets grotere doorstroombreedte is een relatief eenvoudig door te voeren ontwerpmaatregel. In de simulatie is een maximale intensiteit van de stroom door de deuren gevonden tot 4,0 pers/s. Hierin is weinig verschil tussen een h.o.h.-afstand van de vluchtdeuren 75 of 150 m (bij 150 m op bepaalde locaties iets hoger). In vergelijking met de theoretische doorstroomcapaciteit van 4,8 pers/s (2 m bij 2,40 pers/m/s, zie toelichting in § 9.6.3) is er dus sprake van een zekere marge, die op de drukke punten van nut kan zijn in de bevordering van de afwikkeling van de ontruiming.

Logischerwijs heeft het weinig zin de breedte verder te vergroten indien de afvoercapaciteit van het vluchtpad (uitgangspunt is éénrichtingsverkeer op het pad in de veilige buis) aan de andere zijde reeds maatgevend is geworden. Echter, voor een vluchtdeur nabij de brandlocatie geldt dat een grotere capaciteit het mogelijk maakt om zich sneller te verwijderen van de risicobron (hitte, rook). Het vluchtpad in de veilige buis aan weerzijden van de vluchtdeur fungeert dan als tijdelijk opvangoppervlak in veilig gebied (buffer), alvorens een voortzetting van de ontruiming plaats vindt. Het is wel zo dat een groter doorstroomprofiel van deuren, meer mogelijkheid van rookdoorgang schept. Het belangrijkste hierin is de deurhoogte maar ook de breedte is van belang, en dan met name bij branden met minder hoge temperaturen en dus met minder stratificatie, bijv. beginnende branden. Opgemerkt wordt dat als gevolg van de aanwezigheid van langsventilatie er vermenging van rook met schone lucht optreedt, waardoor bij betrekkelijk kleine branden (of evt. een beginstadium van een grotere brand) de rookconcentratie daalt en daarmee de vluchtomstandigheden gunstiger worden.

9.6.6. Conclusies

De volgende conclusies worden getrokken uit de simulatiestudie van ontvluchting van de tunnel:

- Het maatgevende scenario omvat de volgende componenten:
  - de ontruiming van een reizigerstrein die zich bevindt halverwege het noordelijk tunnelbaanvak;
  - brand in een van de beide kopse rijtuigen (noord- of zuidkop);
    (Brand in het kopse rijtuig aan de stationszijde heeft als bijkomend nadeel dat de gehele trein (gegeven de langsventilatierichting) benedenstrooms van de brandlocatie ligt en dat de ontstane rook hierdoor over/langs de gehele trein wordt geblazen).
  - de brandlocatie bevindt zich ter hoogte van een vluchtdeur die hierdoor onbruikbaar raakt.
- Ontruimingsduur van incidentbuis (met gevoeligheidsanalyse van vluchtdeurafstand):
  - 75 m: ca. 4 min (vanaf start van treinontruiming);
  - 150 m: ca. 7 à 8 min (idem);
  - Halvering van de hart-op-hart-afstand halveert de ontruimingstijd van de incidentbuis.
- Ontruimingsduur van veilige buis (niet-incidentbuis):
  - 75 m: ca. 8 min (totaalontruiming voltooid na ca. 12 min vanaf start van treinontruiming);
  - 150 m: ca. 8 min (totaalontruiming ca. 16 min vanaf start van treinontruiming);
  - doorstroomcapaciteit van toetredingstrappenhuis T2-oostzijde (middenpositie noordelijk tunnelbaanvak) is niet meegerekend (ALARA-voorziening, aanvullend op basisvluchtconcept).
- Gevoeligheidsanalyse van vluchtdeurtussenafstand:
  - Ontruimingstijd van incidentbuis voldoet bij beide tussenafstanden aan TSI-eis (max. 10 min).
  - Tussenafstand van 75 m i.p.v. 150 m biedt evacués een significant hoger veiligheidsniveau.
  - Mogelijkheid om incidentbuis sneller te verlaten (meer doorgangen naar veilige buis);
  - Gunstiger belasting op vluchtdeuren door betere spreiding (gunstig voor doorstroming);
  - Blokkade van een vluchtdeur door brand minder ingrijpend door nabijheid van alternatief;
- Doorstroombreedte van 2 m van de vluchtdeuren biedt een adequate doorstroomcapaciteit met en nuttige marge voor een snellere lokale ontruiming in de nabijheid van een brandlocatie.
- Bij een gelijkmatiger verdeling van de evacués over de beschikbare vluchtrichtingen station en tunnelmond neemt de dichtheid op het vluchtpad in de veilige buis af.

9.7. Programma van Eisen

9.7.1. Compartimentering tunnel
Zie PvE in § 6.4.

9.7.2. Vluchtroutes in tunnel
In onderstaande tabel staan de beschikbare vluchtroutes in tunnel (en station) vermeld.

Tabel 9-4 Vluchtroutes & toetredingsroutes in TSD (aanwezig in 2- én 4-sporige situatie, tenzij anders vermeld).

Nr.	Locatie	Zijde	Bouwdeel	Kilometrering (indicatief)	Functie in vh.concept	
					Vluchten	Toetreding
T8-N	Tunnelmond Noord	n.v.t.	baanvak Noord	< km 68,40	X	X
-	-	-	*Tunnelmond*	*km 68,40*		
T1	Tunnelmond Noord	oostzijde	baanvak Noord	km 68,43	X	X
	Tunnelmond Noord	westzijde	baanvak Noord	km 68,43	X	X
T2	Midden noordelijk tunnelbaanvak	oostzijde	baanvak Noord	km 68,85		X
	Midden noordelijk tunnelbaanvak (4-sporige situatie / PSS) [1]	westzijde	baanvak Noord	km 68,85		X
T3	Vluchttrap op noordelijke perronkop	perron(s)	station	km 69,30	X	X
T4	Stijgpunt via mezzanine naar stationshal (tweezijdig)	perron(s)	station	km 69,36-69,40	X	X
T4-additioneel	Stijgpunt naar fietsenstalling boven sporen	perron(s)	station	km 69,50	X	X
T5	Vluchttrap op zuidelijke perronkop	perron(s)	station	km 69,60	X	X
T6	Tunnelmond Zuid	westzijde	baanvak Zuid	km 70,18	X	X
-	-	-	*Tunnelmond*	*km 70,20*		
T7	Tunnelmond Zuid	oostzijde	baanvak Zuid	km 70,33	X	X
T8-Z	Tunneltoerit Zuid (inspectiepad/geen trappenhuis)	n.v.t.	baanvak Zuid	> km 70,33	X	X

[1] T2 westzijde wordt additioneel gerealiseerd in 4-sporige situatie, indien Parkeergarage Spoorsingel (PSS) doorgaat.

- één vluchtpad per buis gepositioneerd langs de middenwand:
  - effectieve doorstroombreedte 1,20 m;
  - niveau loopvlak BS + 0,35 m;
  - passeermogelijkheid (twee personen kunnen naast elkaar staan/lopen);

- vluchtdeuren (schuifdeuren) in de middenwand:
  - h.o.h.-afstand: 75 m (totaal 11 deuren per tunnelbuis);
  - niet vergrendeld in reguliere bedrijfstoestand;
  - effectieve doorstroombreedte: 2,0 m;
  - kleur groen RAL 6024;

- vluchttrappen naar maaiveld (tevens brandweertoetredingsroutes):
  - directe route naar buitenlucht/maaiveld m.u.v. T4 (stationshal) en T4-additioneel (rijwielstalling);
  - breedte van de vluchttrappen 2,0 m (ook evt. vervolgroute);
  - geen vergrendeling in normale situatie.

9.7.3. Verlichting en vluchtwegaanduiding in tunnel
- vluchtwegverlichting:
  - reguliere vluchtwegverlichting:
    - vluchtpad in gehele tunnel en aansluitende vluchtroutes (trappen, gangen e.d.): min. 10 lux;
    - automatische inschakeling bij incidenten

Noot: niet-incidentsituatie: te allen tijde verlichtingsniveau minimaal 1 lux.
  - noodverlichting (uitval van reguliere stroomvoorziening):
    - noodstroomvoorziening type B2 met 120 min beschikbaarheidsgarantie;
    - gelijkmatige vluchtwegverlichting van genoemde vluchtwegen;
    - minimaal 10 lux op loopvlak;

- verlichte handrail langs vluchtpad in tunnel.

- vluchtwegmarkering (NEN 6088):
  - groene reflecterende vluchtwegpictogrammen;
  - hart-op-hart-afstand 25 m langs het gehele vluchtpad in de tunnel;
  - aanduiding van vluchtrichting naar de dichtstbijzijnde vluchtdeuren;
  - nalichttijd van minimaal 120 min;
  - montagehoogte 1,80 m boven loopvlak.

- vluchtdeurmarkering (NEN 6088);
  - transparantverlichting:
    - verlichte markering boven deuren naar andere tunnelbuis of vluchttrap/vluchtgang;
    - plaatsing onder hoek van 45 graden met wand (vanuit alle richtingen afleesbaar);
    - permanente inschakeling (ook in reguliere bedrijfstoestand);
    - noodstroomvoorziening type B2 met 120 min beschikbaarheidsgarantie;
  - accentverlichting:
    - verlichting van omtrek van deuren naar andere tunnelbuis of vluchttrap/vluchtgang;
    - lichtkleur afwijkend van overige aanwezige verlichting;
    - alleen ingeschakeld in geval van incident.
    - noodstroomvoorziening type B2 met 120 min beschikbaarheidsgarantie;

- plaatsinformatie (NEN 6088):
  - aan weerszijden van elke vluchtdeur op de middenwand;
  - iedere 75 m (hart-op-hart-afstand vluchtdeuren).

9.7.4. Noodstroomvoorziening
Zie PvE in § 5.12.9.

9.7.5. Ontruimingsalarmering
- ontruimingsalarminstallatie (OAI):
  - fietsenstalling;
  - perronniveau, met meertalig gesproken woord (geen *slow-whoop*) (onder voorwaarden evt. functioneel in te vullen via de stationsomroepinstallatie, bediend door de VL);
  - stationshal (buiten scope TSD, raakvlakeis).
- verdrijvingssignaal (visueel) in de tunnelbuizen;
- snel te doorlopen activeringsprocedure zodra brandweer bevel geeft tot ontruimen van TSD.

9.7.6. Raakvlakeisen
- maaiveldinrichting
  - inpassing van uitgangen van trappenhuis T2 van tunnel naar maaiveld
    - afscherming van de contour van de uitgang met paaltjes;
    - inpassing van de uitgang in voetgangersgebied (dus niet binnen contour van een rijweg);
    - goede bereikbaarheid van uitgang voor hulpdiensten (tevens toetredingslocaties);
    - adequate opstelmogelijkheden voor hulpdiensten op maaiveld.

10. REPRESSIE TUNNEL EN STATION

10.1. Algemene benadering

De ondergrondse ligging van het spoorbaanvak en het station stelt bijzondere eisen aan de voorzieningen die noodzakelijk voor een adequate repressie. Het gaat hierbij om:

- bronbestrijding (bestrijding van eigenlijke incident);
- effectbestrijding, waaronder redding van en medische hulpverlening aan personen.

Het opstellen van aanvalsplannen en de concrete repressie is de verantwoordelijkheid van de OHD.

10.2. Wet- en regelgeving

Bouwbesluit 2003

- Art. 2.183 *Stuurartikel* Lid 1
  Een te bouwen bouwwerk is zodanig dat personen kunnen worden gered en brand kan worden bestreden.
- Art 2.186 *inrichting* Lid 2
  Een bouwwerk geen gebouw zijnde is zodanig ingericht dat gebruikers daarvan bij brand binnen redelijke tijd door de brandweer kunnen worden gered.
- Art. 2.190 *stuurartikel* Lid 1
  Een te bouwen bouwwerk heeft zodanige voorzieningen voor de bestrijding van brand, dat brand binnen redelijke tijd kan worden bestreden.

In het Bouwbesluit worden voornamelijk functioneel geformuleerde eisen gesteld. Invulling is mede afhankelijk van de lokale omstandigheden wat betreft inrichting van de omgeving (onder andere stratenplan), het beschikbare bestrijdingsmaterieel van het brandweerkorps. Hierover heeft een uitgebreid overlegproces met de lokale hulpdiensten (met name brandweer) plaats gevonden. Het Bouwbesluit schrijft slechts beperkt concrete repressievoorzieningen voor.

- brandcompartimentering (mede belang voor aanvalsmogelijkheden);
- handblusvoorzieningen in overige gebruiksfunctie (met name blussing van beginnende branden);

TSI-SRT

TSI Art. 4.2.2.11 *Toegang voor hulpverleningsdiensten* stelt de volgende eisen:

- Hulpverleningsdiensten moeten de tunnel via tunnelmonden en/of daarvoor geschikte nooduitgangen binnen kunnen gaan. Toegangswegen moeten minimaal 2,25 m breed en 2,25 m hoog zijn. De infrastructuurbeheerder moet in calamiteitenplan aangeven welke toegangswegen beschikbaar zijn.
- Waar het calamiteitenplan toegang over de weg vereist, moet deze zich zo dicht mogelijk bij het geplande vluchtgebied bevinden. Alternatieve toegangsmogelijkheden moeten worden beschreven in het calamiteitenplan.

Zie ook aspect *redding bij incidenten* in TSI Art. 4.2.2.6 en 7 in § 9.2.

VEST

VEST Art. 4.2.2.11 stelt de volgende aanvullende eisen:

- Elke uitgang moet door de hulpverleners gebruikt kunnen worden als ingang, zonder de tussenkomst van derden.
- Een deel van de uitgangen wordt in overleg met de brandweer aangewezen als primaire toegangspunten; daarvoor gelden de in de TSI genoemde minimum afmetingen.
- Toegangen voor hulpverlening die geen deel uitmaken van de primaire toegangspunten en geen vluchtuitgang zijn, zijn ten minste 0,85 m breed en 2,1 m hoog.
- De primaire toegangspunten zijn over de weg bereikbaar, waarbij gelijktijdig verkeer van en naar de opstelplaatsen mogelijk moet zijn.
- De toegangswegen zijn geschikt voor incidenteel gebruik door een hulpverleningsvoertuig met een aslast van 10 ton.

10.3. Algemeen basisconcept

In het TSD-veiligheidsontwerp zijn diverse repressieve voorzieningen opgenomen ten behoeve van de hulpdiensten. Op hoofdlijnen worden deze als volgt worden onderverdeeld:

- algemene mogelijkheden voor brandbestrijding (niet-GS);
- algemene mogelijkheden voor geneeskundige hulpverlening (incl. gewondentransport);
- algemene mogelijkheden voor bestrijding van incidenten met gevaarlijke stoffen;
- bereikbaarheid, toetredingspunten tot ondergrondse constructie en aanvalsroutes;
- brandbestrijdingsvoorzieningen in tunnel en station;
- informatievoorziening, communicatie en bediening van veiligheidsinstallaties voor OHD;
- branddetectie en ontruimingsalarmering.

10.4. Uitgangspunten

Scenario's maatgevend voor repressievoorzieningen

Het ontwerp van de repressievoorzieningen voor de OHD zijn afgestemd op kleine en middelgrote scenario's die nog op effectieve wijze te beheersen zijn. Het gaat dan om de volgende scenariotypen:

- een (reizigers)treinbrand in het beginstadium van ontwikkeling (niet-GS);
- vrijkomen van beperkte hoeveelheid brandbare stof: kleine plas(brand) of lage gasconcentraties;
- vrijkomen van (zeer) kleine hoeveelheid toxische stof: kleine plas of (zeer) lage gasconcentraties.

Preventie van omvangrijke scenario's

Omvangrijke scenario's zoals een volledig ontwikkelde reizigerstreinbrand, instantaan vrijkomen van totaalinhoud van een ketelwagon met toxische stoffen en een zeer grote (plas)brand zijn niet maatgevend gekozen voor het ontwerp van de repressieve voorzieningen van TSD. Reden hiervoor is dat de inzetmogelijkheden van de hulpdiensten (bronbestrijding, redding) bij dergelijke geëscaleerde incidenten in ondergrondse constructies (in TSD én in het algemeen) zeer beperkt zijn, mede vanwege de vaak onacceptabel grote persoonlijke risico's voor het brandweerpersoneel. De schade wordt in dergelijke gevallen geaccepteerd. Schadebeperking aan de TSD-constructie is geen primaire brandweertaak.

In het veiligheidsconcept voor TSD ligt voor wat betreft deze omvangrijke scenario's de nadruk daarom op preventie (beperking van de ongevalskans) en zelfredzaamheid (bevorderen van ontvluchting indien desondanks een incident optreedt). Grote scenario's hebben door algemene en projectspecifieke preventieve maatregelen (zie Hoofdstuk 3 *Preventie*) een zeer kleine kans van optreden.

10.5. Analyses en berekeningen

De volgende analyses zijn uitgevoerd:

- *Scenarioverkenning Spoortunnel Delft*, Werkgroep integrale veiligheid (Brandweer Haaglanden Delft-Rijswijk & DTB) d.d.16 juni 2006;
- *Quick scan van kritische scenario's voor de geneeskundige hulpverlening (GHOR) bij de spoortunnel te Delft*, Stichting Werkgemeenschap tussen Techniek en Zorg, P. van der Torn, mei 2007.
- repressie bij GS-incidenten is beschouwd in § 10.8 Bestrijding incidenten met gevaarlijke stoffen.

10.6. Analyse brandbestrijding en hulpverlening

10.6.1. Aanpak

Binnen de Werkgroep Integrale Veiligheid is een scenarioverkenning voor repressie uitgevoerd. De werkgroep bestond uit vertegenwoordigers van Brandweer Delft-Rijswijk en DTB.

Scenarioverkenning Spoortunnel Delft, Werkgroep integrale veiligheid
(Brandweer Haaglanden Delft-Rijswijk & DTB) d.d.16 juni 2006

De scenarioverkenning is uitgevoerd met de volgende gelede doelstelling:
a. inzicht bieden in het samenspel van maatregelen en repressie en grenzen van het systeem, en
b. daarmee de maatregelen ten behoeve van de vraagspecificatie vastleggen.

10.6.2. Uitgangspunten

De analyse brandbestrijding en hulpverlening heeft zich met name gericht op de scenario's met reizigerstreinen (niet GS-treinen). De uitgangspunten voor (reizigers)treinbrandscenario's zijn als volgt:
- Er is sprake van één brandende trein in een tunnelbuis.
- Het ongunstigste scenario betreft een brandontwikkeling volgens de curve *Ingason-staal* zoals afgebeeld in § 4.7.4 *Maatgevend brandscenario*. Dit betreft een bovengrensscenario, onbelemmerd door eventuele brandbestrijding door de OHD. De brandontwikkeling (vermogen in de tijd) zal met een aanzienlijke kans gunstiger verlopen. De inzetmogelijkheden van de brandweer worden mede bepaald door het ontwikkelde brandvermogen: hoe lager het vermogen, hoe beter te bestrijden.

10.6.3. Analyseresultaten

In deze paragraaf worden samenvattend de aandachtspunten en eventuele (ontwerp)maatregelen gepresenteerd zoals dezen in de scenarioanalyse naar voren zijn gekomen. De indeling in veiligheidsinvalshoeken van de werkgroepsessies wordt aangehouden.

Tabel 10-1 Resultaten scenarioverkenning TSD: Detectie en melding

Detectie en melding		
Item	**Ontwerp TSD**	**Toelichting**
treinstilstanddetectie (TSS) / signalering	- treinstilstanddetectie met plaatsbepaling. - onderscheid/identificatie incidentkoker 1 of 2 - onderscheid tussen 4 baanvakdelen	- treinstilstanddetectie is een gegarandeerde wijze van incidentmelding (ook voor andere incidenten) dus hoge betrouwbaarheid en beschikbaarheid; TSS-detectie is functionele invulling van branddetectie in tunnel; - plaatsbepaling d.m.v. stilstanddetectie dient onderscheid te maken tussen de secties tussen de verschillende toetredingspunten voor de brandweer. De brandweer (TAS 100) rukt namelijk uit naar één van de toetredingspunten. Plaatsbepaling zal hiertoe inzicht moeten bieden naast onderscheid in kokers. · sectie Noord 1: baanvak km 68,85 – tunnelmond Noord; · sectie Noord 2: baanvak km 68,85 – Noordkop station; · sectie Station: Noordkop station – Zuidkop station; · sectie Zuid: baanvak Zuidkop station – tunnelmond Zuid.
	- doormelding TSS richting RAC met voorafgaande verificatie	- na verificatie van incident (via Mcn/machinist en Trdl/treindienstleider) wordt doorgemeld naar brandweer RAC. - daar TSS ook niet-brandincidenten signaleert is melding met verificatie te verkiezen om niet onnodig uit te rukken. - stelt eisen aan betrouwbaarheid organisatie Trdl en Mcn, dient geen foutieve filtering plaats te vinden.
automatisch branddetectie	- geen automatische branddetectie (temperatuur/rook) in tunnelbaanvakken	- een dergelijke systeem start pas nadat trein is stil komen te staan. Door aanwezige luchtstromingen in tunnel is branddetectie traag en minder betrouwbaar. Detecteert bij brand binnen treincompartiment pas bij bezwijken van ramen of open deuren. - Tunnel krijgt CCTV-camera´s ter verificatie van incidentmeldingen. - ventilatie wordt aangestuurd o.b.v. brandmelding via TSS en post Trdl.
CCTV-camera' s	- in tunnel camera´s opgenomen - uitleesbaar vanuit centrale bedienpost en brandweercommandoruimte (zuidelijke tunnelmond)	- ter ondersteuning van verificatie incidenten/alarmering. - ter ondersteuning van incidentbestrijding door hulpdiensten (plaatsbepaling, vaststellen ernst, ontwikkelingsfase), ook voor GS-incidenten. - beperkt zicht vanuit cameraposities (afhankelijk van treinpositie) wordt onderkend en geaccepteerd.

Detectie en melding		
Item	**Ontwerp TSD**	**Toelichting**
brandmeldinstallatie (ondergronds station)	- thermische branddetectie (lintdetectie) op perronniveau - calamiteitenmelders op perronniveau (SOS-knop op NS-zuilen)	- thermische branddetectie wordt door brandweer zinvol geacht gezien de aanwezigheid van aan te sturen installaties (o.m. RWA-installatie). - voor het ondergrondse station wordt (relevante regelgeving) een gedeeltelijke bewaking met doormelding voorgeschreven. - door te kiezen voor calamiteitenmelders met verificatie kunnen ongewenste meldingen worden beperkt, met voordelen voor zowel operationele treinprocessen (voorkomen onnodig stilleggen) alsook onnodig uitrukken van de brandweer. - *naschrift 2009: gekozen is voor SOS-knoppen op NS-servicezuil in plaats van handbrandmelders; dit zijn calamiteitenmelders die contact leggen met het NS Klant Service Center. Deze alarmeert de CMK.*

Tabel 10-2 Resultaten scenarioverkenning TSD: Operationele Procedures/afhandeling

Operationele Procedures/afhandeling		
Item	**Ontwerp TSD**	**Toelichting**
procedure *safe haven* bij treinbrand	- doorrijden naar station indien incident optreedt in tunnel voor aankomst op station. - tunnel uitrijden indien incident optreedt na verlaten station.	- het *Safe Haven*-concept van rijden naar het station alwaar evacuatie gecontroleerd en beheerst kan plaatsvinden. - sluit aan bij de *Generieke Operationele Regeling - Brand in tunnel. Vuistregels voor het treinpersoneel en de treindienstleider* (In deze vuistregels staat vermeld dat de machinist zo mogelijk de tunnel (hier: baanvak) uitrijdt of de trein tot stilstand brengt in de buurt van een vluchtplaats (hier: station)).

Tabel 10-3 Resultaten scenarioverkenning TSD: Langsventilatie tunnelbuis

Langsventilatie tunnelbuis		
Item	**Ontwerp TSD**	**Toelichting**
automatische opstart	- langsventilatie wordt bij incidentmelding automatisch opgestart naar vol vermogen.	- de automatische opstart van de langsventilatie na melding en door VL wordt wegens de potentiële tijdswinst verkozen (boven inschakeling ter plaatse na verkenning).
ventilatierichting	- opstart altijd van station af gericht	- de opstart bij incidenten in de tunnelbuis is altijd van het station af. Dit wordt als eenduidig en robuust beoordeeld, waarbij het station de Safe Haven blijft. Potentieel ongunstige incidentenontwikkelingen (brand bij treinkop, waardoor rook over trein wordt geblazen) voor (slechts) een deel van de scenario's worden hierbij onderkend en geaccepteerd.
bijsturing	- terug-/uitschakeling van ventilatie vanuit centrale bedieningspost én vanuit brandweercommandoruimte (bij zuidelijke tunnelmond).	- de automatische opstart naar vol vermogen kan bij specifieke situaties danwel na verdergaande brandontwikkeling aanpassing vragen om vluchtmogelijkheden, hulpverlening en repressie te verbeteren. - lokale mogelijkheden tot (terug)schakeling vanuit brandweercommandoruimte is wenselijk, naast de centrale bediening vanuit post-Trdl. - opgemerkt wordt dat aan volledig uitschakelen of terugschakelen risico's zijn verbonden door de dan optredende omschakeling van stromingsprincipe (van druk- naar temperatuurgestuurd). Ook zal het aanpassen van de situatie enkele min. duren. Dit vraagt nader onderzoek. - voorlopige keuzes worden installatietechnisch mogelijk gemaakt: a) volledig stoppen; b) terugschakelen tot ca. 20-30%; c) ventilatierichting omdraaien. - inschakeling op 20% mogelijk, ook voor werkzaamheden (Arbo-eisen).

Tabel 10-4 Resultaten scenarioverkenning TSD: Zelfredding

Zelfredding		
Item	**Ontwerp TSD**	**Toelichting**
vluchtprincipe spoortunnel	- vluchten naar de naastgelegen veilige buis en doorvluchten naar het station of tunnelmond	- het principe blijft onderschreven en sluit aan bij TSI. - onderkend is dat afhankelijk van de locatie ook door de incidentbuis zal worden gevlucht, hetgeen onvermijdelijk en ook acceptabel is.
ontruiming spoortunnel	- TSI/VEST-basisconcept met tussendeuren naar niet-incidentbuis elke 150 m voldoet	- ontruiming binnen 10 minuten van incidentbuis naar veilige buis haalbaar (op basis van evacuatiesimulaties in spoortunnel) bij één trein. - dit is niet haalbaar bij ontruiming van twee treinen (één in incidentkoker en één in naastgelegen baanvak) doordat reeds bezet vluchtpad in veilige buis uitstroming vanuit incidentbuis vertraagt. - ontruimen van de incident locatie verloopt te langzaam gezien de potentiële brand- en incidentontwikkeling binnen 10 min, zodat sprake kan zijn van vele slachtoffers. Grote winst bij meer deuren (ALARA).
ontruiming spoortunnel: tussenafstand vluchtdeuren	- optimalisatie deurafstand tot 75 m (ALARA).	- ALARA-optimalisatie van vluchtdeurafstand wenselijk uit oogpunt van veilig vluchten (maar ook repressie en hulpverlening, zie verderop): aanmerkelijke verkleining van verblijftijd in incidentbuis. - zwaarste brandscenario's kunnen zich binnen 5 minuten ontwikkelen. Bij incident aan bovenwindse zijde van de trein (bij langsventilatie) bevinden wachtenden op het looppad naast de trein zich in de rook totdat men (na uiterlijk 10 minuten) de veilige buis bereikt. Bij niet idealiter verlopend vluchtproces kan de evacuatieduur toenemen. - in zwaarste bezettingsgraadscenario's wordt ontruimingsduur voor noordelijke incidentbuis juist binnen 10 minuten gehaald. *[Naschrift 2009: Voor resultaten van evacuatiesimulaties voor spoortunnel en afweging deurafstand zie Hoofdstuk 9 Ontvluchting tunnel]*
vluchtroutes TSD	- Tunnelmond Noord (i.c.m. brandweertoetreding) - perron Noordkop trappenhuis - perron centraal stijgpunt - perron Zuidkop trappenhuis - Tunnelmond Zuid (i.c.m. brandweertoetreding)	- Vanuit de scenarioanalyse wordt aanbevolen de toetredingspunten bij de tunnelmonden ook als vluchtroute/vluchttrap uit te voeren. De vluchtweg wordt verkort ten opzichte van volledig doorvluchten via de lange toeritten (zie verderop onder *Repressie*). - Onderkend wordt dat bij langsventilatie en slechts éénzijdige toetredingsmogelijkheid bij de tunnelmonden de uitstromende turbulente rook de verblijfszone kan bedreigen. Doorvluchten in langsrichting blijft echter mogelijk. De niet-incidentbuis kent eveneens langsventilatie en blijft schoon. In detailontwerp van tunnelmond wordt dit nader beschouwd en geoptimaliseerd *[Naschrift 2009: zie Hoofdstuk 4 Rookbeheersing tunnel en station]*
vluchtpad spoortunnel	- enkelzijdig vluchtpad is 1,20 m breed op voetniveau overeenkomstige OVS en TSI (0,9 m buiten PVR)	- vluchtpadbreedte is overeenkomstig OVS en TSI (tevens gelijk aan eis nieuwe Bouwbesluit voor vluchtgangen, waarin vluchtbreedte op schouderhoogte groter is). - Breedte maakt onderlinge passage van vluchtenden mogelijk. - Passage van vluchtenden en tegengesteld toetredende/verkennende brandweer leidt met name bij grote aantallen vluchtenden tot conflicten. Gunstig is de aanwezigheid van vluchtpaden aan beide zijden van de tussenwand (incident en niet-incidentbuis), waarlangs vluchten en verkenning kan plaatsvinden. Ook kan het ballastbed door hulpverleners worden gebruikt. - De beperkingen worden onderkend maar standaard maatvoering van 1,20 m wordt geaccepteerd (zowel in context van 2- als 4-sporigheid) wegens beperkte ruimtelijke mogelijkheden.

Zelfredding		
Item	**Ontwerp TSD**	**Toelichting**
vluchtdeuren spoortunnel maatvoering	- minimaal effectieve breedte 1,8 m en hoogte 2,1 m; - ontwerpbreedte 2,0 m; - ontwerphoogte 2,1 m	- vluchtdeurafmetingen zijn conform minimumeisen van TSI, VEST en Bouwbesluit (breedte 1,8 m; hoogte 2,1 m). - TSI eist hoogte van 2,0 m; voorstellen VEST/Bouwbesluit geven een waarde van 2,10 m. Laatstgenoemde is aangehouden. - sprake is van 2 vluchtrichtingen/paden die samenkomen, zodat 2,0 m wordt aangehouden *[Naschrift 2009: zie ook H. 8 Ontvluchting station]*

Tabel 10-5 Resultaten scenarioverkenning TSD: opkomst.

Opkomst		
Item	**Ontwerp TSD**	**Toelichting**
doelstelling opkomst	- faciliteren van snelle opkomst t.b.v. hulpverlening in beginstadium van brandontwikkeling (kleine brand of bij treinbrand ontwikkeling tot binnen treincompartiment)	
opkomsttijden	- aan zorgnormen kan ruim worden voldaan	- kazerne op korte afstand van spoortunnel (Mercuriusweg 4c Delft; beroepsbrandweer; 24-uursbezetting) - De volgende projectspecifieke opkomsttijden zijn van toepassing: · eerste 2x TS (TS 110 en 120): 5 à 6 min na melding (afhankelijk van gekozen toetredingspunt); · 1e OVD (kazerne Delft): 6 à 8 min (zorgnorm: 15 min); · 2e OVD (kazerne Rijswijk): 15 min; · HOVD: 20 min; · AGS: 20 min (meestal).
uitruk	- direct 2x TS naar toetredingspunt	- Bij melding altijd uitgaan van “middelbrand” / GRIP-procedure i.v.m. complexiteit locatie en ernst; - 2x TS (met 6 man) uitrukken naar toetredingspunt (gekozen op basis van plaatsbepaling van incident) - OVD gaat ter plaatse ten behoeve van noodzakelijk coördinatie en ondersteuning van bevelvoerders. - 2e OVD en HOVD (= hier CVD) naar brandweercommandoruimte (vooralsnog geprojecteerd bij Zuidelijke tunnelmond)

Tabel 10-6 Resultaten scenarioverkenning TSD: toetreding.

Toetreding		
Item	**Ontwerp TSD**	**Toelichting**
doelstelling toetreding	- faciliteren snelle toetreding t.b.v. ontvluchting en blusmogelijkheid in beginstadium van brandontwikkeling (kleine brand) of bij brand binnen treincompartiment	- Wet stelt eisen aan ontvluchting, niet aan repressie-inzet in tunnel. - Brandweer Delft-Rijswijk van mening dat toch geprobeerd dient te worden met snelle toetreding incident in de kiem te smoren c.q. te beperken (na bepaald tijdstip geen repressiemogelijkheden meer). - evacuatieproces zal niet altijd gestructureerd verlopen en vraagt veelal ondersteuning ofwel begeleiding en dus snelle aanwezigheid. - snelle toetreding faciliteert secundair "grijpacties" vanuit veilige buis - Resumerend: bluspoging door snelle uitruk en toetreding.
toetredingspunten hulpdiensten	Overzicht: - T1 tunnelmond Noord oostzijde ca. km 68,43 - T1 tunnelmond Noord westzijde km 68,43 (reservering 4-sporigh.) - T2 midden noordelijk baanvak oostzijde ca. km 68,85 (opgenomen n.a.v. ScA, zie hieronder) - T3 perronkop Noord nooduitgang ca. km 69,325 - T4 perron centraal stijgpunt - T4-additioneel perron stijgpunt naar fietsenstalling boven sporen - T5 perronkop Zuid nooduitgang ca. 69,60 - T6 tunnelmond Zuid westzijde ca. ca. km 70,18 - T7 Tunnelmond Zuid oostzijde km 70,33 (reservering 4-sporigh.)	- toetredingspunt T2 midden noordelijk baanvak toegevoegd n.a.v. de scenarioanalyse repressie (zie hieronder): · 2-sporigheid: T2 oostzijde · 4-sporigheid, als realisatie Parkeergarage Spoorsingel doorgaat: T2 oostzijde + T2 westzijde - toetredingspunt T4-additioneel perron stijgpunt naar fietsenstalling toegevoegd n.a.v. de evacuatietoets van het ondergronds station
toetredingspunt halverwege noordelijk baanvak	- aanvullend toetredingspunt T2-oost halverwege noordelijk baanvak (2-sporige fase) - (4-sporige situatie: additioneel te realiseren toetredingspunt T2-west, geïntegreerd in eventuele Parkeergarage Spoorsingel/PSS)	- De hulpverlening zal bij een scenario in het midden van dit langste baanvak (907 m) pas na meer dan 10 minuten kunnen optreden (en dan tevens zonder zwaar materieel). - Meest ongunstige situatie: bij incident tussen station en tunnelmond: opkomsttijd 5 à 6 minuten, looptijd door tunnelbuis max. 400-450 m ca. 5 min; totaal max. ca. 10 à 12 minuten. - Ondersteuning van zelfredding wordt echter zinvol geacht. Ook korte reddingsacties (zgn. grijpacties) vanuit de veilige naar de incidentbuis vragen een snellere bereikbaarheid. Bij snelle brandontwikkeling worden inzettijden van meer dan 10 min te lang geacht. Een tussentoetredingspunt wordt noodzakelijk geacht op noordelijk baanvak (tenzij uitdrukkelijk besloten wordt dat de hulpverlening niet optreedt). - Het extra toetredingspunt T2 leidt tot de volgende verbeteringen: · verkenningsafstand (gegeven de juiste plaatsbepaling en toetredingspunt) gehalveerd tot max. 200 à 250 m. · inzetdiepte en horizontale transportafstanden nemen af. · inzettijd neemt af met 2 à 3 min tot 7 à 8 min. - Extra toetredingspunt kan voordelig zijn voor overzicht in tunnelbuizen: vanaf het perron of tunnelmond is door de bocht in tunneltracé niet de gehele noordelijke koker te overzien. - Resumerend: door het extra toetredingspunt T2 wordt de inzetsnelheid en inzetmogelijkheden aanmerkelijk verbeterd

Toetreding		
Item	**Ontwerp TSD**	**Toelichting**
toetredingspunt noordelijke tunnelmond	- toetredingspunt (T1-oost) tunnelmond Noord zowel voor toetreding als ontvluchting ingericht	- toetredingspunt T1 tunnelmond Noord (oostzijde) wordt voor zowel de hulpdiensten als aanvullend voor zelfredding ingericht en opengesteld. - Het per definitie verder moeten vluchten over de inrit wordt gezien de grote af te leggen afstand (180 m) niet als bevredigend beschouwd (ook uit oogpunt van vluchtbegeleiding en (medische) hulpverlening). - ontvluchting vraagt aanwezigheid van hulpdiensten ter plaatse voor coördinatie en begeleiding van ontvluchting.
	- toetredingspunt (T1-west) tunnelmond Noord, reservering voor 4-sporigheid	- Reservering voor toetredingspunt T1 aan westzijde voor situatie van 4-sporigheid noodzakelijk: bij 4-sporigheid zal de toetreding complexer worden en kunnen meer bedreigende scenario's (rook uit incidentbuis verstoort de toetreding) optreden. Dit geldt bijv. ook bij GS-incidenten. Daarnaast zal het vrijbaan maken complexer zijn en meer tijd vragen, waardoor meer inzetgarantie benodigd is.
maatvoering toetredingspunt bij tunnelmonden Noord en Zuid	- maatvoering: vrije doorgang met breedte van minimaal 2,0 m (voor trap en toegang) - bij voorkeur open trappenhuis van maaiveld naar spoorniveau	- sprake is van combinatie van functies (eisen) en mogelijk tegengestelde stromen: - vluchtenden: aanbod mede bepaald door 1,20 m brede vluchtpad(en); - hulpverlening: gebruik van brancards (1,2 à 1,3 m breedte voldoet voor dragen van brancard; bij 2,0 m is er nog restruimte voor passage. - aanvoer hulpmaterieel: maatvoering volstaat.
maatvoering toetredingspunt T2	- maatvoering gecombineerde toetreding en hulpverlening T2-oost en evt. additoneel te realiseren T2-west (PSS)	- toetredingspunt T2-west (km 68,85) kan gecombineerd worden met uitgang van eventuele parkeergarage PSS. Toetreding door parkeergarage en via parkeerdekken met gebruik van ruimer stijgpunt wordt acceptabel geacht en verkozen boven separate schacht. - T2 is primair is toetredingspunt voor de hulpdiensten, geen reguliere evacuatieroute. Beperkingen bij ongunstige locatie van trein in de buis en slechts enkelzijdige toepassing aan de oostzijde (2-sporige fase) wordt onderkend en geaccepteerd.

Tabel 10-7 Resultaten scenarioverkenning TSD: geneeskundige hulpverlening.

Geneeskundige hulpverlening		
Item	**Ontwerp TSD**	**Toelichting**
horizontaal transport per brancard	- horizontaal transport beperkt mogelijk, ongeschikt voor grootschalige hulpverlening - maatvoering 1,20 m kent enige beperkingen	- Grootschalig horizontaal langstransport door tunnel geen uitgangspunt wetgeving. - Horizontaal transport per brancard beperkt mogelijk, daarnaast meerdere buizen en ballastbed beschikbaar. - procesanalyse (TNO): horizontaal transport kan alleen als tegemoetkomend ambulancepersoneel elkaar met brancards kan passeren. Hiervoor lijkt een breedte van 1,30 m nodig te zijn. Het vluchtpad maakt goede passage zodoende niet mogelijk. Gezien extra breedte op schouderhoogte en ballastbed is passage toch enigszins haalbaar. - VRC (RWS) en rapport Uitgankelijkheid: bij 1,20 m is transport per brancard (4 dragers) mogelijk.
	- extra toetredingspunt T2 Noordelijk baanvak beperkt afstand van horizontaal transport per brancard	- procesanalyse (TNO): hooguit afstanden te overbruggen van 250 m. - toevoeging van toetredingspunt T2 reduceert maximale "inzetdiepte" van 450 m tot ca. 250 m.
lift	- lift bruikbaar voor brancard - liftafmetingen 1,6 m x 2,4 m (inwendig liftkooi)	- op elk perron is en lift beschikbaar. - afmetingen voldoen ruim aan Bouwbesluiteisen voor brancards (referentie: vereiste afmetingen gezondheidszorg: 1,1 m x 2,3 m x 2,3 m)

Tabel 10-8 Resultaten scenarioverkenning TSD: bestrijding.

Bestrijding		
Item	**Ontwerp TSD**	**Toelichting**
brandweer-commandoruimte (BCR)	- BCR opgenomen in dienstgebouw bij zuidelijke tunnelmond	- locatie op slechts circa 400 m van brandweerkazerne; - lokale bediening van langsventilatie en stations-RWA mogelijk; - CCTV-beeldschermen en schakelmogelijkheid tussen camera's. - 2e OVD en CVD (HOVD) coördineren hier na aankomst (CTPI)
blusmiddelen	- droge blusleiding	- droge blusleiding in tunnel met aansluitpunten in elke buis; - capaciteit waterlevering 2.000 l/min.
	- vaste pompen opgenomen	- Vaste pompvoorziening opgenomen in TSD. Voorstel brandweer gebruik eigen TS-pompcapaciteit besproken, maar nadelen mobiele TS beperken inzetmogelijkheden te zeer: pas vullen na aankomst aansluiting TS (zodoende trager dan automatisch vullen bij alarmmelding); limiteert TS-inzetcapaciteit / flexibiliteit brandweer. - *Naschrift 2009: opstart van vulling droge blusleiding door vaste pompen geschiedt handmatig door SMC op aanwijzing van brandweer. Brandweer acht vulling van de leiding dan voldoende snel afgewikkeld.*
	- uitgangspunt schuimtoepassing is AFFF - ruimtereservering voor inmengsysteem en opslag DLS	- AFFF heeft zich bewezen ten aanzien van de toepasbaarheid en koelende werking van DLS (*one seven*), hetgeen nodig kan zijn bij tunnelincidenten. Er zijn nog geen onderzoeksresultaten bekend. - DLS-systeem is voor blussing van kleine branden waar men tijdig bij kan komen (straal op kan krijgen) effectief. - Prestaties van DLS in lange leidingen en eventuele aantasting leidingen e.d. vraagt nader onderzoek. - Ruimtereservering (compressor en opslag) wordt meegenomen om inmenging met vaste installatie mogelijk te maken. - *Naschrift 2009: DLS wordt niet voorgeschreven; schuiminmengsysteem, schuimopslag voorgeschreven.*
	- geen automatisch blussysteem opgenomen	- automatisch op afstand te sturen blussysteem vraagt vooralsnog zeer hoge investering, - onderzoeksresultaten van de toepasbaarheid en uitvoerbaarheid, maar ook zeker onderhoud, zijn nog niet volledig bekend (Bouwdienst Rijkswaterstaat werkt het uit voor Roertunnel)

10.7. Analyse geneeskundige hulpverlening

10.7.1. Aanpak

Voor de beoordeling van de geneeskundige hulpverlening in de tunnelbaanvakken is een separate quick-scan scenarioanalyse GHOR uitgevoerd.

> *Quick scan van kritische scenario's voor de geneeskundige hulpverlening (GHOR) bij de spoortunnel te Delft (*Stichting Werkgemeenschap tussen Techniek en Zorg, P. van der Torn, mei 2007)

Doel was te beoordelen hoe het ontwerp vanuit hulpverlenersperspectief functioneert en of eventueel nog extra maatregelen benodigd waren. Sommige onderwerpen zijn van algemeen belang, maar behoeven daarnaast of in het bijzonder een beoordeling vanuit de GHOR. Dit geldt met name voor

- de toetredingspunten;
- het vluchtpad;
- de vluchtdeuren;
- het spoorbed;

- de trappen en liften.

De scenarioanalyse concentreerde zich op deze punten.

10.7.2. Scenario's voor GHOR-processen

Onderstaande scenario's zijn hierbij vanuit de GHOR-processen beschouwd.

Tabel 10-9 Kritische GHOR-scenario's zoals geselecteerd voor spoortunnel Delft.

GHOR-scenario	Letselprofiel
Klein	
- Stilstand in (al dan niet donkere) tunnelbuis met onwel worden van een individu tot gevolg, of vechtpartij tussen twee personen dan wel suïcidepoging	Individuele problematiek, hetzij stressgerelateerd zoals hartaanval of epileptische crisis, dan wel door geweldpleging (bijv. schedelbasisfractuur of steekwond in borst/buikgebied);
- Druppellekkage spoorketelwagen	Collectief onwelbevinden in trein of op station door vermeende of feitelijke blootstelling aan giftige stoffen.
Middelgroot	
- Stilstand bij kleine brand in treinstel met veel rook, of bij collectieve vechtpartij (bijv. na voetbalwedstrijd)	Enkele tot maximaal tien letselslachtoffers met 'rookvergiftiging' of met mechanisch letsel en veel bloedverlies.
Groot	
- Botsing/ontsporing in tunnelbuis	Kreukelzone en extricatie noodzakelijk in eerste 2 treinstellen; tientallen of meer raapslachtoffers met ernstig letsel in daarop volgende treinstellen; honderden mobiele slachtoffers met geen of licht letsel;
- Explosie in tunnelbuis	Hetzelfde beeld als botsing/ontsporing in tunnelbuis, maar zonder kreukelzone in trein.

10.7.3. Analyseresultaten

De *overall* beoordeling van de GHOR- scenarioanalyse kan als volgt samengevat worden:
- vanuit perspectief van de hulpverlening is de situatie in de tunnel en het station niet optimaal.
- TSD-veiligheidsniveau ligt hoger dan bij andere spoortunnels door de meervoudige toetredingsmogelijkheden.

De analyse toont de noodzaak aan van een goede bereikbaarheid en hulpverlening via de veilige buis. Als er alleen toetredingsmogelijkheden zouden zijn via station en tunnelmonden, zou de inzetdiepte (lengte) door de grote onderlinge afstand van de toetredingspunten als (te) groot ervaren worden.

Het verplaatsen van slachtoffers evenwijdig langs de gehele trein wordt bij een vluchtpadbreedte van 1,20 m niet goed mogelijk geacht. Een verkleining van de hart-op-hart-afstand van de tussendeuren naar de andere tunnelbuis heeft tot de volgende verbeteringen geleid:
- verkleining van de transportafstand naar de veilige tunnel alwaar onder veilige omstandigheden (medische) hulpverlening kan plaats vinden.
- vergroting van de redundantie van de vluchtmogelijkheden naar de veilige buis bij incidenten die een deur blokkeren of die een bedreiging voor evacués introduceren (rook, temperatuur).

10.7.4. Optimalisaties basisconcept

Op basis van de GHOR-scenarioanalyse zijn de volgende maatregelen c.q. optimalisaties doorgevoerd:

Verkleining tussenafstand (vlucht)deuren in tunnel
- tussendeuren in de tunnel elke 75 m, een verdichting ten opzichte van de wettelijke eis van 150 m;
- projectspecifieke verdichting, mede op basis van de resultaten van de GHOR-scenarioanalyse.

Vluchtpadbreedte in tunnel
- De ontwerpbreedte van de vluchtpaden bedraagt 1,20 m conform de VEST-regelgeving. Een vluchtpadbreedte van 1,20 m maakt onderling passeren van vluchtenden mogelijk. Bij stilstand van de trein is op schouderhoogte meer ruimte aanwezig.
- Passage van hulpverlening met een tegemoetkomende brancard of schepbrancard is met beperkingen mogelijk. In de scenarioanalyse brandbestrijding en hulpverlening zijn deze beperkingen als aandachtspunt gesignaleerd.
- Zonder ingrijpende wijzigingen van het tunnelontwerp is geen verbreding mogelijk. De waarde van 1,20 m is een landelijk geaccepteerde waarde voor vluchtpaden, vergelijkbaar met bijv. maatvoering van vluchtgangen in Bouwbesluit. Hij is ook aangehouden in andere tunnelprojecten.
- De standaardlooppadbreedte en mogelijke belemmeringen voor transport per brancard impliceert beperkingen voor grootschalige GHOR-hulpverlening. Vanuit ProRail en Gemeente/Brandweer zijn deze beperkingen geaccepteerd aangezien aangesloten wordt bij de vigerende wetgeving.

Uitbreiding toetredingsvoorzieningen van tunnel
- toetredingsvoorzieningen toegevoegd bij de tunnelmonden
  - bij de tunnelmonden aan beide zijden een toetredingspunt (tevens vluchttrap) vanaf maaiveld opgenomen (noordelijke tunnelmond: T1-oost, T1-west; zuidelijke tunnelmond: T6 en T7).
  - bij deze toetredingspunten bij de tunnelmonden zijn ook oversteekvoorzieningen opgenomen.
- toetredingspunt T2 toegevoegd halverwege noordelijk tunneldeel ter beperking loopafstanden OHD (2-sporige situatie: T2-oost; 4-sporige situatie, bij realiseren evt. parkeergarage PSS: T2-west).

Afgestemde maatvoering trappen en liften
- toetredingstrappen: breedte van 2,0 m;
- geschikt voor hulpverlening en gelijktijdig gebruik in twee richtingen (onderlinge passage).
- perronliften, in overeenstemming met GHOR-kwaliteitseisen (vastgesteld in GHOR-analyse): 210 x 130 cm (minimumeisen inwendige van lift: 205 x 105 cm)

10.8. Bestrijding incidenten met gevaarlijke stoffen

10.8.1. Inleiding

Spoortunnel Delft kan in de toekomst gebruikt gaan worden voor doorgaand transport van gevaarlijke stoffen (GS) in beide richtingen. Er is sprake van een zgn. reservering van GS-vervoerscapaciteit volgens categorie 3a (concept-besluit *RVGS-spoor*, categorie-indeling Nederlandse baanvakken: *geen ruimtelijke beperkingen aan weerszijden van de spoorbaan; begrenzing van hoeveelheid per jaar, van alle soorten gevaarlijke stoffen*). Het is vooraf niet te zeggen om welke GS-stofcategorieën het gaat. Het kan gaan om zowel brandbare als toxische vloeistoffen en gassen, eventueel in één goederentrein. Er bestaat een (zeer klein) risico op het vrijkomen van toxische of brandbare gassen of vloeistoffen uit een lekke ketelwagen. Zie het overzicht (deterministisch) van potentiële GS-scenario's voor TSD in § 7.3.4 en de rapportage *Spoortunnel Delft Effectberekening vervoer gevaarlijke stoffen* (DTB, 2003).

Onderstaand wordt beknopt beschreven welke (beperkte) mogelijkheden de brandweer heeft om een dergelijk incident te bestrijden. Het opstellen van een aanvalsplan voor incidenten met gevaarlijke stoffen in TSD is de verantwoordelijkheid van de brandweer.

In Hoofdstuk 7 *Beheersing incidenten met gevaarlijke stoffen* wordt toegelicht op welke wijze het TSD-ontwerp bijdraagt aan de (autonome) beheersing van GS-incidenten (dus zonder ingrijpen door OHD).

Voor GS-incidenten staat de autonome incidentbeheersing in het TSD-ontwerp toegelicht in Hoofdstuk 7 *Beheersing incidenten met gevaarlijke stoffen*. De mogelijkheden voor actief ingrijpen door de hulpdiensten staan beschreven in § 10.8 *Bestrijding incidenten met gevaarlijke stoffen*.

10.8.2. Wet- en regelgeving

Bouwbesluit, TSI-SRT noch VEST stellen specifieke eisen omtrent de repressieve mogelijkheden voor een scenario met vrijkomen van brandbare of toxische stoffen uit een goederentrein in een tunnel.

10.8.3. Uitgangspunten

Voor beschouwing van de GS-incidentbestrijding worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

Vrijkomen van brandbare stoffen

- Door een ontsporing van een goederentrein in de tunnel slaat één ketelwagon met brandbare vloeistof lek. De ontsporingsgeleiding voorkomt dat meer wagons lekslaan. Hieruit lekt (zeer) brandbare vloeistof op de tunnelvloer c.q. ballastbed. Het vloeistofvolume in de plas wordt beperkt doordat vloeistof via het vloeistofafvoersysteem naar de opvangkelder afstroomt. De verkanting en langshelling van de tunnel bevordert afstroming. Uit de plas zal brandbare stof verdampen.
- In de brandwerend uitgevoerde opvangkelder kan een brand van opgevangen vloeistof plaats hebben. Deze blijft beheerst door de beperkte beschikbaarheid van zuurstof in de kelder.
- Bij een plasbrand wordt géén drukketelwagen met (zeer) brandbaar gas aangestraald (deze bevindt zich op voldoende grote afstand van plasbrand of zit niet in de treinsamenstelling). Is dat wel het geval dan bestaat de dreiging van een BLEVE-scenario, dat alleen in het beginstadium van de aanstraling nog kan worden afgewend. Als de OHD de kans op een BLEVE reëel acht, zal zij onder geen beding de tunnel betreden, maar zich buiten de veiligheidsafstand opstellen. De omgeving dient ontruimd te worden. De hulpdiensten bepalen de omvang van het te ontruimen gebied.
- Een lek kan ook brandbaar gas betreffen, leidend tot een brandbare gaswolk in tunnel en/of station.

Vrijkomen van toxische stoffen

- Een scenario met vrijkomen van een (zeer) beperkte hoeveelheid toxische stoffen uit een ketelwagen bij stilstand in de tunnel is nog bestrijdbaar. Bij verdergaande scenario's (grotere stofhoeveelheid) is geen zinvolle repressie in de tunnel meer mogelijk. Het station en de omgeving van TSD dienen dan te worden ontruimd. De hulpdiensten bepalen de omvang van het te ontruimen gebied.
- Door een ontsporing van een goederentrein in de tunnel ontstaat een lek in één ketelwagon met toxische vloeistof. De ontsporingsgeleiding voorkomt dat meer wagons lekslaan. Hieruit lekt (zeer) toxische vloeistof op de tunnelvloer c.q. ballastbed. Het vloeistofvolume in de plas wordt beperkt doordat vloeistof via het vloeistofafvoersysteem naar de opvangkelder afstroomt. De verkanting en langshelling van de tunnel bevordert afstroming. Uit de plas zal toxische stof verdampen.
- Andere mogelijke oorzaken van een lek zijn bijv. een defecte sluiter of onopgemerkt lek door een beperkte impact tijdens het rangeren (botsing bij lage sneleheid). Bij deze oorzaken is treinstilstand in de tunnel minder waarschijnlijk. De hoeveelheid verloren stof zal bovendien minder groot zijn.
- Een lek kan ook toxisch gas betreffen, leidend tot een toxische gaswolk in tunnel en/of station.

10.8.4. Basisconcept

Informatieverstrekking

ProRail Verkeersleiding zal aan de RAC binnen zeer kort tijdsbestek informatie (wagenlijsten/vrachtbrieven) moeten verstrekken omtrent de lading van de incidenttrein volgens de standaardprocedure *Informatieverstrekking vervoer gevaarlijke stoffen aan hulpdiensten*. De RAC informeert de eenheden al tijdens het aanrijden en faxt de informatie ook door naar de BCR. De informatie betreft:

- treinstilstandlocatie;
- treinlengte en wagonconfiguratie;
- stofcategorieën en vulgraden;
- treinbezetting (incl. personeel).

Stillegging treinverkeer
De VL legt het overig treinverkeer in de tunnel én aansluitende baanvakken stil, met dien verstande dat gereedstaande treinen in de gelegenheid gesteld worden het station en de tunnel te verlaten. Reizigers- of goederentreinen worden na alarmering niet meer toegelaten tot de tunnel.

Inschatting incidentontwikkeling
Bij vrijkomen van een toxische of brandbare stof uit een ketelwagon (de houder) fungeert de tunnel (in eerste instantie) als nieuwe 'houder'. Uitstroming van dampen bij tunnelmonden en openstaande vluchtdeuren naar de niet-incidentbuis en vluchttrappen blijft wel mogelijk. Hulpverleners dienen hiermee rekening te houden, zowel qua keuze van opstelplaats als gebruik van beschermingsmiddelen. In de tunnel zijn de mogelijkheden voor dispersie van gas (natuurlijke verdunning in de atmosfeer, mede bepaald door de weersomstandigheden) kleiner dan in de buitenlucht. Een zelfde hoeveelheid vrijgekomen stof zal in een tunnel daardoor in hogere concentraties resulteren.

Noot: Wel reduceert de tunnel (met name bij een omvangrijker scenario) de schade-effecten op de omgeving ten opzichte van een scenario in de buitenlucht, waarbij een toxische (of brandbare) gaswolk zich vrij kan verspreiden danwel afdrijven naar omringend gebied.

Er moet door de brandweer op basis van de beschikbare informatie omtrent stofeigenschappen en concentraties een afweging worden gemaakt omtrent het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen bij de inzet: chemiepak of gaspak. Het gebruik van adembescherming met zich mee brengt dat een individuele hulpverlener slechts een beperkte tijd aaneengesloten in de tunnel aanwezig kan zijn (beperkte hoeveelheid zuurstof). De brandweer zal beschermende pakken zelf meebrengen.

Bij meting van brandbare c.q. explosieve gasconcentraties of een niet-ontstoken vloeistofplas zal een inschatting moeten worden gemaakt van het explosiegevaar c.q. ontstekingsgevaar. In het algemeen kunnen er diverse ontstekingsbronnen op de trein en daarbuiten (in tunnel en station) aanwezig zijn.

Bij een plasbrand moet een inschatting worden gemaakt van het risico op een BLEVE. Als op voldoende kleine afstand van de brandende vloeistofplas een BG-wagon aanwezig is (of kan zijn), dan zou deze door aanstraling vanuit de plasbrand opgewarmd kunnen raken. Als hierdoor de druk in de ketel sterk toeneemt of de ketelwand verzwakt raakt, dan kan de ketel scheuren waarbij de inhoud explosief vrijkomt. Als de incidentbestrijding (blussing plasbrand, koeling BG-wagon) te laat begint of niet adequaat is kan het BLEVE-risico zo groot worden dat repressief ingrijpen niet meer mogelijk is. Een BLEVE heeft zeer grote schade-effecten op de tunnelconstructie, de bebouwing erboven en de omgeving.

Slachtofferbeeld
De hulpdiensten kunnen op basis van de beschikbare informatie - mogelijk al tijdens het aanrijden - een inschatting kan maken van de hulpvraag en inzetrisico's. De geneeskundige hulpverlening schatten de omvang van benodigde SMH in. Op de betreffende goederentrein gaat het bij redding om maximaal 1 machinist en 2 'bijrijders'. In het station kunnen grote aantallen personen worden bedreigd.

Afhankelijk van de incidentlocatie in TSD, de ernst van het incident en het tijdpad kunnen er ook slachtoffers zijn in het station (getroffen wachtende reizigers) die gered dienen te worden. Bij een ernstig incident kan het gaan om een groot aantal slachtoffers. De langsventilatie (van het station af, richting tunnelmond) is een belangrijk instrument om de dreiging voor de stationbezetting te reduceren door toxische of brandbare stofconcentraties weg te blazen. Deze zullen benedenstrooms verspreid worden in de tunnel, mogelijk uittreden bij de tunnelmonden. Dit kan risicovol zijn voor de personen die zich daar bevinden. Daarom moet die omgeving preventief ontruimd worden.

Inzetstrategieën
Er zijn binnen het brandweerwezen algemene praktijkrichtlijnen inzake OGS opgesteld, zoals:
- *Operationeel Handboek Ongevalsbestrijding Gevaarlijke Stoffen* (NVBR, 2005)

Bij kleine GS-incidenten is nog bronbestrijding mogelijk, bij grote incidenten in beginsel niet meer. In het algemeen heeft de brandweer de volgende bestrijdingsopties (zie *Operationeel Handboek OGS*):
- Bij toxische of brandbare vloeistoflekkage:
  - verdamping beperken door bijvoorbeeld afdekking vloeistofplas met schuim (vanuit blusleiding).
  - opnemen van vloeistof in absorberend materiaal (mee te brengen door OHD);
  - klein houden van vloeistofoppervlak door indammen (minder geschikt binnen TSD);
  - opvangen van de vloeistof (mogelijk minder geschikt binnen TSD, geen voorziening);
- Bij verspreiding van toxische of brandbare gassen en dampen:
  - inzetten van sproeistralen of waterkanonnen (afscherming);
  - oplossen in sproeistralen (bij goede wateroplosbaarheid van de vrijgekomen stof).

De inzetstrategie (ook opstellocatie, toetreding) van de brandweer is mede afhankelijk van de windrichting. De OHD kiezen hun opstelplaats bovenwinds van de stofconcentraties en bovendien op voldoende afstand van de tunnelmond(en) waar de concentraties (zouden kunnen) uittreden. Ook is van belang dat bij de keuze van de opstelplaats rekening wordt gehouden met mogelijk explosiegevaar.

Toetreding
De brandweer kan gebruik maken van de diverse toetredingspunten tot de tunnel (tunnelmonden, vluchttrappen, perronstijgpunten, zie § 10.9). Relatief veilige benadering van de incidentlocatie is mogelijk via de niet-incidentbuis. Toetreding halverwege het noordelijk tunneldeel is in de 2-sporige situatie (alleen) aan de oostzijde mogelijk, vanwege de ligging van het trappenhuis T2 aan de oostzijde. De positie van de incidenttrein in de buis kan de gebruiksmogelijkheden van dit toetredingspunt beperken.

Hoge concentraties brandbare gassen in de lucht binnen TSD maken het mogelijkerwijs te gevaarlijk zijn om toe te treden tot TSD, op grond van het explosiegevaar. Bij toxische stoffen zal toetreding zonder persoonlijke beschermingsmiddelen over het algemeen onmogelijk zijn. De afstand waarover een hulpverlener kan lopen door de tunnel wordt door deze beschermingsmiddelen beperkt.

Voor het geval van een plasbrand (ontstoken brandbare vloeistofplas) of een fakkelbrand (ontstoken continue uitstroming van brandbaar gas) kunnen de hulpverleners voordat zij toetreden tot de incidentbuis vanuit de veilige buis, van een scherm bij elke tussendeur aflezen welke temperatuur heerst aan de andere zijde van de wand. Dit voorkomt onverwachte blootstelling aan zeer hoge temperaturen.

Bestrijdingsmiddelen
De aanwezige blusleiding (incl. permanente pompvoorziening en schuiminmengsysteem) kan na vulling worden gebruikt voor het sproeien (afschermen, neerslaan, oplossen van gasconcentraties) of afdekken van een vloeistofplas (schuim) ter beperking van de verdamping. Ook kan met bluswater een aangestraalde wagon met brandbaar gas worden gekoeld, ter reductie van het BLEVE-gevaar. De tunnelconfiguratie stelt echter grote beperkingen ten aanzien van blussing.

Er is in de tunnel bij elke vluchtdeur (deur in tussenwand) een afnamepunt van bluswater aanwezig. Er is een hoeveelheid schuim opgeslagen in TSD ter plaatse van de pompinstallatie, aanvullend schuim zal moeten worden meegebracht door de hulpverleners zelf. De schuimvoorziening is opgenomen als reservering voor het moment dat de tunnel voor GS-vervoer in gebruik zal komen.

In een ogs-haakarmbak of ogs-hulpverleningsvoertuig neemt de brandweer aanvullende hulpmiddelen mee voor de bestrijding van een ongeval met gevaarlijke stoffen. Het gaat om middelen die de uitstroom van gevaarlijke stoffen uit de ketelwagon kunnen beperken, of die vrijgekomen gevaarlijke stoffen kunnen lokaliseren. Deze middelen hebben vooral een functie bij kleinere ongevallen.

10.8.5. Conclusies

De volgende conclusies worden getrokken voor GS-scenario's naar aanleiding van de beschouwing:
Algemeen

- de tunnel voorziet in de wettelijk voorgeschreven maatregelen ten aanzien van de bestrijding van incidenten met gevaarlijke stoffen (zie Hoofdstuk 7: o.a. ventilatie, (schuim)blussing, afvoer en opvang van vloeistoffen, (reservering voor) gasdetectie, treinstilstanddectectie);
- de inzetmogelijkheden zijn veelal beperkt dan wel vragen een aanzienlijke mobilisatietijd en zijn in geval van GS-incidenten met GS sterk afhankelijk van de karakteristieken en ontwikkelingssnelheid van het concrete geval.

Specifiek kunnen daarnaast worden genoemd:

- Snelle informatieverstrekking aan de OHD is essentieel voor een adequaat optreden;
- Risico-inschatting bepaalt eventuele toetreding tot de tunnel en persoonlijke beschermingmiddelen;
- Slachtofferbeeld (tunnel/station) varieert sterk met incidentlocatie en vrijgekomen stofhoeveelheid;
- Inzetstrategie bij GS-incidenten hangt af van onder meer stoftype en weersomstandigheden;
- Noodzaak kan bestaan – naast station – de bovenliggende bebouwing plus omgeving te ontruimen;
- Toetreding tot de constructie kan plaats vinden via diverse maaiveldlocaties en de niet-incidentbuis;
- GS-bestrijdingsvoorzieningen zijn aanwezig in TSD, maar ook OHD moet middelen meenemen.

10.9. Bereikbaarheid en toetreding

10.9.1. Wet- en regelgeving

Art. 4.2.2.11 TSI stelt de volgende eisen aan de toegang voor hulpverleningsdiensten:

- Hulpverleningsdiensten moeten de tunnel via tunnelmonden en/of daarvoor geschikte nooduitgangen binnen kunnen gaan (zie Art. 4.2.2.6.3).
- Toegangswegen moeten minimaal 2,25 m breed en 2,25 m hoog zijn.

Art. 4.2.2.11 VEST stelt de volgende aanvullende eisen

- Elke uitgang moet door de hulpverleners gebruikt kunnen worden als ingang, zonder de tussenkomst van derden.
- Een deel van de uitgangen wordt in overleg met de brandweer aangewezen als primaire toegangspunten; daarvoor gelden de in de TSI genoemde minimum afmetingen.
- Toegangen voor hulpverlening die geen deel uitmaken van de primaire toegangspunten en geen vluchtuitgang zijn, zijn ten minste 0,85 m breed en 2,1 m hoog.
- De primaire toegangspunten zijn over de weg bereikbaar, waarbij gelijktijdig verkeer van en naar de opstelplaatsen mogelijk moet zijn.
- De toegangswegen zijn geschikt voor incidenteel gebruik door een hulpverleningsvoertuig met een aslast van 10 ton.

10.9.2. Basisconcept

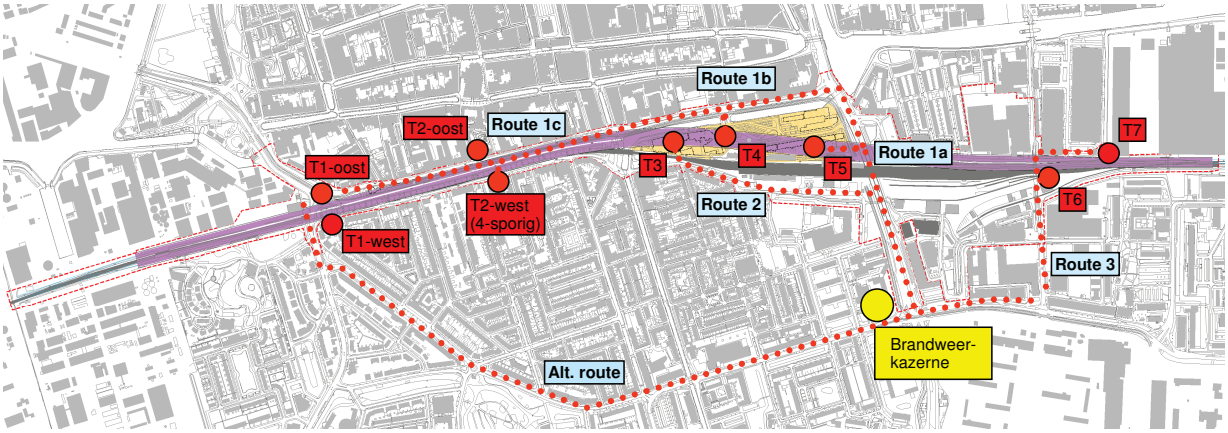
Onderstaand wordt het basisconcept voor bereikbaarheid en toetreding uitgewerkt. De maaiveldinrichting valt buiten de TSD-scope maar is van belang voor de veiligheid van TSD. Dit geldt met name voor:

- bereikbaarheid (aanrijdroutes, opstelplaatsen);
- bluswatervoorziening (openbare bluswatervoorziening en bluswaterwinplaatsen).

Onderstaand staan daarom ook raakvlakeisen voor maaiveldinrichting c.q. stedenbouwkundig ontwerp.

Aanrijroutes

De aanrijroutes voor de OHD (naar de toetredingspunten) dienen te zijn opgenomen in het stedenbouwkundig plan. Voor een overzicht van toetredingspunten, zie § 10.9.2.



Figuur 10-1 Bereikbaarheid TSD: aanrijroutes brandweer Delft (rode stippellijnen) en toetredingspunten (rode punten).

Opstelplaatsen op maaiveld nabij toetredingspunten
De brandweer en overige OHD dienen met hun voertuigen bij elk aangewezen toetredingspunt te kunnen opstellen. Hiervoor is dus voldoende opstelruimte noodzakelijk op maaiveld, die aansluit op de aanrijdroute (raakvlakeis). Normen voor opstelruimte (en breedte van aanrijdroutes) zijn opgenomen in de *Handreiking bluswatervoorziening en bereikbaarheid* (NVBR). Eventuele hinderlijke paaltjes op maaiveld dienen te kunnen worden verwijderd/verzonken door de hulpdiensten. Op het Stationsplein (met busstation) gaat het om opstelplaatsen voor de ingang van de stationshal en nabij de hellingbanen naar de fietsenstalling (zowel aan de Westvestzijde als de Coenderstraatzijde).

Toetredingspunten tot bovengrondse stationshal
Bij ontwerp en inrichting van de stationshal (buiten scope van TSD, raakvlakeis) dient rekening te worden gehouden met toetreding. De uitgangen van de stationshal naar de openbare ruimte (opstelplaats) dienen toetreding van de brandweer en andere hulpdiensten mogelijk te maken. In de OVCP-controlelijn dient mogelijk een aantal extra doorgangen (bijv. deuren in de glazen afscheiding aan weerszijden van de poortjes) te worden opgenomen, om toetreding te vergemakkelijken. Deze deuren dienen ontgrendeld te worden in geval van incidentdetectie (zie ook Hoofdstuk 11 *Besturing TTI bij incidenten*) of anderszins door de brandweer te openen te zijn.

Toetredingspunten tot tunnel en ondergronds station
Alle vluchtroutes zijn tevens bruikbaar als toetredingsroute voor de hulpdiensten (onderstaande tabel). Ook is nog toetredingspunt T2-oost beschikbaar halverwege het noordelijk tunneldeel. T2-west wordt met de bouw van Parkeergarage PSS gerealiseerd voor 4-sporigheid. Hiervoor zijn wapeningsvrije zones opgenomen in de westelijke en midden-diepwand van TSD (zie *Toetredingsconcept* in § 12.3).

Maatvoerings toetredingstrappen
De vluchttrappen T1 en T3 t/m T7 dienen tevens als toetredingsroutes. Bijkomend is er nog toetredingspunt T2. De trapbreedte van 2,0 m faciliteert toetreding door hulpverleners en gelijktijdig gebruik in twee richtingen (voor éénrichtingverkeer met brancard is een trapbreedte tussen de leuningen van minimaal 1,30 m gewenst). Zie verder § 10.7 *Analyse geneeskundige hulpverlening*

Toetredingsroutes naar perronniveau van station
De volgende routes zijn beschikbaar voor toetreding door de brandweer:
- openbare ruimte – stationshal – mezzanine – perron;
- openbare ruimte – fietsenstalling – mezzanine – perron;
- openbare ruimte – fietsenstalling – directe perrontrap – perron;
- openbare ruimte – vluchttrappen op perronkoppen – perron.

Tabel 10-10 Vluchtroutes & toetredingsroutes in TSD (aanwezig in 2- én 4-sporige situatie, tenzij anders vermeld).

Nr.	Locatie	Zijde	Bouwdeel	Kilometrering (indicatief)	Functie in vh.concept	
					Vluchten	Toetreding
T8-N	Tunnelmond Noord	n.v.t.	baanvak Noord	< km 68,40	X	X
-	-	-	*Tunnelmond*	*km 68,40*		
T1	Tunnelmond Noord	oostzijde	baanvak Noord	km 68,43	X	X
	Tunnelmond Noord	westzijde	baanvak Noord	km 68,43	X	X
T2	Midden noordelijk tunnelbaanvak	oostzijde	baanvak Noord	km 68,85		X
	Midden noordelijk tunnelbaanvak (4-sporige situatie / PSS) [1]	westzijde	baanvak Noord	km 68,85		X
T3	Vluchttrap op noordelijke perronkop	perron(s)	station	km 69,30	X	X
T4	Stijgpunt via mezzanine naar stationshal (tweezijdig)	perron(s)	station	km 69,36-69,40	X	X
T4-additioneel	Stijgpunt naar fietsenstalling boven sporen	perron(s)	station	km 69,50	X	X
T5	Vluchttrap op zuidelijke perronkop	perron(s)	station	km 69,60	X	X
T6	Tunnelmond Zuid	westzijde	baanvak Zuid	km 70,18	X	X
-	-	-	*Tunnelmond*	*km 70,20*		
T7	Tunnelmond Zuid	oostzijde	baanvak Zuid	km 70,33	X	X
T8-Z	Tunneltoerit Zuid (inspectiepad/geen trappenhuis)	n.v.t.	baanvak Zuid	> km 70,33	X	X

[1] T2 westzijde wordt additioneel gerealiseerd in 4-sporige situatie, indien Parkeergarage Spoorsingel (PSS) doorgaat.

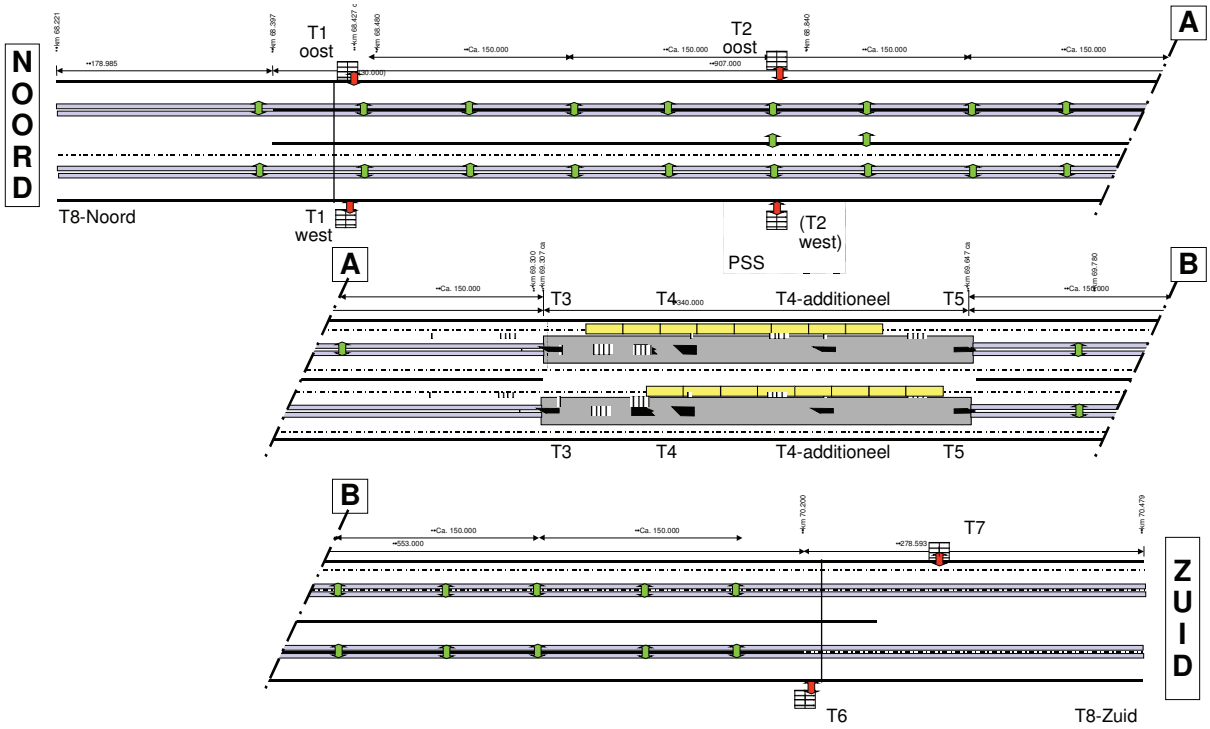
Aanvalsroutes van brandweer in ondergrondse constructie

De meervoudige toetredingsmogelijkheden beperken de af te leggen loopafstand – en dus looptijd - in TSD. Dit is relevant voor hulpverleners met bijzondere uitrusting en meegedragen materieel, zeker in geval van rookontwikkeling en toxische concentraties (beschermende kleding, ademluchtapparatuur).

Bij een ongeval in de spoortunnel zijn er meerdere aanvalsroutes beschikbaar via welke de ongevalslocatie op veilige wijze kan worden benaderd. De tunnel kan vanuit het perronniveau van het station worden betreden (via mezzanine stijgpunt of vluchttrappen op perronkoppen) of vanaf het maaiveld via het trappenhuis in het noordelijke tunneldeel dan wel via de beide tunnelmonden. De ligging van de sporen in enkelsporige buizen, onderling gescheiden door wanden met doorgangen (schuifdeuren) maakt de een veilige benadering tot vlakbij de betreffende ongevalslocatie via de veilige buis mogelijk.

Dit is met name van belang bij incidenten met brand en rook alsmede bij incidenten met vrijkomen van GS (vloeistof, gas). De looptijd door de incidentbuis, en dus de daarmee samenhangende blootstellingsduur aan hitte, rook en toxische concentraties, wordt zo beperkt. Dit verbetert de effectieve inzetmogelijkheden van de hulpdiensten (bij dergelijke ongevallen met name van de brandweer).

Eventuele geredde slachtoffers kunnen eerst uit de incidentbuis naar de veilige buis worden overgebracht alvorens eerste medische hulp te ontvangen en naar het maaiveld te worden getransporteerd. Voor een verdere uitwerking wordt verwezen naar § 10.7 *Analyse geneeskundige hulpverlening*.



Figuur 10-2 Schema van tunnel en station met toetredingspunten T1 t/m T7
(T2-west: alleen aanwezig in 4-sporige eindsituatie bij realisering Parkeergarage Spoorsingel).

10.10. Brandbestrijdingsvoorzieningen in station

10.10.1. Wet- en regelgeving

- Bouwbesluit Art. 2.190 *stuurartikel* Lid 1
  Een te bouwen bouwwerk heeft zodanige voorzieningen voor de bestrijding van brand, dat brand binnen redelijke tijd kan worden bestreden.
- Bouwbesluit Art. 2.191 *aanwezigheid* Lid 3.
  Een gebruiksfunctie heeft ten minste een al dan niet gemeenschappelijke brandslanghaspel.
- Bouwbesluit Artikel 2.192 *aantal* Lid 3.
- VEST Art. 4.7.5 *Opslag hulpverleningsmaterieel* eist aanvullend:
  De tunnelbeheerder stelt ruimte in het tunnelcomplex ter beschikking voor de opslag van hulpverleningsmaterieel. Het aantal brandslanghaspels is zodanig dat de loopafstand tussen een brandslanghaspel en elk punt van de vloer van een gebruiksfunctie niet groter is dan de lengte van de brandslang, vermeerderd met 5 m.

10.10.2. Basisconcept perronniveau

Als onderdeel van het systeem van droge blusleidingen van de spoortunnel worden op de middellijn van de perrons afnamepunten (brandkranen/hydranten) opgenomen voor bluswater. Zie voor een nadere toelichting op het systeem § 10.11 *Brandbestrijdingsvoorzieningen in tunnel*.

Voor de hulpdiensten is voorzien in een brandweeropslagruimte aan zowel de noord- als zuidkant van het perronniveau (noord-oost en zuid-westzijde, dus één opslagruimte per perron). De brandweeropslagruimtes zijn opgenomen in de technische ruimten op de perronkoppen. Vanwege de functionaliteit van de technische installaties worden in het huidig 2-sporige ontwerp reeds beide technische ruimten op de perronkoppen gerealiseerd conform de 4-sporige oplossing. Dit geldt ook voor de brandweeropslagruimtes. Bij het detailontwerp van de toetredingspunten en indeling van de technische ruimten wordt dit nader uitgewerkt.

10.10.3. Basisconcept fietsenstalling

In de fietsenstalling is sprake van de volgende veiligheidsvoorzieningen:

- brandslanghaspels en handblusapparaten conform de eisen van het Bouwbesluit (o.m. dekking). (uitgangspunten voor toetsing: slangleidinglengte van 30 m, *worplengte 5 m niet verrekenen*).
- borging van primaire bluswatervoorziening voor brandbestrijding in stalling:
  - in beginsel: dekking van stallingoppervlak met brandslangen vanuit afnamepunten van openbare bluswatervoorziening op maaiveld (slangleidinglengte n.t.b.; drukopbouw met TS);
  - terugvaloptie (afwijking PvE) bij onvoldoende dekking met slangleidingen: opnemen van aantal droge stijgleidingen met vulpunten op maaiveld (vulling vanuit openbare blusleidingnet) en afnamepunten in de stalling (in dat geval: raakvlakeis met maaiveldontwerp).

10.11. Brandbestrijdingsvoorzieningen in tunnel

10.11.1. Wet- en regelgeving

Vanuit wet- en regelgeving worden de volgende eisen gesteld:

- Bouwbesluit Art. 2.190 *stuurartikel* Lid 1
  Een te bouwen bouwwerk heeft zodanige voorzieningen voor de bestrijding van brand, dat brand binnen redelijke tijd kan worden bestreden.
- TSI Art. 4.2.3.3 *Stroomvoorziening*
  De in de tunnel beschikbare spanning moet geschikt zijn voor de voeding van hulpverleningsapparatuur in overeenstemming met het calamiteitenplan voor de tunnel. Bepaalde nationale hulpverleningsdiensten gebruiken eigen generatoren. In dat geval kan van stroomvoorziening in de tunnels worden afgezien. Dit moet evenwel in het calamiteitenplan vermeld worden.
- VEST Art. 4.2.3.3 *Stroomvoorziening* eist aanvullend
  Een tunnelbuis bevat per nooduitgang en tenminste om de 100 m een wandcontactdoos van 230 / 400 V. De exacte locatie moet afgestemd worden op de aanvalsroute van en in overleg met de brandweer, in samenhang met andere voorzieningen, zoals de hydranten.
- VEST Art. 4.2.2.13 *Watervoorziening*
  Tunnel dient te zijn voorzien van een blusleiding met een transportcapaciteit van tenminste 2.000 l/min met afnamepunten van 2 x 75 mm op een maximale onderlinge afstand van 100 m. De blusleiding moet bij aankomst van de brandweer gebruiksklaar zijn en op eerste vraag de vereiste opbrengst leveren.
- OVS (ProRail) eist een leverantieduur van water 2 uur bij 2.000 l/min. De blusleiding dient binnen 10 min volledig gevuld en op druk gebracht te kunnen worden.
- VEST Art. 4.7.5
  De tunnelbeheerder dient ruimte in het tunnelcomplex ter beschikking te stellen voor de opslag van hulpverleningsmaterieel.

10.11.2. Basisconcept tunnel

Uitgangspunt voor het ontwerp vormt reizigers- en goederenvervoer. Ook kent TSD een reservering voor GS-vervoer. Op basis daarvan is de volgende projectspecifieke invulling gekozen voor TSD:

- een systeem van droge blusleidingen (DBI) in elke tunnelbuis,
- permanente pompinstallaties zodat blusinzet door de hulpdiensten versneld mogelijk is (de pompen worden geplaatst in de techniekruimte op de perronkop);
- een leverantie van 2.000 l/min bij 8 à 9 bar uitgangsdruk ter plaatse van de afnamepunten voor levering van bluswater gedurende 4 uur,
- vorstvrij innamepunt van bluswater vanuit het oppervlaktewater.
- een vultijd van het blusleidingsysteem van ca. 5 min (ruimschoots binnen de eisen), te realiseren door opdeling van het systeem in 2 leidingsecties (ten noorden en ten zuiden van station).
- reservering voor functionaliteit van schuimblussing met het oog op bestrijding en afdekking van o.a. plasbranden (samenhang met een reservering voor vervoer van gevaarlijke stoffen, categorie 3a): omvat voorziening voor schuimopslag en schuiminmenging (ter plaatse van de vaste pompen).

- afnamepunten vanaf de blusleiding (hydranten):
  - in alle tunnelkokers: tussenafstand van 75 m (overeenkomend met de tussenstanden van de vluchtdeuren naar de naastgelegen tunnelbuis);
  - in de tunneltoeritten: tussenafstand van 100 m;
  - station: middellijn van de perrons.
- opstartprocedure van het systeem (pompen) bij alarmering:
  Vulling van de droge blusleiding wordt op aanvraag van de brandweer handmatig opgestart door de SMC na opkomst van de brandweer op locatie. Uitgaande van een vultijd van ca. 5 min acht Brandweer Delft-Rijswijk het bluswater dan voldoende snel beschikbaar. Er is dus geen sprake van automatische vulling op basis van inkomende detectiesignalen. Uitzondering is de automatische vulling in geval van handmatige activering van de calamiteitenmodus door SMC/VL.
- handmatige bedieningsmogelijkheid van pompen bij SMC en in TSD-brandweercommandoruimte.
- brandweeropslagruimtes in het station op de perronkoppen voor bestrijdingsmaterieel.

Volstaan kan worden met één droge blusleiding per twee kokers met bijbehorende afnamepunten in elk van beide kokers, indien de aannemer kan aantonen (onder meer met behulp van een RAMS-analyse) dat een dergelijke geoptimaliseerde oplossing voor de maatgevende scenario's (incl. GS-scenario's) voldoende bestrijdingsmogelijkheden en leveringsbetrouwbaarheid biedt. Resumerend wordt gesteld, dat - met name door het opnemen van een droge blusleiding met permanente pompvoorziening - in ruime mate functionele invulling wordt gegeven aan de gestelde richtlijnen.

10.11.3. Gasblusinstallatie in technische ruimten in tunnel

Zie § 5.9 *Automatische brandbestrijding*.

10.12. Informatievoorziening, communicatie en bediening

10.12.1. Brandweercommmandoruimte

Locatiekeuze

Voor de organisatie van de repressie binnen TSD dient de brandweer de beschikking te hebben over één brandweercommandoruimte (BCR, ook wel genoemd: brandweeropkomstruimte). Deze kan worden gesitueerd op twee locaties:
- vigerende locatiekeuze: in het dienstgebouw bij de zuidelijke tunnelmond.
- eventuele optie: in een brandwerend uitgevoerde ruimte buiten tunnelcontour, direct grenzend aan ondergrondse fietsenstalling boven sporen.

Functie van commandoruimte

De BCR staat uitsluitend ten dienste van de beheersing en bestrijding van scenario's binnen TSD (tunnel, perron, stalling). Het Nieuwe Stadskantoor (HNK) dient eigen voorzieningen (brandweerpaneel) te treffen. HNK dient een eigen brandweerpaneel te voorzien op de begane grond van de publiekstoegankelijke stadshal aan de Coenderstraat (buiten TSD-scope).

Optie brandweercommandoruimte naast fietsenstalling

De BCR (oppervlak ca. 30 m²) bevindt zich achter een brandcompartimentsscheiding met de fietsenstalling en is bovendien ook nog een zelfstandig brandcompartiment. Door de ligging buiten de tunnelcontour (dus achter de diepwand), de compartimentering en de beperkte potentiële brandscenario's in de fietsenstalling is de BCR voldoende afgescheiden van TSD. Hierdoor kan deze ook zijn functie behouden tijdens (zware) scenario's in de tunnel, het perronniveau, de stationshal en de fietsenstalling. De BCR wordt ontsloten via een gang die enerzijds via een deur naar de openbare ruimte leidt en anderzijds naar de fietsenstalling. Door de verdiepte ligging van de stalling ten opzichte van het Stationsplein bevindt de opstellocatie van de OHD zich bovenop de stalling en de BCR. Voor toegankelijkheid van de BCR is daarom een vaste trap voorzien tussen opstellocatie en toegangsdeur naar de gang.

10.12.2. Brandweerinformatiepaneel

In de BCR wordt de volgende TSD-informatie beschikbaar gemaakt op het brandweerinformatiepaneel:
- zie PvE in § 10.14.4.

Daarnaast zal in de BCR beperkt informatie (maar uitdrukkelijk geen bedieningsmogelijkheden) over het de situatie in het gebouw als geheel beschikbaar zijn.
- brand- en sprinklermeldingen van de commerciële units in de NS-stationshal;
- brand- en sprinklermeldingen van de gemeentelijke stadshal en kantoren van het HNK-gebouw.

In de stationshal (zuidzijde) wordt een brandweerpaneel opgenomen met informatie over zowel de stationshal als TSD (afhankelijk van de inpassingsmogelijkheden bij voorkeur in de zuidoosthoek bij de stationsuitgang naar de busbrug). Bovendien dient dezelfde informatie beschikbaar te zijn als die op het HNK-brandweerpaneel.

10.12.3. Communicatiemogelijkheden

TSD wordt ten behoeve van communicatie door de hulpdiensten en de beheerder voorzien van alle noodzakelijke vaste telefoon- en faxverbindingen. In onderstaand diagram staan de vereiste verbindingen weergegeven voor de diverse locaties in TSD.

Tabel 10-11 Telefoon- en fax verbindingen van TSD (intern / extern) (arcering: verbinding vereist).

Telefoon- en fax verbindingen van TSD (intern / extern)	BCR / centrale bedieningsruimte TSD	CMK RAC	Procesoperator / VL	Onderhoudsoperator / SMC	Technische ruimtes incl. pompenruimten DGB Zuid	Systeembeheerder	Buitenlijn openbare telefoonnet (telefoon /f ax)	Brandweerpaneel HNK ingang Coenderstraat	Brandweerpaneel TSD ingangen Stationshal
BCR / centrale bedieningsruimte TSD	nvt								
Technische ruimtes TSD incl. pompenruimten DGB Zuid					nvt				
Brandweerpaneel HNK ingang Coenderstraat	[1]							nvt	
Brandweerpaneel TSD ingangen Stationshal									nvt

[1] door Brandweer Rijswijk-Delft geëist.

10.13. Bedieningsmogelijkheden van veiligheidsinstallaties

De volgende bedieningslocaties worden onderscheiden:
- BCR (lokaal-centraal);
- SMC, RVL (centraal);
- bediening op installaties zelf (lokaal-decentraal).

De wijze van aansturing is in detail uitgewerkt in Hoofdstuk 11 *Besturing TTI bij incidenten*.

10.14. Programma van Eisen

10.14.1. Aanrijdroutes en opstelplaatsen

(raakvlakken met maaiveldontwerp)

- opstelplaatsen incl. aanrijdroutes:
  - maaiveld bij busstation / ingangen van stationshal;
  - maaiveld bij fietsenstalling;
  - maaiveld nabij vluchttrappen T1/T6/T7 en toetredinsgpunt T2.

10.14.2. Toetreding en aanvalsroutes

- station
  - stijgpunten perrons T3/T4/T4-additioneel/T5;
  - vluchttrappen op perronkoppen;
  - fietsenstalling (indirecte route).

- spoortunnel
  - vluchttrappen tunnelmonden T1/T6/T7;
  - toetredingstrap T2-oost (2-sporige fase) en T2-west (bijkomend in 4-sporige fase);
  - vluchtdeuren middenwand;
  - niet-incidentbuis.

- fietsenstalling
  - stallingtoegangen (hellingbanen aan west- en oostzijde);
  - mezzanine (stationshal).

10.14.3. Brandbestrijdingsvoorzieningen

- brandbestrijdingsvoorzieningen:
  - spoortunnel:
    - droge blusleiding voor bluswatervoorziening in alle tunnelkokers;
    - afnamepunten van blusleiding bij elke tussendeur in middenwand in alle kokers;
    - permanente pompvoorziening voor vulling en op druk brengen (dienstgebouw Zuid).
    - innamepunten van bluswater vanuit oppervlaktewater in directe omgeving;
  - tunneltoeritten:
    - afnamepunten van droge blusleiding (zie tunnel) met tussenafstand van 100 m;
  - ondergronds station (perronniveau):
    - afnamepunten van droge blusleiding (zie tunnel) op middellijn van perrons;
    - handblussers / brandslanghaspels;
    - brandweermaterieelopslagruimtes op perronkoppen.
  - ondergrondse fietsenstalling;
    - handblussers / brandslanghaspels;
    - openbare bluswatervoorziening maaiveld bij ingangen (raakvlak met maaiveldontwerp);
    - evt. droge stijgleidingen / droge blusleiding met vulpunten op maaiveld.

- andere voorzieningen:
  - afnamepunten elektrische stroom (wandcontactdozen) hulpdiensten tunnel/station/stalling;
  - aardingsvoorzieningen door SMC;
  - aardingsschakelaars bovenleiding.

- automatische brandbestrijdingsvoorzieningen:
  - gasblusinstallaties in techniekruimten met vitale veiligheidsinstallaties.

10.14.4. Informatievoorziening en bediening

- brandweercommandoruimte (BCR)
  - locatie: in dienstgebouw Zuid (evt. alternatieve optie: naast fietsenstalling):
  - diverse voorzieningen in BCR
    - meubilair met zitplaatsen voor 2 personen;
    - toegang via sleutelkluis direct naast de toegangsdeur (toegang tot sleutelkluis reguleren);
    - in de sleutelkluis ook sleutel voor centrale technische ruimte.

- TTI-bedieningslocaties TSD:
  - bedieningsmogelijkheid op installaties zelf (lokaal-decentraal);
  - brandweerbedieningspaneel in BCR (lokaal-centraal);
  - bedieningspaneel SMC / VL (centraal) (raakvlakeis)

- brandweerpanelen:
  - brandweerinformatiepanelen:
    - locaties: bij ingangen van bovengrondse NS-stationshal (raakvlakeis)
    - synoptisch tableau van beperkt aantal brandveiligheidsinstallaties van TSD en HNK.
  - brandweerinformatie- en bedieningspaneel:
    - locatie: brandweercommandoruimte (BCR)
    - synoptisch tableau van alle brandveiligheidsinstallaties van TSD (en beperkt HNK);
    - bedienpaneel met voor TTI /veiligheidsinstallaties van TSD;
    - CCTV-monitoren met bedieningspaneel.
  - scope informatievoorziening op panelen:
    - TSD-informatie (tunnel, perrons, stalling, vluchtwegen, technische ruimten, dienstgebouw);
    - HNK-informatie (alleen op TSD-paneel opnemen als BCR naast fietsenstalling komt):
      - brand- en sprinklermeldingen van commerciële units in NS-stationshal;
      - brand- en sprinklermeldingen van stadshal en kantoren van HNK-gebouw.

10.14.5. Communicatie

- C2000-dekking in tunnel en ondergronds station;
- interne/externe communicatiemogelijkheden (telefoon/fax) conform onderstaande tabel.

Tabel 10-12 Telefoon- en fax verbindingen van TSD (intern / extern) (arcering: verbinding vereist).

Telefoon- en faxverbindingen van TSD (intern / extern)	BCR / centrale bedieningsruimte TSD	CMK RAC	Procesoperator / VL	Onderhoudsoperator / SMC	Technische ruimtes incl. pompenruimten DGB Zuid	Systeembeheerder	Buitenlijn openbare telefoonnet (telefoon /f ax)	Brandweerpaneel HNK ingang Coenderstraat	Brandweerpaneel TSD ingangen Stationshal
BCR / centrale bedieningsruimte TSD	nvt								
Technische ruimtes TSD incl. pompenruimten Dienstgebouw Zuid					nvt				
Brandweerpaneel HNK ingang Coenderstraat	[1]							nvt	
Brandweerpaneel TSD ingangen Stationshal									nvt

[1] door Brandweer Rijswijk-Delft geëist.

10.14.6. Raakvlakeisen

- maaiveldinrichting (ontwerp Busquets): locatiekeuze van de brandkranen op maaiveld bepalend voor dekking van fietsenstalling uit openbare bluswatervoorziening (bij onderdekking zijn droge stijgleidingen in stalling noodzakelijk, in afwijking van PvE)

- maaiveldinrichting (ontwerp Busquets): toegangswegen naar opstellocaties van hulpdiensten moeten minimaal 2,25 m breed en 2,25 m hoog zijn.

- stationshal (ontwerp Mecanoo/LBP): ontwerp en inrichting van de bovengrondse stationshal dient rekening te gehouden met toetreding tot het ondergrondse station via het centrale mezzaninestijgpunt. De uitgangen van de stationshal naar de openbare ruimte (opstelplaats) dienen toetreding van de brandweer en andere hulpdiensten mogelijk te maken.

- stationshal (ontwerp Mecanoo/LBP): de bovengrondse stationshal (buiten scope TSD) moet worden voorzien van automatische branddetectie en ontruimingsalarmering.

- stationshal/HNK (ontwerp Mecanoo/LBP): Brandmelding/brandalarmering van TSD – en bovengrondse stationshal (buiten scope) - dient volledig (zowel fysiek als softwarematig) gescheiden te zijn van het nieuwe stadskantoor (HNK).

- stationshal/HNK (ontwerp Mecanoo/LBP): brandweerinformatiepanelen bij ingangen van bovengrondse NS-stationshal met informatievoorziening ten aanzien van veiligheidsinstallaties van TSD en (beperkt) HNK.

- Parkeergarage Spoorsingel (PSS): toetredingsroute T2-west is gelegen halverwege het noordelijke tunneldeel van TSD. De route bestaat uit een doorgang vanuit de parkeergarage PSS naar de westelijke tunnelbuis en aansluitend naar de oostelijke tunnelbuis. Deze toetredingsroute wordt gerealiseerd voor 4-sporigheid op voorwaarde ook PSS gerealiseerd wordt. Er zijn nu reeds bouwkundige c.q. constructieve reserveringen in het ontwerp van TSD opgenomen op de volgende locaties:
  - wapeningsvrije zone in de constructieve buitenwand (diepwand) van de westelijke tunnelbuis;
  - wapeningsvrije zone in de tussenwand tussen de twee sporen in de westelijke tunnelbuis (tussenwand wordt gerealiseerd bij afbouw van westelijk tunnelcasco voor 4-sporige exploitatie);
  - wapeningsvrije zone in de constructieve middenwand (diepwand) tussen de westelijke casco tunnelbuis en de oostelijke - direct in exploitatie te nemen - tunnelbuis.

11. BESTURING TTI BIJ INCIDENTEN

11.1. Inleiding

11.1.1. Algemeen

Dit hoofdstuk is integraal overgenomen uit het rapport *Analyse eisen TTI-besturing spoortunnel bij incidenten* incl. Excel-bijlagen (DTB d.d. 01-04-2009), ook onderdeel van het TSD-veiligheidsdossier. Daarin is een analyse uitgevoerd van de besturing van de TTI en andere veiligheidsrelevante installaties van TSD (tunnel incl. gebouwen; ondergronds station incl. fietsenstalling), specifiek bij incidenten:

- Functionele TTI-analyse voor incidentsituatie (alle LOD's, voor de volledigheid inclusief Preventie);
- Rol van TTI bij beschikbaarheid van Veiligheidsfuncties;
- Grenswaarden voor werking van TTI-systemen;
- Concepten voor automatische TTI-besturing en keuze;
- TTI-classificatie uit oogpunt van besturing;
- Automatische TTI-besturing (op basis van inkomende signalen);
- TVL-beheerssysteem.

11.1.2. Functionele TTI-vraagspecificatie

De contractdocumenten van de civiele constructie van TSD zijn functioneel gespecificeerd. Het TTI-deel is uit het oorspronkelijke totaalpakket gehaald en wordt nu separaat aanbesteed. Ook dit contract wordt functioneel gespecificeerd aanbesteed.

De oorspronkelijke (traditionele) TTI-vraagspecificatie van op te nemen installaties is vervangen door een functionele beschrijving van te verzorgen veiligheidsfuncties c.q. te bereiken veiligheidstoestanden. De oorspronkelijke specificatie is wel ter informatie toegevoegd aan de aanbestedingsdocumenten. De aannemer werkt het ontwerp voor de installaties uit.

11.1.3. Installaties versus veiligheidsfuncties

De aannemer moet een adequaat ontwerp maken voor de *automatische en handmatige* besturing van het uiteindelijke TTI-pakket in TSD. Het is echter problematisch een PvE voor de besturing van de TTI (BTTI) op te stellen zonder individuele installaties te benoemen.

Een functionele vraagspecificatie voor de besturing leidt tot interpretaties door de aannemer over welke installaties noodzakelijk zijn voor het verzorgen van de veiligheidsfuncties. Dit kan leiden tot een besturingsontwerp dat de conclusies van de uitgevoerde veiligheidsonderzoeken uit het voortraject (zoals afgestemd met de hulpdiensten, als adviseur van het bevoegd gezag) niet volledig weerspiegelt. Daarom is er voor gekozen, om de lijst van installaties uit de oorspronkelijke TTI-vraagspecificatie te hanteren bij de beschrijving van de TTI-besturing.

11.1.4. Afwijkend TTI-ontwerp

Indien de aannemer op basis van de functionele TTI-eisenspecificatie tot een andere TTI-oplossing komt dan oorspronkelijke (traditionele) vraagspecificatie (d.w.z. de veiligheidsfuncties door andere installaties laat vervullen of op andere wijze), dan moet onderhavige analyse te aangepast. De aannemer dient dit te doen, waarbij de inhoud bewaakt en getoetst dient te worden vanuit de projectorganisatie.

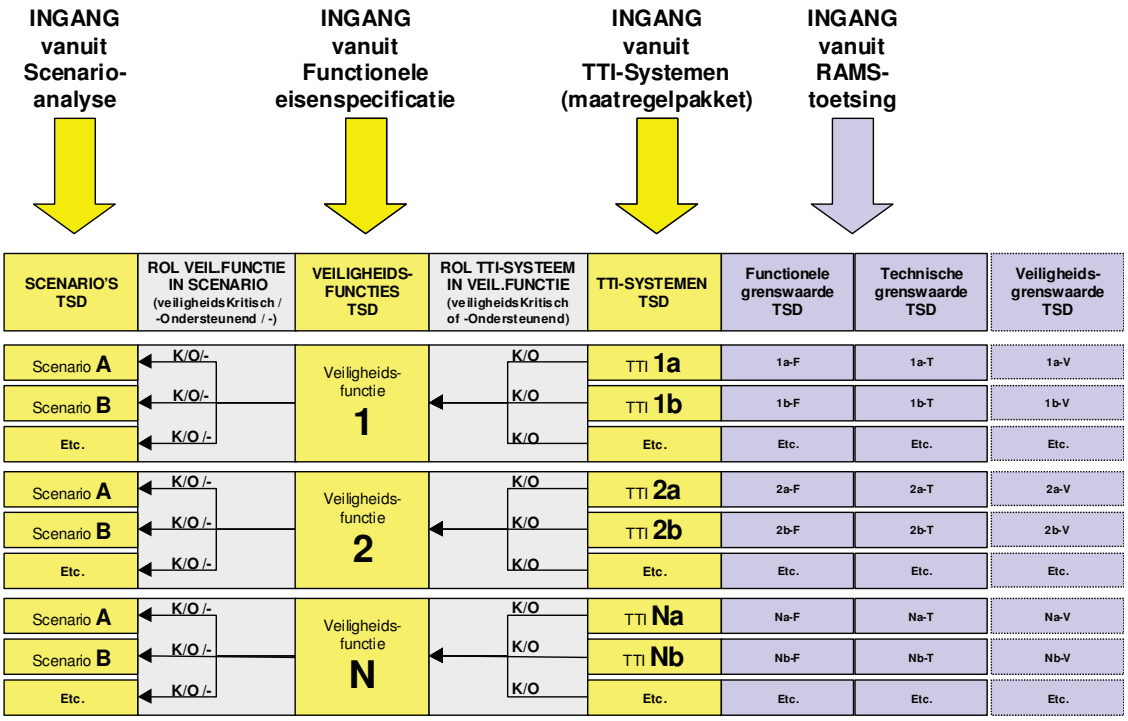
11.1.5. TVL-systeem

De TVL-filosifie (Tunnelveiligheidslicht) beoogt een evenwichtige veiligheidsafweging mogelijk te maken voor de exploitatie van een tunnelsysteem, gebruikmakend van de redundantie in de aanwezige veiligheidssystemen. Het gaat hier om een beheersinstrument in de *exploitatie*fase, niet om een instrument voor incidentbeheersing. TVL staat daarom los van een veilig TTI-ontwerp. Het project/ProRail dient nog een besluit te nemen omtrent de invoering van een TVL-systeem. Invoering van een TVL-systeem is bepalend voor het inspectie- en onderhoudsregime van TSD (vergt ook implementatie in onderhoudscontracten) en dient daarom met de ProRail-regio te worden afgestemd.

11.2. Functionele TTI-analyse

11.2.1. Schema van analysesystematiek

In onderstaand schema is de gevolgde systematiek afgebeeld bij de functionele analyse van de TTI voor TSD. Deze systematiek is per LOD uitgewerkt. Dit schema wordt onderstaand nader toegelicht (de voorbeeldnummering 1 / 1a / 1a-F / 1a-T / 1a-B etc. wordt uitgelegd in § 11.4.2).



Figuur 11-1 Analysesystematiek voor Besturing TTI bij incidenten TSD: voor elke LOD apart uitgewerkt (zie bijlagen).

11.2.2. Lines of Defense TSD

Lines of Defense (LOD's) zijn het samenstel van technische en organisatorische maatregelen die worden getroffen om een bepaald veiligheidsincident te voorkomen en/of de effecten na optreden van het veiligheidsincident te beheersen.

Het TSD-veiligheidsysteem heeft 4 verdedigingslinies tegen de mogelijke TSD-incidentscenario's. Conform TSI-SRT worden de volgende LOD's onderscheiden:

I. **Preventie**: voorkomen van incidenten (of vervolgincident / dominoscenario);
II. **Mitigatie**: autonome beheersing en bestrijding van incident vanuit TSD-systeem;
III. **Zelfredzaamheid**: facilitering van ontvluchting vanuit incidentlocatie naar veilige plaats;
IV. **Externe hulpverlening**: repressie (redding, bestrijding) door overheidshulpdiensten (OHD).

Dit is in lijn met de TSI-SRT waarin tunnelveiligheid c.q. de beheersing van incidentscenario's wordt beschouwd aan de hand van deze vier LOD's. De LOD's tezamen bepalen het restrisico van de tunnel.

Incidentscenario's TSD
De volgende incidentscenario's worden als maatgevend beschouwd voor de TTI-besturing van TSD:

A. (reizigers)treinbrand in tunnel;
B. (reizigers)treinbrand langs perron;
C. vrijkomen van brandbare stoffen (LOC GS met plasbrand / brandbare gaswolk);
D. vrijkomen van toxische stoffen (LOC GS met toxische plas / gaswolk);
E. ontsporing / treinbotsing (geen betrokkenheid van GS)
F. brand in technische ruimte (gelegen op perronkoppen);
G. brand in fietsenstalling boven perron;
H. stilstaande trein (geen brand/LOC GS: defecte aandrijving, verstoring openbare orde in trein).

Eventueel extra op te nemen scenario (nu niet uitgewerkt daar dit formeel buiten TSD-scope valt):

I. brand in stationshal
J. brand in hal stadskantoor.

11.2.3. Veiligheidsfuncties TSD

Een LOD wordt gerealiseerd door een verzameling van veiligheidsfuncties (VF). Binnen het TSD-veiligheidsssyteem zijn daarom voor elke LOD de VF's geïdentificeerd die hieraan een bijdrage leveren. Dit is gedaan per LOD voor het totáál aan scenario's, dus niet voor elk scenario apart.

De VF's beschrijven in functionele termen welke veiligheidsvoorzieningen in het TSD-systeem aanwezig dienen te zijn wil sprake zijn van een voldoende hoog veiligheidsniveau. Enkele voorbeelden:

- *Oriëntatiemogelijkheid in tunnelbuizen (voor vluchtenden en OHD);*
- *Automatische beheersing effecten bij treinbrand langs perron;*
- *Informatievoorziening aan OHD inzake incident*.

De VF's zijn projectspecifiek geformuleerd, dus toegesneden op het TSD-systeem. Er is een overzichtstabel (Excel-werkblad *Veiligheidsfuncties*) opgenomen van alle gedefinieerde VF's. Aangegeven is binnen welke LOD een VF relevant is. Een VF kan binnen een of meer LOD's een rol spelen.

11.2.4. Rol van een VF binnen de TSD-incidentscenario's

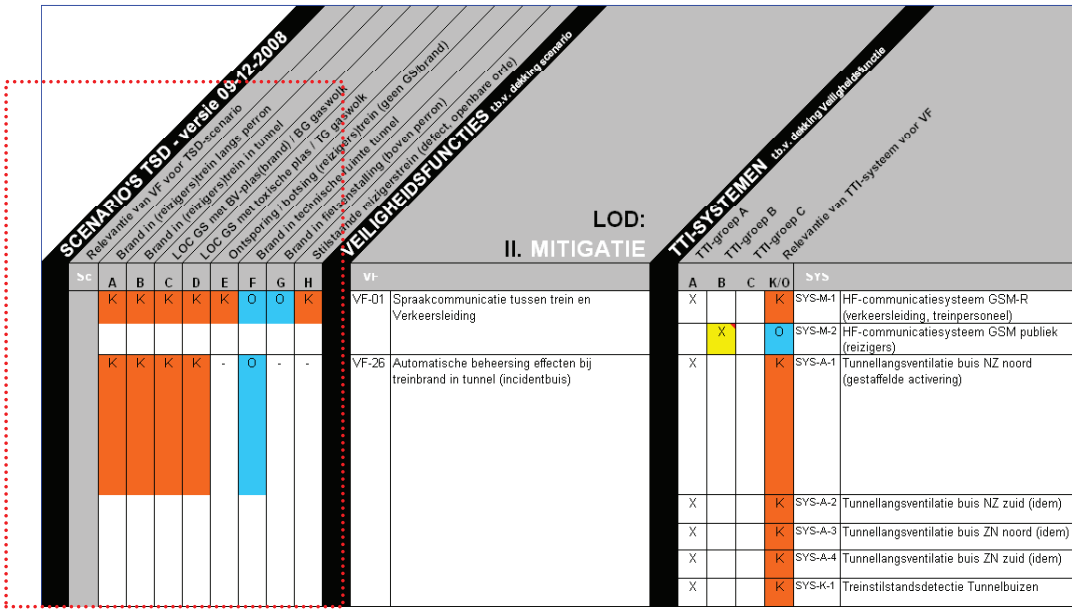
Uitwerking van VF's per LOD voor alle scenario's tezamen
Sommige VF's zijn noodzakelijk binnen ieder TSD-incidentscenario, ongeacht de aard ervan. Een voorbeeld hiervan is *Spraakcommunicatie tussen trein en Verkeersleiding*. Andere VF's zijn alleen relevant voor een of meer specifieke scenario's. Enkele voorbeelden:

- beheersing effecten bij vrijkomen van toxische gassen is alleen relevant voor GS-scenario's;
- melding van brand in fietsenstalling is niet relevant voor scenario's met een (trein)brand in de tunnel of langs het perron.

Veiligheidskritische vs. veiligheidsondersteunende VF
Voor iedere LOD is per TSD-scenario aangeven welke VF's functioneel dienen te zijn voor de beschikbaarheid van de LOD <u>voor dat scenario</u> (zie kader in onderstaande figuur):
Dit is gedaan door voor iedere VF aan te geven wat de aard is van de bijdrage van die VF aan de incidentbeheersing voor dat scenario. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen een veiligheidskritische of veiligheidsondersteunende rol (VF kan ook geen bijdrage leveren; dat is aangegeven met '-'):

- **kritische VF** (K): indien deze VF niet voldoende geborgd is (door de onderliggende TTI-systemen, zie § 11.6) wordt het scenario op betreffende functie niet (voldoende) beheerst.
- **ondersteunende VF** (O): de VF levert (mogelijk) wel een positieve bijdrage aan de beheersing van dat scenario, maar is hiervoor niet van doorslaggevende betekenis (niet onontbeerlijk).

Noot: De VF-bijdrage per scenario vormt geen onderdeel van het TVL-systeem zoals beschreven in § 11.8.



SCENARIO'S TSD - versie 08-12-2008									VEILIGHEIDSFUNCTIES tbv. dekking scenario		TTI-SYSTEMEN tbv. dekking Veiligheidsfunctie				
Sc	A	B	C	D	E	F	G	H	VF		A	B	C	K/O	SYS	
	K	K	K	K	K	O	O	K	VF-01	Spraakcommunicatie tussen trein en Verkeersleiding	X			K	SYS-M-1	HF-communicatiesysteem GSM-R (verkeersleiding, treinpersoneel)
												X		O	SYS-M-2	HF-communicatiesysteem GSM publiek (reizigers)
	K	K	K	K	-	O	-	-	VF-26	Automatische beheersing effecten bij treinbrand in tunnel (incidentbuis)	X			K	SYS-A-1	Tunnellangsventilatie buis NZ noord (gestaffelde activering)
											X			K	SYS-A-2	Tunnellangsventilatie buis NZ zuid (idem)
											X			K	SYS-A-3	Tunnellangsventilatie buis ZN noord (idem)
											X			K	SYS-A-4	Tunnellangsventilatie buis ZN zuid (idem)
											X			K	SYS-K-1	Treinstilstandsdetectie Tunnelbuizen

LOD: II. MITIGATIE

Relevantie van VF voor TSD-scenario; Brand in (reizigers)trein langs perron; Brand in (reizigers)trein in tunnel; LOC GS met BV-plas(brand) / BG gaswolk; LOC GS met toxische plas / TG gaswolk; Ontsporing / botsing (reizigers)trein (geen GS-brand); Brand in technische ruimte tunnel; Brand in fiets-/scooterstalling (boven perron); Stilstaande reizigerstrein (defect, openbare orde); Relevantie van TTI-systeem voor VF

Figuur 11-2 Bijdrage van VF in borging van LOD per scenario (voorbeeld: uitsnede uit tabel LOD II. Mitigatie).

11.3. Rol van een TTI bij beschikbaarheid van een VF

11.3.1. Bijdrage van elke TTI aan een VF

Iedere VF wordt gerealiseerd door de werking van één of meer TTI-systemen. Sommige VF's steunen op één enkel TTI-systeem, sommige op meerdere. Sommige TTI ondersteunen meerdere VF's, sommige slechts één. De aannemer dient in zijn detailontwerp alle TTI op te nemen die noodzakelijk zijn voor het vervullen van genoemde VF's. Hierbij heeft ontwerpvrijheid.

In de overzichtstabel van veiligheidsfuncties (Excelwerkblad *Veiligheidsfuncties*) is aangegeven welke TTI voor een veiligheidsfunctie van belang zijn. Uitgangspunt vormt het TTI-maatregelpakket uit de oorspronkelijke TTI-vraagspecificatie.

In de tabellen voor elke LOD (Excel-werkbladen *I. Preventie* t/m *IV. Hulpverlening*) is voor iedere afzonderlijk VF aangegeven door welke TTI deze gerealiseerd wordt. Uitgangspunt hierbij is dat een bepaalde VF, ongeacht binnen welke LOD deze valt, steeds door <u>dezelfde</u> TTI (en met dezelfde invulling van de bijbehorende parameters) wordt gerealiseerd.

Noot: deze vereenvoudiging voorkomt een niet-dienende complexiteit van de analyse.

De bijdragen van de niet-installatietechnische, civiele voorzieningen aan de realisatie van de VF's zijn hier niet meegenomen. Er wordt van uit gegaan dat deze aanwezig en functioneel zijn.

Veiligheidskritische vs. veiligheidsondersteunende TTI

Per veiligheidsfunctie is voor iedere relevante TTI tevens aangegeven wat de aard is van de bijdrage van die TTI aan de realisering van die VF. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen een veiligheidskritische of veiligheidsondersteunende rol:

- **Kritische TTI** ('K'): indien de werking van de TTI onvoldoende is (de bijbehorende veiligheidswaarde wordt onderschreden, zie volgende paragraaf) wordt de VF niet (voldoende) geborgd.
- **Ondersteunende TTI** ('O'): de TTI levert wel een positieve bijdrage aan de realisering van die VF, maar is voor de borging daarvan niet van doorslaggevende betekenis (niet onontbeerlijk).

Zie verder ook § 11.4 *Grenswaarden voor werking van TTI-systemen*.

11.4. Grenswaarden voor werking van TTI-systemen

11.4.1. Inleiding

In de terminologie van de grenswaarden in deze paragraaf is aansluiting gezocht bij de terminologie zoals gebruikt in de rapportage *Onderhoudsdocument Geoptimaliseerde Instandhoudinspecificaties* (ProRail IM, doc.nr. OHD00033, versie V003 d.d. 01-05-2007)

Noot: genoemde rapportage is verstrekt door Sjaak Kouwenhoven, ProRail, op 16-12-2008.

11.4.2. Veiligheidswaarde

Functionele veiligheidswaarde

Voor elke TTI kan in functionele termen zowel de gewenste werking als de faaltoestand in de incidentsituatie worden geformuleerd. De faaltoestand betreft de zogenaamde *functionele veiligheidswaarde*: bij wijze van spreken "het TTI-onderdeel doet niet waarvoor het is opgenomen, namelijk…". De betreffende TTI is dan dus niet meer *beschikbaar*. Zie Figuur in § 11.2.1 (functionele veiligheidswaarde 1a-F hoort bij TTI-systeem 1a dat VF 1 ondersteunt; deze nummering dient alleen ter illustratie van de gehanteerde systematiek en heeft geen betekenis in de verdere rapportage).

Technische veiligheidswaarde

Ieder functionele veiligheidswaarde kan worden vertaald in een bijbehorende *technische veiligheidswaarde (*kwantitatief)*.* Zie Figuur in § 11.2.1 (technische veiligheidswaarde 1a-T hoort bij TTI-systeem 1a dat VF 1 ondersteunt etc.; NB deze nummering dient alleen ter illustratie van de gehanteerde systematiek en heeft geen betekenis in de verdere rapportage).

Een TTI-onderdeel dient voor de incidentsituatie dus te voldoen aan de geformuleerde technische prestatie-eisen. Voldoet dit TTI-onderdeel hier niet aan, dan zal de borging van de veiligheidsfunctie (VF) die (mede) steunt op dat TTI-onderdeel in ongunstige zin (of zelfs fataal) worden beïnvloed.

Als deze TTI kritisch is voor een VF, dan zal die VF niet meer geborgd zijn. En als die veiligheidsfunctie kritisch is voor de dekking van een bepaald scenario, dan is dat scenario onvoldoende gedekt. Dat kan, afhankelijk van de impact van de niet-beschikbaarheid van die betreffende VF op de beschikbaarheid van de verschillende LOD's, leiden tot gebruiksrestricties van de tunnel, in het uiterste geval buitengebruikstelling.

De technische veiligheidswaarden zijn RAMS-ontwerptools voor de TTI en zijn dus ook RAMS-toetsingscriteria bij het aantoonbaar maken van het veiligheidsniveau (ontwerpverificatie). Daarnaast bepaalt deze voor sommige TTI het inspectie- en onderhoudsprogramma in de exploitatiefase.

Een voorbeeld:

- Indien de gekozen armaturen storingsgevoelig zijn (lampen raken vaak defect, zo vaak dat het tunnelbeheer dit niet bij kan houden) kan de vluchtwegverlichting onvoldoende op peil zijn om tijdens een incident de VF *Oriëntatiemogelijkheid in tunnelbuizen* te borgen.

In het voorbeeld voldoet het RAMS-ontwerp dus niet.

11.4.3. Bodemwaarde

Er kunnen redenen zijn voor sommige TTI een *bodemwaarde* af te spreken. Dit wordt kort toegelicht. De *bodemwaarde* is in het kader van de TTI-besturing vooralsnog voor TSD niet uitgewerkt.

Indien een VF niet beschikbaar is voldoet de situatie in TSD strikt genomen niet langer aan het TSD-veiligheidsconcept. Als het een VF - met bepaalde onderliggende TTI - betreft die kritisch is dan zou de tunnel formeel gezien aan gebruiksrestricties kunnen worden onderworpen (bijv. geen GS-vervoer of

juist geen reizigersvervoer) totdat de VF weer afdoende geborgd is ten behoeve van de beheersing van een incidentsituatie (specifieke scenario's gerelateerd aan een specifiek tunnelgebruik). De restricties hebben betrekking op preventie van bepaalde scenario's: volledig uitsluiten van een scenario dan wel kans- of effectreductie. In het uiterste geval kan de restrictie zelfs een buitengebruikstelling inhouden.

Het is nu de vraag wat de absolute technische ondergrens is voor een TTI wil een tijdelijke continuering van het normaal tunnelbedrijf nog toelaatbaar worden geacht, ook al is de VF, die van dat TTI-onderdeel afhankelijk is, kritisch. Dit betreft de *bodemwaarde*. Het gaat dus om een beslisinstrument voor het toegelaten gebruik van TSD. Het heeft dus geen betrekking op (beheersing van) een daadwerkelijke incidentsituatie. In die zin is de bodemwaarde gerelateerd aan de TVL-filosofie.

Een voorbeeld:
- VF *Spraakcommunicatie tussen trein en Verkeersleiding*: indien de HF-communicatie GSM-R niet functioneert dient de tunnel te worden gesloten, aangezien er dan geen veiligheidscommunicatie meer mogelijk is tussen de VL en de trein. Een functionerend GSM-R met voldoende dekking is dus een *bodemwaarde*.

In het voorbeeld zijn de *veiligheidswaarde* en de *bodemwaarde* overigens gelijk aan elkaar.

11.5. Concepten voor automatische TTI-besturing

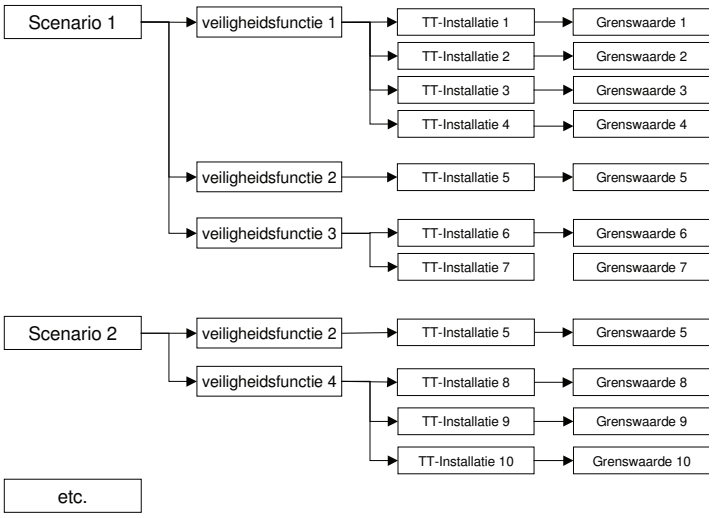
11.5.1. Algemeen

Voor de automatische besturing van de TTI zijn de volgende concepten te onderscheiden:
- Scenarioafhankelijke TTI-besturing;
- Statusafhankelijke besturing;
- Signaalafhankelijke TT-besturing.

Elk van deze concepten hanteert een ander aangrijpingspunt voor de automatische besturing van de TTI in geval van een incident. Onderstaand worden deze concepten besproken.

11.5.2. Scenarioafhankelijke TTI-besturing

Voor ieder scenario kan dan worden vastgesteld welke specifieke VF moeten worden gerealiseerd c.q. geborgd en welke Tunneltechnische Installaties (TTI) voor elke VF nodig zijn en op welke wijze deze automatisch moeten worden ingezet. Hieruit volgt dan direct de eigenlijke 'besturing'. Zie Figuur 11-3.



Figuur 11-3 Scenarioafhankelijke TTI-besturing: automatische besturing van TTI op basis van scenario's.

Er zijn enkele complicaties bij deze benadering:

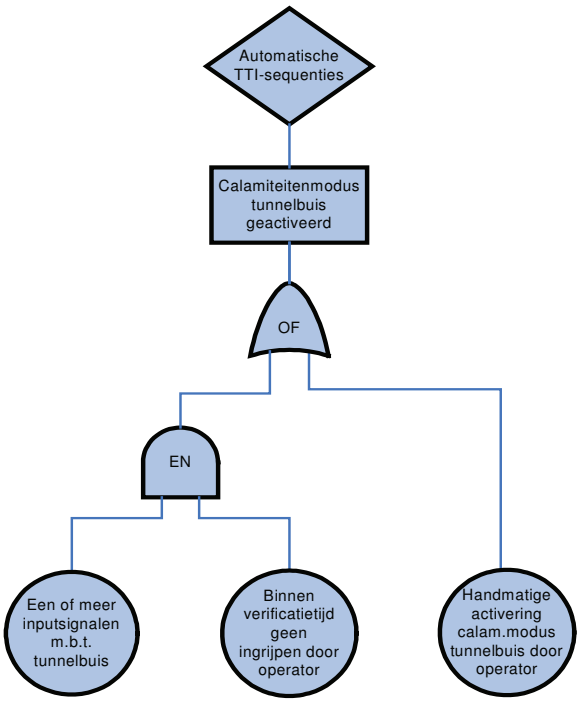
- Het specifieke scenario als basis voor de veiligheidsreactie is niet altijd direct bekend: er is een beperkt aantal mogelijke signalen die op een potentieel incident duiden. Deze signalen zijn echter niet per definitie scenariospecifiek: een aantal signalen past binnen meerdere scenario's. Bijv. een ongekwiteerde treinstilstand kan duiden op een 'simpele' ontsporing maar ook op een brand.

- De veiligheidsreactie van het systeem moet zo veel mogelijk automatisch worden ingezet, dat wil zeggen onafhankelijk van menselijk ingrijpen. Het is niet wenselijk te wachten met de activering van bepaalde VF totdat het scenario compleet duidelijk is geworden aan de operators. Dit zou leiden tot het verlies van kostbare tijd in de cruciale beginfase van een incident. Dit zou de mogelijkheden van personen in het systeem zich in veiligheid te brengen, incidentbeheersing en bestrijding door de hulpdiensten negatief kunnen beïnvloeden.

- TSD bestaat niet alleen uit een tunnel, maar ook uit een station (een perron - en in de toekomst twee) en een fietsenstalling boven de sporen. Bovendien staat het in open verbinding met de bovengrondse stationshal, zodat beide ruimten in de zin brandveiligheid één integraal systeem vormen. Dit beïnvloedt de noodzakelijke veiligheidsreactie van TSD. Enerzijds is er een veelvoud aan scenario's denkbaar (dus niet alleen een incident met betrekking tot het spoorbedrijf, maar bijv. ook een brand in de fietsenstalling of in de stationshal) en anderzijds is de vervulling van veiligheidsfuncties voor TSD deels afhankelijk van de 'medewerking' van andere delen van het integrale systeem (bijv. de vluchtroutes vanaf het perron lopen via de stationshal met OVCP-poortjes).

11.5.3. Statusafhankelijke TTI-besturing

In tunnelprojecten dient de toegekende 'status' (bedrijf, calamiteit, onderhoud) doorgaans als aangrijpingspunt voor de automatische TTI-besturing. Aangezien het hier in de regel om systemen gat die uitsluitend uit één of twee tunnelbuizen bestaan, is dit ook een eenvoudig toe te passen concept. Bij een calamiteit in een dergelijk tunnelsysteem is altijd duidelijk sprake van een incidentbuis en – in geval van meer buizen - van een niet-incidentbuis (veilige buis).



Figuur 11-4 Statusafhankelijke TTI-besturing: gebeurtenissenboom voor calamiteitenmodus van een specifieke tunnelbuis.

Bij een ruimtelijk complex systeem met tunnelbuizen, perron(s), fietsenstalling én stationshal zoals TSD is dit concept voor een incidentsituatie minder eenduidig toepasbaar. Vragen c.q. complicaties die zich bij dergelijke benadering zouden kunnen voordoen zijn bijvoorbeeld:

- Er bevindt zich een station halverwege beide tunnelbuizen, dus een onderbreking van de scheiding tussen de buizen. Heeft dit invloed op de status van de buizen en van het perronniveau? Moet hierbij een scenarioafhankelijk onderscheid gemaakt worden, dat wil zeggen tussen de verspreiding van rook en brand enerzijds en gevaarlijke gassen anderzijds?

- De ontruiming van een tunnelbuis of het perronniveau verloopt via de stationshal en (mogelijk) ook de fietsenstalling. Op die deellocaties (hal, stalling) is niet noodzakelijkerwijs direct iets aan de hand (geen acute bedreigende situatie voor aanwezigen), maar na verloop van tijd kunnen wel negatieve effecten van het incident merkbaar worden. Welke locatie heeft calamiteitstatus en welk niet?

- Leidt een brand in de fietsenstalling tot instelling van de calamiteitenstatus voor het perronniveau, de stationshal of zelfs voor beide tunnelbuizen? Het makkelijkst is bij een incident op een willekeurige deellocatie meteen het gehele TSD-systeem de status 'calamiteit' te geven en vervolgens te sluiten en te ontruimen. Dit is echter voor een groot aantal scenario's een te zwaar middel: voor een beperkt en binnen kort tijdsbestek te beheersen winkelbrandje in de stationshal of brandje in de stalling hoeft de spoortunnel niet buiten bedrijf te worden gesteld. Gewaakt moet worden voor een 'overreactie' (voorkomen van buitenproportionaliteit van geactiveerde veiligheidsmaatregelen in relatie tot feitelijke dreiging).

11.5.4. Signaalafhankelijke TTI-besturing

Bij automatische TTI-besturing vormt de binnenkomst van een specifiek signaal het startpunt van een incident en dus niet de vaststelling van een specifiek scenario. Dit kan zijn een detectiesignaal of een meldingssignaal. Automatisch vooraf gedefinieerde sequenties worden ingezet met (de)activering van bepaalde TTI. Door handmatig ingrijpen binnen de verificatietijd kan de activering van bepaalde TTI worden voorkomen (bijv. bij valse automatische melding of als wordt vastgesteld dat de op zichzelf juiste melding geen incident betreft). Ook kunnen eenmaal in gang gezette sequenties handmatig worden gewijzigd of beëindigd vanaf lokale of centrale bedieningsconsoles.

Noot: de reikwijdte voor handmatig ingrijpen en mogelijkheden en beperkingen voor belegging van deze taak dient formeel te worden besproken en vastgesteld in overleg tussen het project, de taakorganisaties en de hulpdiensten.

Een incident in TSD kan op verschillende manieren worden gesignaleerd binnen het TTI-systeem. Voor acht standaardscenario's is in onderstaande tabel aangegeven welke mogelijke inputsignalen aan de orde kunnen zijn. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen waarschijnlijk signaal, mogelijk signaal en onwaarschijnlijk signaal. Deze inputsignalen zijn het aangrijpingspunt voor de CBI van de TTI om automatisch en na een eventuele verificatietijd TTI te gaan activeren.

Tabel 11-1 Signaalafhankelijke TTI-besturing: beschikbare inputsignalen naar CBI (SCADA); correlatie tussen signaal en TSD-incidentscenario's.

AANSTURING TTI TSD o.b.v. inkomende signalen

versie 10-12-2008

Welke TTI-systemen moeten worden ge(de)activeerd bij welk inkomend signaal?

WAARSCHIJNLIJKE SIGNALEN PER SCENARIO	Brand in (reizigers)trein langs perron	Brand in (reizigers)trein in tunnel	LOC GS met plasbrand / BG gaswolk	LOC GS met toxische plas / TG gaswolk	Ontsporing / treinbotsing (geen GS)	Brand in technische ruimte tunnel	Brand in fietsenstalling (boven perron)	Stilstaande trein (defecte aandrijving, verstoring openbare orde)		
	A	B	C	D	E	F	G	H	SYS	BESCHIKBARE SIGNALEN
	1	1	1	1	1			1	K-1	Treinstilstandsdetectie (bevestigd signaal), mogelijke locaties: a. Spoor NZ Tunnelbuis noord b. Spoor NZ Perron b. Spoor NZ Tunnelbuis zuid c. Spoor ZN Tunnelbuis noord d. Spoor ZN Perron e. Spoor ZN Tunnelbuis zuid
			2	2					E-2	Verontreinigingsdetectie vloeistofopvangkelder
						1			H-1	Branddetectie Technische ruimtes perronkoppen (rookmelders)
	1		2						H-2	Branddetectie Perron (lintdetectie)
							1		H-3	Branddetectie Fietsenstalling (rookmelders)
	1	2	2	2	2	2	1	2	J-2	Calamiteitenmelders perron (handmelders)
							1		J-3	Calamiteitenmelders fietsenstalling (handmelders)
	2	2							K-2	Gotcha/Quo Vadis buiten tunnelbaanvak
		1	1	1		2			K-3	Gasdetectie Tunnelbuizen (reservering, buiten scope), mogelijke locaties: a. Tunnelbuis NZ noord b. Tunnelbuis NZ zuid c. Tunnelbuis ZN noord d. Tunnelbuis ZN zuid
	1						2		K-4	Gasdetectie Perronruimte (reservering, buiten scope)
			2						K-5	Gasdetectie Vloeistofopvangkelder
			1	1					K-6	Niveaumeting Vloeistofopvangkelder
	2	2	2	2	2	2	2	2	J-7	Handmatige activering calamiteitenmodus (door procesoperator/VL) a. Tunnelbuis NZ noord b. Tunnelbuis NZ zuid c. Tunnelbuis ZN noord d. Tunnelbuis ZN zuid e. Perron NZ f. Perron ZN g. Fietsenstalling (brand) h. Stationshal (brand)

LEGENDA	
1	waarschijnlijk signaal
2	mogelijk signaal
	onwaarschijnlijk / onmogelijk signaal
	(gegeven voor elk specifiek scenario)

11.5.5. Keuze TTI-besturingsconcept voor TSD

Op basis van de beschouwing van de TTI-besturingconcepten in voorgaande paragrafen is voor TSD gekozen voor een TTI-besturing op basis van specifieke signalen, die indicatief zijn voor het scenario.

Noot: Hiermee wordt in de TTI-besturing van TSD afgeweken van bijv. Tunnel Drontermeer (TDM) waar de calamiteitenstatus van de beide tunnelbuizen het primaire aangrijpingspunt vormt van de besturing van de TTI. De ruimtelijke complexiteit van TDM is echter aanzienlijk kleiner dan die van TSD (zie ook de toelichting in § 11.5.3 *Statusafhankelijke TTI-besturing*).

De activering van de calamiteitenmodus van TSD en de automatische bediening van de TTI geschiedt op basis van een of meer inputsignalen. De eigenlijke scenario's zijn niet kenbaar voor de CBI en soms ook niet voor de proces- of calamiteitenoperator. De signalen vormen weliswaar een aanwijzing voor een bepaald scenario, maar zijn niet noodzakelijkerwijs volledig onderscheidend: hetzelfde signaal kan duiden op meerdere mogelijke scenario's.

Er moet van worden uitgegaan dat (in eerste instantie) geen uitsluitsel bestaat omtrent het precieze scenario. De automatische reactie van het veiligheidssysteem moet daarom tot op zekere hoogte generiek zijn voor het betreffende type signalen, dus niet scenariospecifiek. De automatische reactie dient in beginsel het mogelijke scenario of de mogelijke scenario's af te dekken, zonder dat (in eerste instantie) aanvullend handmatige bediening noodzakelijk is. De reactie dient dus een zeker robuustheid te bezitten voor de dekking van de scenario's. Dit wordt in § 11.7 nader uitgewerkt.

De automatische reactie kan in beginsel wel handmatig bijgestuurd worden op basis van aanvullende informatie en waarnemingen door de operator SMC (centrale MMI) of de hulpdiensten ter plaatse in de BCR (brandweerpanelen / lokale MMI). Eventuele handmatige bedieningstaken dienen formeel te worden belegd bij de betreffende partijen.

11.6. TTI-classificatie uit oogpunt van besturing

11.6.1. Algemeen

De TTI als geheel kunnen in relatie tot besturing worden onderverdeeld in de volgende groepen:

a. TTI die bij een calamiteit actief ingezet en aangestuurd worden voor incidentbeheersing;
b. TTI die standaard in bedrijf zijn, onafhankelijk van een eventueel incident (deze worden niet aangestuurd in geval van een calamiteit, maar kunnen de LOD's wel ondersteunen);
c. TTI die detecteren of signaleren (deze detectoren en signaalgevers genereren uitsluitend inputsignalen voor de CBI / SCADA; besturing is inherent niet aan de orde).

In onderstaande tabel is ten behoeve van de analyse voor TTI-besturing bij incidenten een overzicht gegeven van de veiligheidsgerelateerde TTI. Deze lijst is niet bepalend voor de *overall* TTI-contractscope van het project TSD; daarvoor wordt verwezen naar de *Vraagspecificatie voor het project ' Spoor & Stad Delft'*.

11.6.2. Detecterende en signaalgevende TTI

Deze TTI leveren de inputsignalen op basis waarvan de besturing geschiedt. Het gaat hoofdzakelijk om automatisch werkende meetinstrumenten die een specifiek effect van een bepaald type calamiteit (scenario) kunnen detecteren. Daarnaast betreft het handmatig (door personen ter plaatse) te bedienen meldingsvoorzieningen. Zie gearceerde TTI in onderstaande tabel.

11.6.3. Standaard in bedrijf zijnde TTI

Er zijn naast de detectoren / signaalgevende TTI nog meer TTI die niet aangestuurd of geactiveerd worden in het geval van een incident, maar wel van belang zijn in een dergelijke situatie. Deze TTI zijn standaard in bedrijf, ongeacht het scenario / tunnelmodus etc. Het is wel noodzakelijk dat de bedrijfsstatus kan worden gecontroleerd c.q. uitgelezen op de MMI: defecten moeten immers worden gemeld bij de procesoperator. Zie *gearceerde/gecursiveerde* TTI in onderstaande tabel. Deze TTI betreffen:

- deursensoren van vluchtdeuren in tunnelbuizen, vluchtdeuren naar vluchttrappen en toegangsdeuren naar technische ruimtes in tunnel en toetredingsdeuren voor OHD op maaiveld;
- reguliere verlichtingsinstallatie in tunnelbuizen (minimaal niveau), vluchtrouteaanduiding (transparantverlichting) in tunnelbuizen en fietsenstalling en accentverlichting van vluchtdeuren in tunnel;
- HF-communicatiesystemen GSM-R, GSM publiek, C2000 en ERTMS/ETCS.

11.6.4. Aan te sturen TTI voor actieve incidentbeheersing

De aan te sturen TTI voor actieve incidentbeheersing betreft alle overige TTI (zie onderstaande tabel).

Tabel 11-2 Overzicht [1] veiligheidsgerelateerde TTI ten behoeve van analyse TTI-besturing bij incidenten (versie 10-03-2009).

SYS	TTI-systeem	SYS	TTI-systeem
A.	INCIDENTVENTILATIE	I.	ONTRUIMINGSALARMERING
A-1	Tunnellangsventilatie buis NZ noord (gestaffelde activering)	I-1	Ontruimingsalarminstallatie Technische ruimtes perron **(buiten scope)**
A-2	Tunnellangsventilatie buis NZ zuid (idem)	I-2	Ontruimingsalarminstallatie Perron **(buiten scope)**
A-3	Tunnellangsventilatie buis ZN noord (idem)	I-3	Ontruimingsalarminstallatie Fietsenstalling **(buiten scope)**
A-4	Tunnellangsventilatie buis ZN zuid (idem)	I-4	Ontruimingsalarminstallatie Stationshal **(buiten scope)**
A-5	RWA-ventilatie spoordeel station (idem)	I-5	Verdrijvingssignaal Tunnelbuizen (automatisch bij calamiteitenmodus)
B.	OVERDRUKINSTALLATIES	J.	MELDING
B-1	Overdruksystemen Vluchttrappen	J-1	Calamiteitenmelders perron (handmelders) (NB niet op SCADA)
B-2	Overdruksystemen Technische ruimtes (op beide perronkoppen)	J-2	Calamiteitenmelders fietsenstalling (handmelders) (NB niet op SCADA)
B-3	Overdruksystemen Toetredingspunt T2 (OHD)	J-3	Calamiteitenmodus TSD inschakelen (evt. na verificatie)
B-4	Overdruksystemen BCR (brandweercommandoruimte)	J-4	Automatische doormelding aan VL (ook zonder verificatie)
C.	GEBOUWVENTILATIE	J-5	Automatische doormelding aan meldkamer OHD (na verificatietijd)
C-1	Kwaliteitsventilatiesystemen Technische ruimten	J-6	Handmatige activering van calamiteitenmodus (door operator SMC / BCR)
C-2	Kwaliteitsventilatiesysteem Fietsenstalling	K.	DETECTIESYSTEMEN
D.	VERTICAAL TRANSPORT	K-1	Treinstilstandsdetectie Tunnelbuizen
D-1	Liften perron-stationshal (naar stopplaats)	K-2	Hotboxdetectie
D-2	Roltrappen perron-stationshal (neergaande stilzetten)	K-3	Gasdetectie Tunnelbuizen (reservering)
D-3	OVCP-poortjes stationshal (opensturing)	K-4	Gasdetectie Perronruimte (reservering)
D-4	OVCP-poortjes fietsenstalling (opensturing)	K-6	Niveaumeting Vloeistofopvangkelder
E.	TUNNELDRAINAGE	L.	TREINBEVEILIGING
E-1	Pompinstallaties (rioolgemaal) vloeistofopvangkelder (uitschakelen)	L-1	Koppeling met treinbeveiliging: seinen stoptonend schakelen bij cal.modus
E-2	Verontreinigingsdetectie vloeistofopvangkelder (milieu)	L-2	Koppeling met treinbeveiliging: intrekken ingestelde rijpaden bij cal.modus
F.	BRANDBESTRIJDINGSINSTALLATIES	M.	COMMUNICATIE & INFORMATIEVOORZIENING
F-1	Pompinstallatie blusleiding Tunnelbuizen	*M-1*	*HF-communicatiesysteem GSM-R (verkeersleiding, treinpersoneel)*
F-2	Gasblusinstallatie (automatisch) technische / bedieningsruimtes	*M-2*	*HF-communicatiesysteem GSM publiek (reizigers)*
G.	VERLICHTINGSINSTALLATIES	*M-3*	*HF-communicatiesysteem C2000 (hulpdiensten)*
G-1	*Reguliere verlichting tunnelbuizen*	*M-4*	*HF-communicatiesysteem ERTMS/ETCS (treinbeveiliging)*
G-2	*Reguliere verlichting perron **(buiten scope)***	*M-5*	*Brandweerpanelen (TCR / tunnelcommandoruimte, perrontoegangen)*
G-3	*Reguliere verlichting fietsenstalling*	*M-6*	*Vaste telefoon- en dataverbinding BCR – SMC/VL*
G-4	*Accentverlichting vluchtdeuren tunnelbuizen*	*M-7*	*Vaste telefoon- en dataverbinding BCR – technische ruim-ten/brandweerpanelen*
G-5	*Transparantverlichting vluchtdeuren tunnelbuizen*	*M-8*	*CCTV tunnelbuizen (incl. tunnelmonden), perrons*
G-6	*Transparantverlichting vluchtroutes perron*	N.	DEURSIGNALERING
G-7	*Transparantverlichting vluchtdeuren fietsenstalling*	*N-1*	*Deursensoren vluchtdeuren Tunnelbuizen (naar veilige buis)*
G-8	Vluchtwegverlichting Tunnelbuizen	*N-2*	*Deursensoren vluchtdeuren Vluchttrappen*
G-9	Noodverlichting Tunnelbuizen	*N-3*	*Deursensoren toegangsdeuren naar Technische ruimtes in tunnelbuizen*
G-10	Noodverlichting perron **(buiten scope)**	*N-4*	*Deursensoren toetredingsdeuren voor OHD vanaf maaiveld*
G-11	Noodverlichting Fietsenstalling	O.	OVERIGE INSTALLATIES
H.	BRANDBEVEILIGINGSINSTALLATIES	*O-1*	*Energievoorziening voor OHD in tunnel/station*
H-1	Branddetectie Technische ruimtes perronkoppen (rookmelders)		**LEGENDA**
H-2	Branddetectie Perron(s) (lintdetectie)		*Standaard in bedrijf zijnde TTI*
H-3	Branddetectie Fietsenstalling (rookmelders)		Aan te sturen TTI voor actieve incidentbeheersing
			Detecterende en signaalgevende TTI

[1] Dit TTI-overzicht is uitsluitend samengesteld ten behoeve van de analyse voor TTI-besturing bij incidenten. Dit overzicht is niet bepalend voor de formele TTI-contractscope van TSD, waarvoor verwezen wordt naar de *Vraagspecificatie voor het project ‘ Spoor & Stad Delft’*.

11.7. Automatische TTI-besturing op basis van inkomende signalen

11.7.1. Inleiding

De voorgestelde automatische TTI-veiligheidsreactie van TSD hangt primair af van de aard van de bedreiging en de noodzakelijke VF's om deze te beheersen. Echter, een belangrijke overweging is ook het tegengaan van een disproportionele veiligheidsreactie op kleinere bedreigingen. Voorkomen moet worden dat in een overreactie het hele TSD-systeem incl. treinenloop *te vaak* onnodig wordt stilgelegd. Dit doet immers direct afbreuk aan de gestelde TSD-beschikbaarheidseisen. De voorgestelde invulling is afgestemd met de werkgroepleden.

Er is voor gekozen om bepaalde TTI bij ieder inkomend signaal automatisch te activeren (bijv. automatische doormelding aan VL/SMC (ook zonder verificatie)) of alleen bij specifieke inkomende signalen (bijv. gasblusinstallatie in technische ruimten op perronkoppen)). Dit verschilt dus per TTI-systeem.

De activering dient voor enkele TTI verder te worden uitgewerkt in een detailsequentie. Dit geldt bijvoorbeeld voor de langsventilatie in de tunnel (opstartfase → opvoerfase → vol vermogen; onderscheid tussen incidentbuis en veilige buis) en de RWA op het perronniveau.

11.7.2. Robuuste veiligheidsreactie

In het overleg van 1 oktober 2008 is geconcludeerd dat de automatische besturing van de TTI zodanig dient te zijn dat er sprake is van een robuuste veiligheidsreactie. Dit houdt het volgende in:

a. de automatische reactie dient TTI te activeren, zodat er in eerste instantie (tot de brandweer hiertoe aanwijzingen geeft) geen aanvullende handmatige activering of bijsturing van TTI noodzakelijk is;

b. de automatische reactie dient dekking te bieden voor het volledige scala aan scenario's dat passend is (mogelijk aan de orde zou kunnen zijn) op de inkomende signalen.

Ad a. Deze randvoorwaarde komt voort uit de wens van ProRail IM Railsystemen om de SMC / VL te ontlasten van de feitelijke handeling van de opstart van de TTI bij een incident. Hierbij dient te worden opgemerkt (zoals ook gezamenlijk in het overleg d.d. 1 oktober 2008 vastgesteld) dat dit betekent dat de mogelijkheden voor een scenariospecifieke TTI-besturing beperkt worden: zonder voorafgaande menselijke beoordeling van de situatie kan de automatische (initiële) besturing uitsluitend gebaseerd zijn op de inkomende digitale detectiesignalen.

Ad b. Aangezien de mogelijk inkomende detectiesignalen niet altijd volledig scenariospecifiek zijn moet er in de automatische veiligheidsreactie bij een daadwerkelijk incident rekening worden gehouden met scenario's van diverse aard. De veiligheidsreactie moet dus meerdere mogelijke scenario's afdekken: bijv. brand versus niet-brand; geen GS versus wel GS. Om zeker te zijn dat *ten mínste* de noodzakelijke TTI worden ingeschakeld kan dit betekenen, dat de automatische veiligheidsreactie voor bepaalde incidenten omvangrijker kan zijn dan het feitelijke (maar nog niet door menselijke beoordeling vastgestelde) scenario noodzaakt en rechtvaardigt. Dit is inherent aan de keuze voor de genoemde voorwaarden. In de TTI-besturingstabel is rekening gehouden met een robuuste veiligheidsreactie.

11.7.3. Automatische besturingstabel

In de bijlagen is de TTI-besturingstabel opgenomen. Daarin staat aangegeven (voorstel) welke TTI op welke wijze ge(de)activeerd zullen worden bij de verschillende mogelijk inkomende signalen. In onderstaande figuur is de opbouw van de tabel weergegeven.

AANSTURING TTI TSD o.b.v. inkomende signalen

versie 10-12-2008

Welke TTI-systemen moeten worden ge(de)activeerd bij welk inkomend signaal?

WAARSCHIJNLIJKE SIGNALEN PER SCENARIO: scenario A, scenario B, scenario C, scenario D, scenario E, etc.

AUTOMATISCHE BEDIENING TTI-SYSTEMEN: TTI 1, TTI 2, TTI 3, etc.

A	B	C	D	E		SYS	POTENTIËLE SIGNALEN	1	2	3	
1	1	1				1	signaal 1	0	+	0/+	
	2					2	signaal 2	+	+	0	
2	1	2				3	signaal 3	0	0/+	0/+	
	1						etc	+	0	+	

LEGENDA		LEGENDA	
1	waarschijnlijk signaal	+	automatisch (de)activeren
2	mogelijk signaal	0	geen automatische actie (continuering reguliere
	onwaarschijnlijk / onmogelijk sign.	0/+	geen initiële aut.reactie / aut. reactie bij nonreactie gedurende
	(gegeven voor elk		verificatietijd of bij handmatige activering calamiteitenmodus
	specifiek scenario)	X	niet van toepassing

Figuur 11-5 Opbouw van tabel van automatische TTI-besturing op basis van inkomende signalen.

Voor elk potentieel signaal is aangegeven op welk scenario dit kan duiden (eerste kolommen van tabel). Hierbij is onderscheid gemaakt tussen een waarschijnlijke relatie tussen signaal en scenario (symbool: “1”) en een mogelijke relatie (symbool: “2”). Zie ook § 11.5.4 *Signaalafhankelijke TTI-besturing*. Voor de besturing van elk afzonderlijk TTI-systeem zijn verschillende opties beschikbaar. In de besturingstabel is per signaal één optie gekozen. De beschikbare besturingsopties zijn:

1) **geen automatische actie** (symbool: “0”) ongewijzigde continuering van de bedrijfstoestand van een TTI-systeem, zoals in de voorafgaande reguliere (niet-incident) bedrijfssituatie.

2) **direct automatisch (de)activeren** (symbool: “+”): onmiddellijke en onvertraagde inschakeling (in een enkel geval: uitschakeling) van een TTI-systeem zodra een bepaald signaal binnenkomt.

Noot: De gemaakte keuzes zijn gebaseerd op inhoudelijke overwegingen. Deze overwegingen zijn te lezen als opmerkingen in de digitale versie van de Excelsheet, door met de muis over het betreffende vakje te bewegen. Het is mogelijk deze opmerkingen af te drukken met het werkblad zelf. Kies daarvoor in Excel in het menu Bestand *onder* Pagina-instelling *bij de optie* Opmerkingen *de mogelijkheid* Einde blad. *Vink direct daarboven (in hetzelfde dialoogscherm) ook het vakje* Rij- en kolomkoppen *aan. Bij het afdrukken van het werkblad wordt dan een overzicht van alle opmerkingen mee-afgedrukt met per opmerking een verwijzing naar de cel waar deze bij hoort.*

Minimalisering rol operator

Sinds de rapportageversie d.d. 10 december 2008 zijn in de besturingstabel wijzigingen doorgevoerd om de reactie voldoende *robuust* te maken, dit naar aanleiding van de ProRail-wens uit het overleg d.d. 1 oktober 2008 voor een minimale rol van de operator (SMC / VL) bij TTI-besturing in de incidentfase voorafgaand aan de opkomst van de brandweer. Daarvoor is uiteindelijk in het eindconcept d.d. 29 januari 2009 optie 3) ***verificatieprocedure*** (symbool: “0/+”) geheel geschrapt: elke TTI schakelt automatisch direct wèl of níet in, zonder dat de operator een verificatietaak heeft. Wel is de automatische besturing bij een detectiesignaal van een ongekwiteerde treinstilstand in de tunnel alsnog gedifferentieerd naar ongeverifieerde en geverifieerde (of verstreken verificatieduur) treinstilstand.

11.7.4. Calamiteitenstatus TSD

Mogelijke statussen
Het is *in beginsel* mogelijk om in de besturing van de TTI de notie van ‘status’ in te bouwen. Er wordt standaard onderscheid gemaakt tussen de volgende statussen:

1) **normaal bedrijf**;
2) **onderhoud**;
3) **calamiteit**.

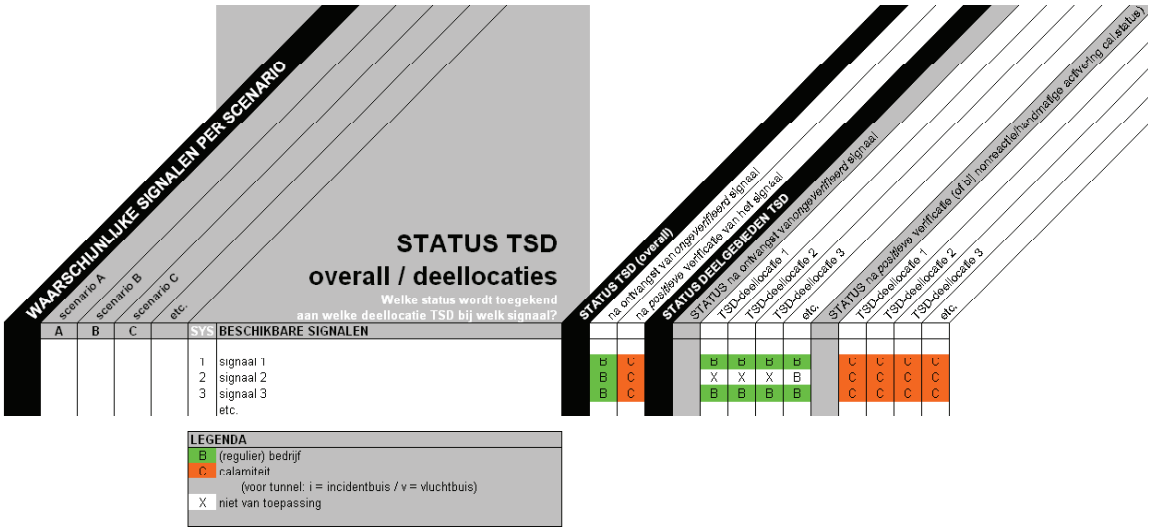
De statussen normaal bedrijf en onderhoud (en benodigde TTI-functionaliteiten in die toestanden) zijn in het kader van deze rapportage die betrekking heeft op *veiligheid bij incidenten* niet verder uitgewerkt.

Calamiteitenstatus
De notie “status” is vooralsnog in de TTI-besturingstabel (zie § 11.7.3 *Automatische besturingstabel*) voor TSD alleen verwerkt door onder TTI-systeem J-7 voor de diverse TSD-deellocaties de automatische reactie van het TSD-veiligheidssysteem bij “handmatige activering van calamiteitenmodus door operator SMC of BCR” op te nemen. Dit is feitelijk de toekenning van de calamiteitenstatus aan de betreffende locatie. Het primaire besturingsconcept is gebaseerd op beschikbare signalen, zoals toegelicht in § 11.5.4 en 11.5.5, dus niet op TSD-status. De onderlinge afhankelijkheden tussen de statussen van de deellocaties zijn nadrukkelijk niet verder uitgewerkt.

Het is mogelijk onderscheid te maken tussen de calamiteitenstatus van TSD als geheel systeem (eventueel uitgebreid met de stationshal die buiten de TSD-scope valt, of zelfs het stadskantoor) en de status van deellocaties van TSD (elke afzonderlijke tunnelbuis, het perronniveau).

Toekenning van de calamiteitenstatus aan een locatie van TSD leidt ertoe dat de automatische TTI-besturing (mede) rekening houdt met de veronderstelde aanwezigheid van bedreigende of ongunstige omstandigheden in die deellocatie: een deellocatie wordt als het ware “bedreigd verklaard”, waarop automatisch maatregelen (TTI) in werking treden. Ook kan met de status een afhankelijkheid worden uitgedrukt van de incidentbeheersing binnen de eigenlijke incidentlocatie van de bepaalde voorwaarden in een naburige deellocatie. Deze naburige locatie is niet direct bedreigd maar moet bijvoorbeeld ontruimd worden om een ontruiming van de incidentlocatie mogelijk te maken.

Dit dient in de volgende projectfase door de aannemer nader te worden uitgewerkt.



Figuur 11-6 Opbouw van tabel voor TSD-status op basis van inkomende signalen.

11.8. TVL-beheerssysteem

11.8.1. Inleiding

Het TVL-beheerssysteem is een nieuwe ontwikkeling binnen ProRail, die opgestart is in relatie tot de Betuweroute. Het gaat hier om een beheersinstrument voor de exploitatiefase (tijdens normaal bedrijf):

- inrichting c.q. prioritering van het inspectie- en onderhoudsregime;
- besluitvorming omtrent eventuele (tijdelijke) gebruiksbeperkingen uit oogpunt van veiligheid, gegeven de beschikbaarheid van veiligheidsfunctionaliteit op enig moment).

TVL betreft nadrukkelijk geen instrument voor incidentbeheersing (in fase van calamiteitenbedrijf).

Primair is de aandacht gericht op een adequaat TTI-ontwerp. Het TVL-beheerssysteem is daaraan volgend en besluitvorming hieromtrent dient onafhankelijk van het TTI-ontwerp plaats te vinden. Onderhavige § 11.8 is dus uitsluitend relevant bij een besluit om TVL in TSD te implementeren.

TVL houdt in dat niet iedere storing in een bepaald TTI-systeem direct leidt tot buitengebruikstelling van de tunnel voor alle verkeer. Bekeken wordt of een of meer andere beschikbare systemen een zodanig veiligheidsbijdrage leveren, dat de tunnel in gebruik kan blijven tot de storing (binnen een gemaximeerde tijdsduur) hersteld is. De onderhoudshersteltijden (venstertijden) worden dan afhankelijk van de kleur van het veiligheidslicht. Een TVL-beheersysteem bestaat uit een veiligheidsindicator in combinatie met een op maat ontworpen onderhoudsinspanning. Invoering van een TVL-systeem is bepalend voor het inspectie- en onderhoudsregime van TSD (en vergt dus ook implementatie in onderhoudscontracten) en dient daarom met de ProRail-regio te worden afgestemd.

11.8.2. Uitgangspunten TVL-beheerssysteem

Uitgangspunt van het TVL-beheerssysteem is dat wanneer alle in het PvE voorgeschreven veiligheidsvoorzieningen aangebracht zijn en functioneel zijn, het overeengekomen veiligheidsniveau gerealiseerd is. Alle vereiste LOD's zijn dan aanwezig om de oorzaak- en effectscenario's in TSD te beheersen. De TVL-filosofie (zgn. *Tunnelveiligheidslicht*) beoogt een evenwichtige veiligheidsafweging te bieden voor de exploitatie van een tunnelsysteem, gebruikmakend van de redundantie in de aanwezige veiligheidssystemen.

Dit houdt in dat niet iedere storing in een bepaald TTI-systeem direct leidt tot buitengebruikstelling van de tunnel voor alle treinverkeer. Bekeken wordt of een of meer andere beschikbare systemen een zodanige veiligheidsbijdrage leveren aan de betreffende VF, dat de tunnel in gebruik kan blijven tot de storing hersteld is. Het gaat dus om het identificeren en benutten van redundantie in het veiligheidssysteem als geheel ter maximalisatie van de baanvakcapaciteit van de treintunnel.

Storingsherstel moet echter wel binnen een gemaximeerd tijdsbestek plaats vinden, aangezien de TTI-systemen gezamenlijk het vereiste veiligheidsniveau realiseren. Een dergelijke situatie is dus alleen tijdelijk acceptabel.

Een en ander is in lijn met het document *Uitgangspunten voor het TVL-systeem* van ProRail (concept, versie 0.7 d.d. 8 oktober 2008). Hierin staat een aanzet voor de TVL-filosofie voor de Betuweroute beschreven die de TTI-aannemer van de Betuweroute dient dit uit te werken tot een definitieve aanpak.

11.8.3. TVL-beslisprocedure

TVL-beslisinstrument dient om een inschatting te geven van het momentane TSD-veiligheidsniveau. Vooralsnog wordt één TVL-inschatting gemaakt voor alle tunnelbuizen van TSD tezamen. Dit hangt samen met de aanwezigheid van het ondergrondse station in het tunnelbaanvak dat een verbindende schakel vormt tussen de buizen (Deze situatie wijkt af van de Betuweroute waar voor elke tunnelbuis afzonderlijk de TVL-fase bepaald wordt. Daar zijn de buizen over de volledige lengte gescheiden).

Het momentane TSD-veiligheidsniveau wordt uitgedrukt in termen van beschikbare LOD's en op basis daarvan de TVL-fase. De TVL-fase wordt bepaald door het doorlopen van vier opeenvolgende niveaus met als uitgangspunt de storingsstatus van de TTI-systemen in TSD:

1. systeemcomponent → TTI-systeem
2. TTI-systeem → VF
3. VF → LOD
4. LOD → TVL

Niveau 1 is in het kader van deze rapportage niet verder uitgewerkt. Welke componenten elk TTI-systeem heeft hangt af van het definitieve TTI-ontwerp van de aannemer. Niveaus 2 en 3 zijn voor TSD uitgewerkt in de bijlagen (Excel-tabellen) bij deze rapportage. Niveau 4 wordt uitgewerkt in een beslisschema c.q. rekenprotocol in § 11.8.4 *TVL-logica*.

11.8.4. TVL-logica

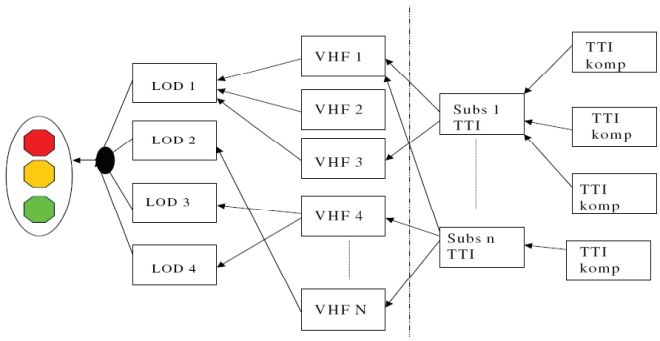
Algemeen
Deze paragraaf is in hoofdzaak gebaseerd op het TVL-systeem voor Betuweroute:

Uitgangspunten voor het TVL-systeem (ProRail, concept versie 0.7 d.d. 8 oktober 2008).

Noot: genoemde rapportage is verstrekt door Sjaak Kouwenhoven, ProRail in het voortgangsoverleg d.d. 1 oktober 2008.

TVL-fasen
Het TVL-systeem maakt onderscheid in de volgende fasen:

- *Groene fase*: alle 4 LOD's zijn beschikbaar
  Alle LOD's zijn daarom operationeel. Er kunnen echter wel TTI-systemen en VF's niet beschikbaar zijn, maar hun bijdrage aan de LOD wordt niet onontbeerlijk geacht.
- *Gele fase*: maximaal 1 LOD niet beschikbaar
  Er is maximaal 1 LOD niet operationeel. Er dient binnen een nader te bepalen tijdsbestek storingsherstel plaats te vinden (venstertijd voor storingsherstel), zodat de LOD weer beschikbaar komt. In de tussentijd kan het TSD-systeem volledig in gebruik blijven.
- *Rode fase:* 2 of meer LOD's niet beschikbaar óf venstertijd verstreken na ingaan van gele fase
  Er is meer dan één LOD niet operationeel óf er heeft niet zodanig storingsherstel plaats gevonden binnen de vastgestelde venstertijd (na ingaan van de gele fase) dat de niet operationele LOD weer beschikbaar is geworden. Het treinverkeer door TSD dient volledig te worden stilgelegd.
  In de Rode fase zal TSD gesloten worden voor treinverkeer conform een nader uit te werken procedure. Een verantwoorde afbouw van het treinverkeer is noodzakelijk, waarbij uitgangspunt is dat rijdende treinen hun rit afmaken en geen nieuwe treinpaden over door TSD vrijgegeven worden.



Figuur 11-7 Samenhang tussen (v.l.n.r.) TVL, LOD's, VF's en TTI's (systemen & componenten).
(bron: *Uitgangspunten voor het TVL-systeem*, ProRail, concept versie 0.7 d.d. 8 oktober 2008).

Logische regels voor beschikbaarheid TTI-systeem

- Een component (van een TTI-systeem) kan beschikbaar of niet-beschikbaar zijn.
- Een TTI-systeem is niet-beschikbaar wanneer de (technische) veiligheidswaarde wordt *onder*-schreden.

Noot: De geconstateerde niet-beschikbaarheid van TTI-componenten en TTI-systemen kan daarbij worden afgeleid uit de SCADA-statusinformatie (in geval van zelfdetecterende installaties) of uit uitgevoerde inspecties.

Logische regels voor beschikbaarheid VF

Beschouwd is op welke wijze de TTI-systemen de VF borgen (beschikbaar maken). Hiertoe zijn per VF de TTI in de LOD-werkbladen ondergebracht in kolommen A, B en C (zie gestippeld rood kader in Figuur 11-8). De verdeling over de kolommen hangt samen met het volgende uitgangspunt:

De betreffende VF kan reeds (voldoende) beschikbaar zijn indien álle onderliggende TTI-systemen in één van de kolommen A, B óf C beschikbaar zijn.

Er is aldus sprake van de volgende twee logische regels:

- EN-functie *binnen* elke afzonderlijke kolom A, B of C: alle TTI-systemen binnen één kolom zijn <u>noodzakelijk</u> voor de beschikbaarheid van de VF;

  Aandachtspunt: enkele TTI leveren wel een reële bijdrage aan een VF maar kunnen de VF niet zelfstandig dragen. Dit is aangeven met de vermelding 'O' (Ondersteunend) in de kolom K/O en in de ABC-kolommen ernaast met 'Xo' (zie onderstaande figuur). Er dient nader te worden uitgedacht hoe dit kan worden ingepast in de TVL-logica omtrent beschikbaarheid van VF).

- OF-functie *tussen* de drie kolommen A, B en C: de TTI-systemen binnen één kolom zijn <u>voldoende</u> voor de beschikbaarheid van de VF.

Logische regels voor beschikbaarheid LOD

Elke VF krijgt voor elke LOD waaraan deze een bijdrage levert een veiligheidsklasse toegewezen:

- Klasse 1: VF levert noodzakelijke bijdrage aan LOD;
- Klasse 2: VF levert belangrijke bijdrage aan LOD;
- Klasse 2: VF levert wenselijke bijdrage aan LOD.

Deze Veiligheidsklasse vormt feitelijk de wegingsfactor voor de bijdrage van de VF aan de LOD. Bij de indeling is als uitgangspunt gehanteerde de waarde van de bijdrage uit oogpunt van beheersen van veiligheidsrisico's voor (specifiek) het *treinverkeer door de tunnel* of voor beheersing van incidenten met betrekking tot het *treinverkeer door de tunnel*. De toewijzing van de VF's aan de onderscheidenlijke Veiligheidsklassen kent enige mate van subjectiviteit. Deze is afgestemd tussen ProRail en de hulp-diensten. Zie ook de indeling in Veiligheidsklassen het Excel-werkblad *Veiligheidsfuncties*.

Een LOD is niet-beschikbaar wanneer de gesommeerde waarden van de veiligheidsklassen van de niet-beschikbare VF's behorend bij die LOD in het rode gebied komen volgens onderstaande tabel.

Tabel 11-3 Beslisregels voor beschikbaarheid van LOD: LOD is niet beschikbaar binnen rood gebied.

Veiligheidsklasse niet- beschikbare VF's		**Aantal niet-beschikbare VF's**		
		1	2	3
Noodzakelijke VF	3	***3***	***6***	***9***
Belangrijke VF	2	2	***4***	***6***
Wenselijke VF	1	1	2	**3**

Voor alle vier LOD's wordt doorlopend vastgesteld of deze al dan niet beschikbaar zijn. Vervolgens wordt doorlopend op basis van de beschreven logische regels de TVL-fase vastgesteld (zie voorgaand kopje *TVL-fasen*).

LOD:
I. PREVENTIE

SCENARIO'S TSD - versie 09-12-2008									VEILIGHEIDSFUNCTIES tb.v. dekking scenario		TTI-SYSTEMEN tb.v. dekking Veiligheidsfunctie					
	Relevantie van VF voor TSD-scenario	Brand in (reizigers)trein langs perron	Brand in (reizigers)trein in tunnel	LOC GS met BV-plas(brand) / Bc gaswolk	LOC GS met toxische plas / TG gaswolk	Ontsporing / botsing (reizigers)trein (geen GS-brand)	Brand in technische ruimte tunnel	Brand in fietsenstalling (boven perron)	Stilstaande reizigerstrein (defect, openbare orde)		TTI-groep A	TTI-groep B	TTI-groep C	Relevantie van TTI-systeem voor VF		
Sc	A	B	C	D	E	F	G	H	VF		A	B	C	K/O	SYS	
	K	K	K	K	K	O	O	K	VF-01	Spraakcommunicatie tussen trein en Verkeersleiding	X			K	SYS-M-1	HF-communicatiesysteem GSSYS-M-R (verkeersleiding, treinpersoneel)
												X		O	SYS-M-2	HF-communicatiesysteem GSM publiek (reizigers)
	K	K	K	K	K	-	-	-	VF-04	Stillegging treinverkeer bij detectie onregelmatigheid aslasten (potentiële incidenttrein tot stilstand brengen buiten tunnel)	X			K	SYS-L-1	Koppeling met treinbeveiliging: seinen stoptonend schakelen bij cal.modus
											Xo			O	SYS-L-2	Koppeling met treinbeveiliging: intrekken ingestelde rijpaden bij cal.modus
											X			K	SYS-M-4	HF-communicatiesysteem ERTMS/ETCS (treinbeveiliging)
											X			K	SYS-K-2	Gotcha/Quo Vadis (detectie onregelmatigheid aslasten)
	K	K	K	K	K	O	O	K	VF-05	Stillegging treinverkeer bij tunnelincident (tunnelbaanwak sluiten voor niet-incidenttreinen)	X			K	SYS-L-1	Koppeling met treinbeveiliging: seinen stoptonend schakelen bij cal.modus
											Xo			O	SYS-L-2	Koppeling met treinbeveiliging: intrekken ingestelde rijpaden bij cal.modus
											X			K	SYS-M-4	HF-communicatiesysteem ERTMS/ETCS (treinbeveiliging)
											X			K	SYS-E-2	Vervuilreinigingsdetectie vloeistofopvangkelder (milieu)
											X			K	SYS-H-1	Branddetectie Technische ruimtes perronkoppen (rookmelders)
											X			K	SYS-H-2	Branddetectie Perron(s) (lintdetectie)
											Xo			O	SYS-H-3	Branddetectie Fietsenstalling (rookmelders)
											X			K	SYS-K-1	Treinstilstandsdetectie Tunnelbuizen
											X			K	SYS-K-3	Gasdetectie Tunnelbuizen
											X			K	SYS-K-4	Gasdetectie Perronruimte
											X			K	SYS-K-5	Gasdetectie Vloeistofpvangkelder
											Xo			O	SYS-K-6	Niveaumeting Vloeistofopvangkelder

Figuur 11-8 Verdeling van TTI in groepen A, B en C (voorbeeld: uitsnede uit tabel LOD I. Preventie).

11.9. Conclusies

Uit de analyse zijn de volgende belangrijkste conclusies getrokken:

- De ruimtelijke en functionele complexiteit van TSD (ten opzichte van een eenvoudig tunnelsysteem zonder station) schept onderlinge afhankelijkheden tussen de deellocaties wat betreft incidentbeheersing en stelt daardoor ook bijzondere eisen aan de TTI-besturing.
- De notie 'status' kan hoogstens een nevengeschikte rol spelen in de TTI-besturing.
- Directe TTI-besturing op basis van scenario's is niet mogelijk doordat het beschikbaar scala aan inkomende signalen niet per definitie scenariospecifiek is.
- Het concept van signaalafhankelijke TTI-besturing is het meest geschikt voor TSD.
- Er dient een robuuste automatische reactie van het TTI-systeem te zijn, die geschikt is voor mitigatie van een scala aan scenario's dat past op de eventueel binnenkomende (detectie)signalen.
- De rol van de operator (SMC/VL) in de TTI-besturing gedurende de beginfase van het incident wordt geminimaliseerd. De operator zal na opkomst van de brandweer eventuele aanwijzingen van de brandweer inzake de TTI-besturing opvolgen vanuit de eigen centrale bedieningsmogelijkheden.

11.10. Programma van Eisen

Voor het PvE van de TTI-besturing van TSD bij incidenten wordt verwezen naar het volgende document: *TSD TTI-aansturing v08 def eindconcept 2009-01-29.xls*. Dit omvat de volgende onderwerpen:

- Systematiek
- Systemen TSD
- Relaties LOD-VF-TTI
- LOD I. Preventie
- LOD II. Mitigatie
- LOD III. Zelfredzaamheid
- LOD IV. Hulpverlening
- Besturing TTI bij incidenten & Status

12. GEFASEERDE AANLEG TSD

12.1. Inleiding

In de *Vraagspecificatie voor het project 'Spoor & Stad Delft'* wordt uitgegaan van de bouw van een tunnel geschikt voor eventueel toekomstig gebruik van 4 sporen, maar die in eerste instantie uitgevoerd wordt voor 2-sporige exploitatie. TSD (tunnel en ondergronds station) dient vervolgens zonder zware ingrepen geschikt gemaakt te kunnen worden voor 4-sporige exploitatie. Hierbij speelt ook de toekomstige bouw van Parkeergarage Spoorsingel (PSS) een rol. In dit hoofdstuk wordt aangegeven op welke wijze de gefaseerde uitvoering en ingebruikname van TSD en PSS is geïmplementeerd in de veiligheidseisen en het veiligheidsontwerp van TSD.

12.2. Vraagspecificatie 2-sporigheid

De vigerende vraagspecificatie omvat de volgende levering voor 2-sporige aanvangssituatie:

- twee oostelijke tunnelkokers:
  - volledige uitvoering met sporen (baan en bovenbouw);
  - volwaardige afbouw inclusief tunneltechnische installaties (TTI).
- twee westelijke tunnelkokers:
  - een 'casco' uitvoering van de twee westelijke sporen (geen sporen);
  - enkel waterafvoervoorzieningen en tijdelijke oriëntatieverlichting.
- stationsruimte in het tunnelbaanvak:
  - oostelijk stationsdeel: volledig afgebouwd oostelijk eilandperron;
  - westelijk stationsdeel: casco voor westelijk eilandperron.

12.3. Implementatie veiligheidsconcept bij gefaseerde aanleg

Gegeven de gefaseerde aanleg zijn de volgende randvoorwaarden c.q. uitgangspunten voor het veiligheidsontwerp gehanteerd (en ook als zodanig in de contractdocumenten opgenomen):

Basisprincipes

1. Het veiligheidsconcept van tunnel en station is mede ontworpen op een toekomstige 4-sporige functionaliteit. De basisprincipes wijzigen niet bij overgang van 2-sporige naar 4-sporige exploitatie.

2. Gezien lange tijdsduur van de 2-sporige exploitatiefase (meer dan enkele jaren) zal het veiligheidsniveau voor <u>station en tunnel</u> uitgevoerd zijn conform volledige *nieuwbouw*kwaliteit ten aanzien van:
   - ontvluchting (nooduitgangen en transferroutes);
   - rook- en brandbeheersing;
   - hulpverlening (bereikbaarheid, toetreding, blusvoorzieningen);
   - functionaliteit van (veiligheids)installaties.

   Er is dus <u>geen</u> sprake van tijdelijke situaties met verlaagd veiligheidsniveau in de 2-sporige exploitatiefase die om reden van de beperkte tijdsduur acceptabel worden geacht.

Tunneltechnische installaties en RWA

3. De tunneltechnische (veiligheids)installaties zijn ontworpen c.q. uitgelegd op relatief eenvoudige toekomstige uitbreiding naar volledige 4-sporige functionaliteit.

4. De RWA-installatie op het perron wordt voor de 2-sporige exploitatiefase uitgelegd op de <u>volledige</u> berekende afvoercapaciteit en kent ook in de 2-sporige exploitatiefase afzuigopeningen en afvoerkanalen langs beide buitenwanden van het station. Het RWA-principe verschilt zodoende niet tussen de 2- en 4-sporige realisatie. De rookbeheersing in de 2-sporige exploitatiefase is reeds als onderdeel van de totale CFD-analyse berekend en getoetst.

Vluchtconcept

5. Het vluchtconcept is in de tunnelbaanvakken in langsrichting per twee kokers georganiseerd. De naastgelegen niet-incidentbuis is betreedbaar via de in de wand opgenomen vluchtdeuren en vormt de veilige vluchtroute. De tunnelventilatie in beide oostelijke buizen is voor een adequate rookbeheersing beschikbaar.

   Voor de 2-sporige exploitatiefase is sprake van volledige functionaliteit voor ontvluchting. De vluchttrappen bij de tunnelmonden zijn, zoals in de 4-sporige situatie, reeds aan beide zijden van de tunneltoeritconstructie aanwezig.

6. In het station zijn alle vluchtroutes op het perron beschikbaar, te weten de twee nooduitgangen op de perronkoppen, de perrontrappen en -roltrappen vanuit beide zijden richting de mezzanine en de directe opgang richting de fietsenstalling (ook de lift naar de stationshal, die echter buiten het vluchtconcept valt). De vluchtcapaciteit vanaf het perron voldoet zodoende aan de 4-sporige oplossing. In de situatie dat aan één perron beide richtingen halteren zullen de evacuatiescenario's op het perron relatief zwaar zijn.

   Deze scenario's zijn al in 2005 in de evacuatiesimulaties (*Reizigersafwikkeling en veiligheid station (deel2)*, DTB, kenmerk IE-SE20051326 d.d. 24-12-2005) beschouwd en beoordeeld op basis van de ontvluchtingscriteria.

7. Voor de 2-sporige oplossing wordt de opgang met trappen en roltrappen vanaf de mezzanine naar de stationshal volledig conform de 4-sporige situatie met twee eilandperrons uitgevoerd. Dit betekent een drietal roltrappen met aan weerszijden een vaste trap. De ontvluchtingscapaciteit van dit stijgpunt is (zie voorgaand punt) al eerder voldoende beoordeeld.

Toetredingsconcept

8. Bij 2-sporige exploitatie zijn alle ontworpen toetredingspunten (zoals voorzien voor 4-sporig gebruik) voor hulpdiensten beschikbaar. Uitzondering hierop is de toetredingsroute T2-west via Parkeergarage Spoorsingel (PSS), halverwege het noordelijke tunneldeel.

   Route T2-west, bestaande uit een doorgang vanuit de parkeergarage naar de twee westelijke tunnelbuis en aansluitend naar de oostelijke tunnelbuis, wordt alleen gerealiseerd indien ook PSS gerealiseerd wordt. Hiervoor zijn nu reeds bouwkundige en constructieve reserveringen in het ontwerp van TSD opgenomen op de volgende locaties:
   - wapeningsvrije zone in de constructieve buitenwand (diepwand) van de westelijke tunnelbuis;
   - wapeningsvrije zone in de tussenwand tussen de twee sporen in de westelijke tunnelbuis;
   - wapeningsvrije zone in de constructieve middenwand (diepwand) tussen de westelijke casco tunnelbuis en de oostelijke - direct in exploitatie te nemen - tunnelbuis.

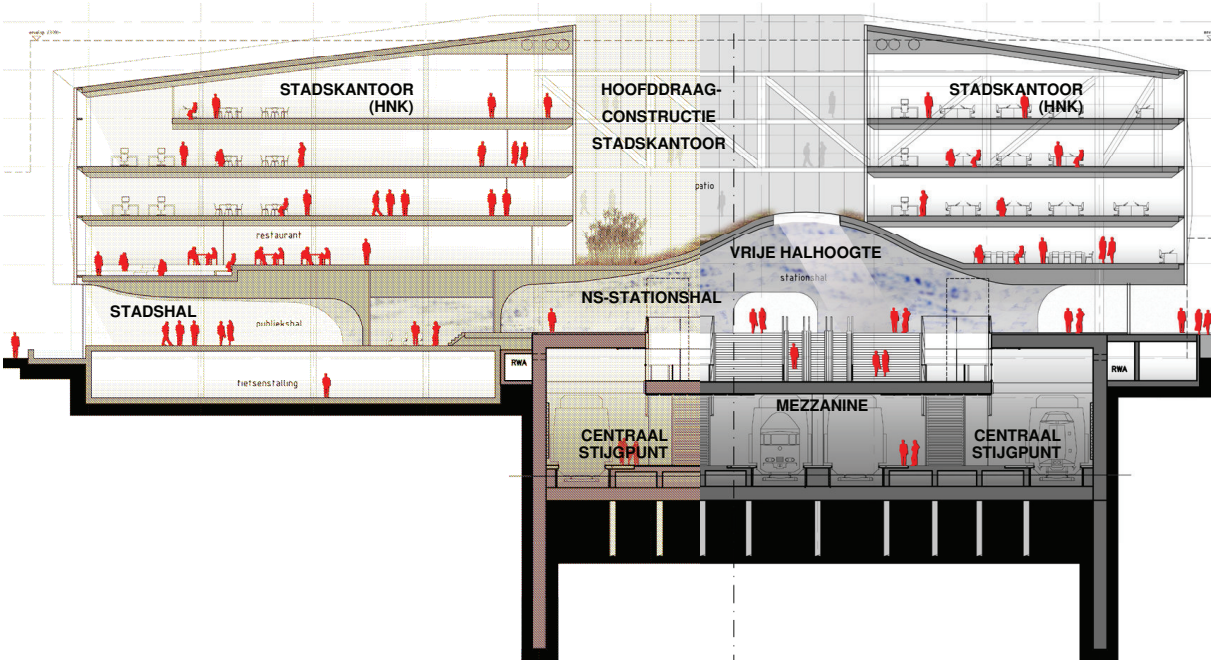
   Toetredingspunt T2-oost is wel al direct bij aanvang van de 2-sporige exploitatiefase functioneel.

   Het uitgangspunt inzake borging van toetredingsmogelijkheden is vastgelegd in de scope door middel van eis SSTTSD D 1.2.1.2.1: *Bij tweesporige treinexploitatie dient toetreding van hulpdiensten op alle genoemde locaties mogelijk te zijn*.

13. RAAKVLAKKEN MET STATIONSHAL, STADSKANTOOR EN PARKEERGARAGE PSS

13.1. Inleiding

De bovengrondse NS-stationshal, de naastgelegen stadshal en het bovengelegen stadskantoor (HNK) vallen buiten de projectscope van TSD. Hiervoor is door architect Mecanoo in opdracht van Ontwikkelingsbedrijf Spoorzone Delft (OBS) een VO gemaakt. Daarvoor heeft LBP een brandveiligheidsrapport opgesteld (augustus 2008), waarin stadskantoor en stationshal zijn uitgewerkt. Deze plannen worden door OBS apart aanbesteed. Tussen projecten TSD en HNK bestaan veiligheidsraakvlakken. Ook tussen TSD en Parkeergarage Spoorsingel bestaat een raakvlak. Deze moeten geborgd worden.



Figuur 13-1 Dwarsdoorsnede met perrons, centraal mezzaninestijgpunt, bovengrondse stationshal, stadshal, Stadskantoor.

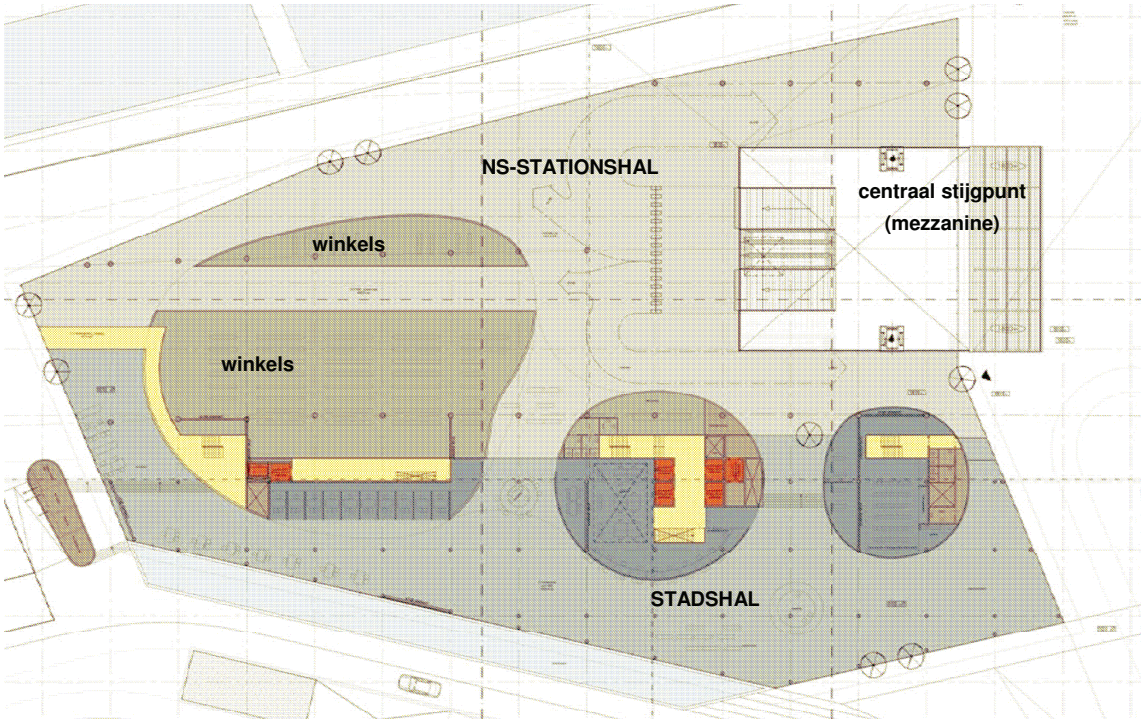
Figuur 13-2 Bovengrondse stationshal met centraal stijgpunt via mezzanine vanuit het ondergrondse station.

13.2. Raakvlakken met stadskantoor en stadshal

De belangrijkste brandveiligheidsraakvlakken tussen bovengrondse NS-stationshal, de naastgelegen stadshal en het bovengelegen stadskantoor (HNK) betreffen de bovengrondse stationshal:

1. **Brandbeheersing in stationshal:** voorzien is in brandcompartimentering en sprinklerinstallaties voor het winkelgebied in de stationshal. De winkels worden in één groot brandcompartiment geplaatst dat voorzien is van een sprinklerinstallatie. Hierdoor wordt branduitbreiding en rookverspreiding naar de transferruimte in de stationshal en van daar naar het perronniveau tegengegaan.

2. **Brandscheiding tussen stationshal en stadshal/stadskantoor:** de scheiding tussen de bovengrondse stationshal enerzijds en de naastgelegen stadshal en het bovengelegen stadskantoor anderzijds dient als brandscheiding te worden uitgevoerd, met een brandwerendheid van tenminste 60 min bij een standaard brandcurve (zie ook verwijzing naar LBP-memo onder 5.).



Figuur 13-3 Plattegrond van bovengrondse NS-stationshal met stijgpunt en winkels en van naastgelegen stadshal.

3. **Rookbeheersing in stationshal:** voorzien is in rookluiken in de 'stationskoepel', direct boven de mezzanine. Deze voeren vrij af (natuurlijke ventilatie) naar de omgeving en dragen daardoor bij aan de rookbeheersing in de hal bij rook-*spill* vanuit het perronniveau via de mezzanine naar de hal. Hiermee wordt in voorkomend geval bijgedragen aan behoud van functionaliteit van de vluchtroutes door de hal en de omstandigheden voor toetreding van OHD. Ook hebben deze een mitigerend effect op de rookverspreiding vanuit de hal naar perronniveau in geval van een brand in stationshal.

4. **Ontruiming van perronniveau via stationshal:** de evacuatieroutes van het stadskantoor incl. stadshal zijn volledig gescheiden van die van het NS-station. Dit betekent dat een ontruiming van het perronniveau en stationshal niet door gelijktijdige transfer- of evacuatiestromen uit het stadskantoor wordt gehinderd. Voor de evacuatietoetsing van het perronniveau en de stationshal zijn berekeningen uitgevoerd (maart 2005): mede op basis van die resultaten zijn de stijgpunten vanuit het perronniveau, de OVCP-controlelijn en de NS-stationsuitgangen naar de omgeving ontworpen.

Mecanoo maakt het DO van de stationshal, waarbij zij rekening moet houden met ontruimingsbehoefte van het station. De OVCP-poortjes moeten bij een perronontruiming worden opengestuurd. Er moet dus een stuursignaal vanuit de centrale bedieningsinstallatie van TSD naar de stationshal kunnen worden gestuurd. Ook moet het mogelijk zijn de ontruimingsalarminstallatie in de stationshal rechtsstreeks vanuit TSD aan te spreken, op het moment dat de TSD-operator of de Brandweer een ontruiming van het perronniveau (en daarmee ook van de stationshal) nodig achten.

5. **Constructieve integriteit stadskantoor:** er worden eisen gesteld aan het behoud van de constructieve integriteit van het stadskantoor in geval van brand in de stationshal. Voor de hoofddraagconstructie van HNK (Stadskantoor, stadshal) en de NS-stationshal (de bovenbouw) geldt in principe een eis ten aanzien van de brandwerendheid met betrekking tot bezwijken van 90 minuten bij de standaardbrandcurve. Conform het Artikel 2.9 lid 6 Bouwbesluit kan de gestelde eis met 30 minuten gereduceerd worden, aangezien de permanente vuurbelasting van het bouwwerk (HNK én stationshal) niet groter is dan 500 MJ/m² (bepaald volgens NEN 6090). De positie boven treinsporen en functionaliteit van stationshal voor het onderliggende perronniveau is hierin meegewogen. Voor een nadere toelichting wordt verwezen naar het memo *Brandwerendheid hoofddraagconstructie bovenbouw in relatie tot de onderbouw* (LBP, kenmerk V028036aaA9.sc d.d. 18 maart 2009).

6. **Toetreding door brandweer:** toetreding en repressie van het stadskantoor is geborgd onafhankelijk van het ondergrondse station. Er zijn afzonderlijke toetredingsroutes beschikbaar, analoog aan de ontruimingsroutes. Dit betekent dat de hulpdiensten niet door de stationshal hoeven te bewegen om het stadskantoor te betreden. Dit borgt de functionaliteit van de stationshal bij incidenten van beperkte omvang in het stadskantoor (dat wil zeggen bij incidenten zonder significante uitstraling naar c.q. bedreiging van de stationshal en/of onderliggend perronniveau). Zie ook de toelichting in memo *Aanvalsroutes en opstelplaatsen brandweervoertuigen* (LBP, kenmerk V028036aaA8.sc d.d. 18 maart 2009).

7. **Informatievoorziening aan hulpdiensten:** aangezien stadskantoor en stationshal in één bouwvolume zijn geïntegreerd wenst de brandweer bij de ingangen van de stationshal in beperkt mate informatie ten aanzien van de situatie in het stadskantoor (en v.v.). De reden hiervoor is dat – hoewel er standaard toetredingspunten zijn – bij een eventuele toetreding aan de andere gebouwzijde de brandweer ook daar enige integrale informatie nodig heeft om de situatie en de hulpvraag goed te kunnen inschatten.

   Dit betekent dat informatie over bijv. inschakeling van brandmeldinstallaties over en weer beschikbaar dient te worden gemaakt in brandweerpanelen bij de toetredingspunten. Dit vergt enige voorzieningen zoals datatransmissiekabels tussen beide functies en stelt bovendien enige eisen aan de vormgeving van de panelen. Dit wordt nader uitgewerkt, in samenhang met de BCR-locatie.

13.3. Raakvlak met Parkeergarage Spoorsingel (PSS)

Er bestaat één brandveiligheidsraakvlak tussen TSD en de Parkeergarage Spoorsingel (PSS):

- **Toetredingsroute T2-west:** toetredingsroute T2-west is gelegen halverwege het noordelijke tunneldeel van TSD. De route bestaat uit een doorgang vanuit de parkeergarage PSS naar de westelijke tunnelbuis en aansluitend naar de oostelijke tunnelbuis. Deze toetredingsroute wordt gerealiseerd voor 4-sporigheid indien ook PSS gerealiseerd wordt. Er zijn nu reeds bouwkundige en constructieve reserveringen in het ontwerp van TSD opgenomen op de volgende locaties:
  - wapeningsvrije zone in de constructieve buitenwand (diepwand) van de westelijke tunnelbuis;
  - wapeningsvrije zone in de tussenwand tussen de twee sporen in de westelijke tunnelbuis (tussenwand wordt gerealiseerd bij afbouw van westelijk tunnelcasco voor 4-sporige exploitatie);
  - wapeningsvrije zone in de constructieve middenwand (diepwand) tussen de westelijke casco tunnelbuis en de oostelijke - direct in exploitatie te nemen - tunnelbuis.

BIJLAGE I-1 INHOUD VEILIGHEIDSDOSSIER TSD

Zie veiligheidsdossier

BIJLAGE I-2 FPVE

Separaat bijgevoegd in veiligheidsdossier.

BIJLAGE I-3 VO STATIONSGEBOUW (MECANOO/LBP)

Separaat bijgevoegd in veiligheidsdossier.

BIJLAGE I-4 TTI-PAKKET EN ENERGIEVOORZIENING TTI BIJ STORINGEN

BIJLAGE III-1 Generieke Operationele Regeling - Brand in tunnel

Generieke Operationele Regeling - Brand in tunnel. Vuistregels voor het treinpersoneel en de treindienstleider (ProRail Verkeersleiding, kenmerk 20516126, versie 1.1. definitief d.d. 13 april 2006)

BIJLAGE III-2 Selectie van veiligheidsregels uit Handboek Machinist en Hoofdconducteur

- *Handboek Machinist* (ProRail Productie Services Veiligheid & Regelgeving d.d. december 2006)
- *Handboek Hoofdconducteur* (ProRail Productie Services Veiligheid & Regelgeving d.d. mei 2007)

Handboek Machinist
(ProRail Productie Services Veiligheid & Regelgeving d.d. december 2006)

Hoofdstuk 4 Rijden van treinen

4 Storingen en onregelmatigheden tijdens de rit

4.1 Algemeen
Bij storingen en onregelmatigheden tijdens de rit handelt u als volgt:
• u neemt maatregelen om het gevaar te beperken;
• u licht de chef van de trein in;
• u meldt veiligheidsstoringen N aan het LBM:
U meldt ieder oponthoud aan de chef van de trein en de treindienstleider.
U vraagt na het oponthoud toestemming aan de treindienstleider om verder te mogen rijden. U rijdt verder met 'rijden op zicht' tot u het eerstvolgende hoofdsein bent gepasseerd.

4.2 Materieelstoringen
4.2.1 *Algemeen*
Storingen waarbij het LBM niet hoeft te worden geraadpleegd meldt u in het MA formulier in de railpocket.
Storingen die de treindienst dreigen te verstoren meldt u direct via het urgente nummer aan het LBM

[…]

e Noodremonderbreking
U onderbreekt een noodremming als door de noodremming de trein op een plaats dreigt te stoppen waar hulpverlening niet mogelijk is. U rijdt verder met ten hoogste 40 km/h tot de eerste plaats die bereikbaar is voor de hulpverleners.
f U informeert de:
• treindienstleide
• chef van de trein;
• reizigers.
De chef van de trein kan u opdragen de trein direct tot stilstand te brengen.

[…]

4.2.6 *Hotbox-melding*
U handelt als volgt, als u een hotbox-melding ontvangt:
• bij een 'warm-melding' geeft de treindienstleider u aan waar u opzij genomen gaat worden;
• bij een 'heet-melding' stopt u onmiddellijk.

Hoofdstuk 5 Calamiteiten

1 Brand

1.1 Brand in de trein

1.1.1 *Algemeen*

U meldt een brand in de trein aan de treindienstleider.

1.1.2 *Stoppen*

Bij ontdekking van brand of rookontwikkeling in de trein moet u overwegen de trein tot stilstand te brengen. In elk geval moet u stoppen bij gevaar voor:

• reizigers en personeel; of
• ernstige uitbreiding van de brand; of
• ontsporing.

U brengt de trein niet tot stilstand in tunnels en op lange bruggen. Als u toch tot stilstand komt, licht u:

• de chef van de trein in;
• de reizigers in dat de trein verlaten moeten worden op aanwijzing van het treinpersoneel (zie hoofdstuk 5 pragraaf 3).

1.1.3 *Ontgrendelen deuren*

Als u stopt, ontgrendelt u de deuren aan de veilige kant.

1.1.4 *Ontkoppelen materieel*

Probeer het brandende deel los te koppelen van het niet-brandende deel.

1.1.5 *Spanningsloos stellen materieel*

Voordat in de trein geblust mag worden, moet u:

• de stroomafnemers laten zakken; én
• ervoor zorgen dat het brandende deel niet meer onder hoogspanning staat.

1.2 Brand buiten

U licht direct de treindienstleider in als u tijdens de rit een brand opmerkt buiten de trein.

2 Aanrijdingen

2.1 Informeren treindienstleider

Bij een aanrijding informeert u onmiddellijk:

• op rangeerterreinen, treindienstleider minimaal bevoegd;
• in overige gevallen, de treindienstleider.

U handelt verder als volgt:

• ontsteek gevaarsein;
• zend alarmoproep uit via telerail/GSM-R;
• plaats kortsluitkabel.

Let op: Als in tunnels het nevenspoor vrij en onbelemmerd is, plaatst u geen kortsluitkabel. U voorkomt hiermee het onnodig tot stilstand komen van overig treinverkeer.

2.2 Informatie na onderzoek

Na onderzoek geeft u de treindienstleider informatie over de:

• plaats van aanrijding;
• toestand van personeel en betrokkenen;
• toestand van materieel;

• toestand van eigen- en nevenspoor;
• toestand van bovenleiding.

2.3 HS-Installatie aarden
Bij gevaar van kortsluiting moet u de stroomafnemers laten zakken en de HS-installatie aarden.

2.4 Chef van de trein N
Is na een aanrijding naast de chef van de trein geen ander treinpersoneel aanwezig en moet de chef van de trein achterblijven, dan draagt hij zijn taak over aan u.
Als chef van de trein moet u zo veel mogelijk feiten en persoonsgegevens van getuigen verzamelen en vermelden op model 4064.
De chef van de trein dekt stoffelijke resten af.

3 Evacuatie van reizigers

3.1 Evacuatie op een meersporig baanvak
Als reizigers geëvacueerd moeten worden op een meersporig baanvak.
• moet de evacuatie plaatsvinden aan de zijde van het dichtstbijzijnde looppad;
• vraagt u de treindienstleider geen treinen toe te laten op over te steken spoor/sporen;
• plaatst u de kortsluitkabel in over te steken sporen;
• licht u de chef van de trein in over de genomen maatregelen;
• geeft u toestemming tot evacuatie.
Als alle reizigers zich buiten het profiel van vrije ruimte bevinden, meldt u dit aan de treindienstleider.

3.2 Evacuatie uit een tunnel
Als reizigers geëvacueerd moeten worden uit een tunnel:
• vraagt u de treindienstleider geen treinen toe te laten op het nevenspoor;
• licht u de chef van de trein in over de genomen maatregelen;
• geeft u toestemming tot evacuatie;
• assisteert u de chef van de trein bij de evacuatie van de reizigers.

3.3 Evacuatie uit de Willemsspoortunnel
Bij calamiteiten in de Willemsspoortunnel kan de treindienstleider de vluchtdeuren in de tussenwanden ontgrendelen.

3.4 Evacuatie van reizigers van een gestrande trein na bovenleidingbreuk
Als reizigers van een gestrande trein na een breuk in de bovenleiding geëvacueerd moeten worden, vraagt u de treindienstleider het betrokken deel van de bovenleiding spanningsloos te laten schakelen.
U meldt de treindienstleider:
• treinnummer;
• stationsnaam of baanvak en kilometrering;
• spoornummer;
• wisselnummer;
• seinnummer.
De treindienstleider meldt u dat de bovenleiding ter plaatse is uitgeschakeld.

U controleert of de afhangende bovenleiding niet knettert en geen vonken vormt.
Vervolgens:
• geeft u de chef van de trein N toestemming de reizigers te evacueren;
• assisteert u bij de evacuatie.
Als u knetteren of vonkvorming waarneemt, meldt u dit aan de treindienstleider.
U wacht met evacueren totdat de treindienstleider u opnieuw meldt dat de bovenleiding is uitgeschakeld en u de controle hebt uitgevoerd.

5 Onregelmatigheden gevaarlijke stoffen N

Onregelmatigheden met een trein waarin zich wagens met gevaarlijke stoffen bevinden, meldt u aan de treindienstleider. Zo mogelijk geeft u de plaats van de wagens in de trein aan hem door.

6 Verdacht voorwerp en/of verdacht gedrag in de trein

Als de conducteur een verdacht voorwerp en/of verdacht gedrag in de trein identificeert krijgt u dit van hem door via code 03.
Vervolgens handelt u zoals voorschreven in de “Instructie machinist” in bijlage I N.
Als u chef van de trein bent en u identificeert een verdacht voorwerp en/of verdacht gedrag in de trein handelt u zoals voorgeschreven in de “Instructie conducteur“in bijlage IN.

6 Diversen

6.1 Chef van de trein

U kunt in sommige gevallen aangewezen worden als chef van de trein N.

6.2 Rapporteren N

U vult alle modellen duidelijk en volledig in en zorgt ervoor dat deze op de juiste plaats terechtkomen.

6.3 Telerail/GSM-R

6.3.1 *Algemeen*

In iedere bediende cabine moet de telerail/GSM-R N ingeschakeld zijn.
U houdt zich aan de gespreksdiscipline N.

6.3.2 *Alarmoproep*

Bij het ontvangen van een alarmoproep brengt u de snelheid terug tot ‘rijden op zicht’N, behalve in tunnels.

6.4 Portofoonnoodoproep

U meldt een portofoonnoodoproep aan de KLPD.
Vervolgens informeert u bij de chef van de trein wat de reden is van de noodoproep.
U geeft nadere gegevens door aan de CMK en maakt de afspraak op welk station de assistentie wordt verleend.

NASLAGWERK

Chef van de trein (4, 5)

De werkzaamheden van de chef van de trein kunnen aan de machinist worden opgedragen:
[…]

e. Evacuatie
Bij evacuatie van klanten, zorgt u voor hun veiligheid. U:
• laat klanten aan de kant van het dichtstbijzijnde looppad uitstappen;
• verbiedt de klanten de sporen over te steken waar nog treinverkeer plaatsvindt;
• waarschuwt de klanten voor het treinverkeer op andere sporen;
• waarschuwt de klanten voor de derde rail van het METRO-spoor. Dit geldt op de trajecten:
*Amsterdam Muiderpoort - Abcoude v.v.
* Diemen Zuid - Amsterdam Rai v.v.;
• evacueert:
* bij brand vanuit de deur(en) zo ver mogelijk van de brandhaard
* van het gevaarpunt af;
• zorgt dat klanten naar een veilige plek worden begeleid.

Front- en sluitseinen (4)
Gedoofd frontsein
Als het frontsein is gedoofd, handelt u als volgt:
• licht de technische ondersteuning in;
• licht de treindienstleider in;
• ga rijden op zicht (behalve in tunnels);
• geef bij overwegen het ‘Attentiesein’;
• rij door tot het station waar herstel of uitwisseling mogelijk is.

Gespreksdiscipline (4, 5)

Algemeen
Spreekverbindingen
U maakt uitsluitend gebruik van de volgende spreekverbindingen:
• GSM;
• telerail/GSM-R;
• portofoon.
Het gebruik van privé-communicatiemiddelen tijdens de uitvoering van de dienst is niet toegestaan.

Gevaarlijke stoffen (5)

De aanwezigheid van wagens met gevaarlijke stoffen kan worden vastgesteld aan de hand van:
• de oranje kenmerking op ketelwagens en tankcontainers;
• de gevaarsetiketten;
Chloorwagens herkent u aan een oranje of gele band en het opschrift ‘CHLOOR’ op de wagens.

Handboek Hoofdconducteur
(ProRail Productie Services Veiligheid & Regelgeving d.d. mei 2007)

3 Spoorwegveiligheid

3.7 Tunnels
U zorgt dat u zich in het achterste treindeel bevindt, vanaf het laatste station voor een tunnel.

4 Calamiteiten en andere onregelmatigheden

4.1 Onregelmatigheden melden
Onregelmatigheden die hinder voor de treindienst of direct gevaar opleveren, meldt u onmiddellijk aan de machinist, deze zet de melding direct door naar de treindienstleider ***N***.
Andere onregelmatigheden over de treindienst meldt u bij het MCC.
Vragen, klachten, ervaringen en onregelmatigheden vermeldt u op het model 1486.

4.1.1 *Inhoud melding*
De melding bevat ten minste:
• plaats;
• aard;
• ernst;
• of er gevaarlijke stoffen bij de onregelmatigheid betrokken zijn.
Bij een onregelmatigheid waarbij gevaarlijke stoffen zijn betrokken, meldt u tevens zoveel als mogelijk van de volgende items:
• gevaarsidentificatienummer;
• wagennummer;
• positie van de wagen in de trein;
• gevaarsetiket.
Als u ziet of vermoedt dat er iets aan de hand is met wagens met gevaarlijke stoffen, meldt u dit aan de machinist.
Blijf uit de buurt van dergelijke wagens en houd ook reizigers en omstanders op afstand.

4.2 Noodrem
4.2.1 *Gebruik noodrem*
U bedient de noodrem als er zich omstandigheden voordoen, waardoor de veiligheid in het geding is of schade kan ontstaan.
4.2.2 *Er wordt aan de noodrem getrokken door een reiziger*
Als een reiziger aan de noodrem trekt:
• informeert u de machinist.
• stelt u vast waar en waarom;
• maakt u een model 1486 op;
Als ten onrechte aan de noodrem werd getrokken, kunt u een boete van € 115 heffen. Als de boete niet direct wordt betaald maakt u een Uitstel van Betaling (model 718) op.
4.2.3 *Noodremonderbreking*
In sommige materieelsoorten kan de machinist een noodremming onderbreken om een veiliger en/of beter toegankelijke plaats te bereiken. De machinist informeert de chef van de trein en de reizigers.
De chef van de trein kan, indien de veiligheid dit vereist, de machinist opdragen de trein direct tot stilstand te brengen.
4.2.4 *Noodremklep sluiten*
U sluit de noodremklep in overleg met de machinist.

Als u niet het gewenste resultaat bereikt, licht u de machinist in.

4.2.5 *Noodrem niet bedienbaar*

Als u de melding krijgt dat de noodrem in een rijtuig niet bedienbaar is:
• licht u de machinist in.
• ontruimt u het rijtuig;
• sluit u het rijtuig af;
Wanneer ontruiming niet mogelijk is, meldt u dit aan de machinist.

4.3 Brand

Bij brand of rookontwikkeling in een trein waarschuwt u de machinist en moet u overwegen de trein te stoppen. Breng de trein in ieder geval tot stilstand bij gevaar voor:
• reizigers en personeel;
• ontsporing;
• ernstige uitbreiding van de brand.
Breng de trein niet tot stilstand in tunnels en op lange bruggen.
Bij stilstand in een tunnel vertelt u, na overleg met de machinist, de reizigers aan welke kant zij de tunnel zo snel mogelijk moeten verlaten.

4.3.1 *Blussen*

U blust de brand met de middelen die in de trein aanwezig zijn. Bij brand in elektrische apparatenkasten of elektrische apparatuur van de trein, vraagt u de machinist om eerst de stroomafnemers te laten zakken. Pas daarna kunt u met blussen beginnen.
Als u de brand niet zelf kunt blussen, waarschuwt u de brandweer via de machinist.
Als de brandweer arriveert, neemt de brandweercommandant de leiding over.

4.3.2 *Brand buiten*

Licht direct de machinist in als u buiten de trein een brand opmerkt.

4.4 De trein verlaten bij brand of na bovenleidingbreuk

De machinist geeft u het moment aan waarop reizigers de trein kunnen verlaten. U kunt de machinist om assistentie vragen.
Als u waarneemt dat de spanning van de bovenleiding niet is uitgeschakeld (knetteren of vonkvorming), meldt u dit aan de machinist. U wacht met evacueren totdat u opnieuw toestemming krijgt.

4.5 Verdacht voorwerp of verdacht gedrag

Als u in de trein een verdacht voorwerp aantreft of daar melding van krijgt, handelt u volgens de instructie in Bijlage VI***N***. Dit geldt ook als u verdacht gedrag herkent.
Bij de communicatie houdt u zich aan de gespreksdiscipline.

4.6 Evacuatie

De machinist geeft u het moment aan waarop reizigers de trein kunnen verlaten.U kunt de machinist om assistentie vragen.Wanneer reizigers de trein moeten verlaten, zorgt u voor hun veiligheid. U:
• laat reizigers aan de kant van het dichtstbijzijnde looppad uitstappen;
• waarschuwt de reizigers voor het treinverkeer op andere sporen;
• verbiedt de reizigers sporen over te steken waarop nog treinverkeer plaatsvindt;
• waarschuwt indien nodig de reizigers voor de derde rail van het METRO-spoor.
• evacueert:
  - bij brand vanuit de deur(en) zo ver mogelijk van de brandhaard
  - van het gevaarpunt af;
• zorgt dat reizigers naar een veilige plek worden begeleid;
• vult na afloop van de evacuatie model 1486 in.

4.8 Aanrijdingen

4.8.1 *Taak machinist overnemen*

Als na een aanrijding de machinist zijn taken niet kan uitvoeren, neemt u de volgende taken over:

• de treindienstleider ***N*** inlichten;
• het gevaarsein ontsteken;
• een alarmoproep per GSM-R uitzenden;
• de kortsluitkabel plaatsen. U controleert de werking van de kortsluitkabel via het achter liggende sein.

[…]

4.8.2 *Maatregelen*

U neemt maatregelen om de veiligheid van de reizigers, het personeel en overigen te bevorderen. Als de reizigers de trein moeten verlaten, zorgt u voor hun veiligheid.
U gaat naar de plaats van het ongeval om eerste hulp te verlenen. Stoffelijke resten dekt u af.

4.8.3 *Gegevens verzamelen*

U verzamelt zo veel mogelijk feiten en persoonsgegevens van slachtoffer(s) en getuigen en vermeldt deze op model 1486.

4.9 Calamiteiten- en gestrande trein

De machinist licht u in als de trein is gestrand. De operationeel manager informeert u over het verwachte tijdstip dat uw trein 'bevrijd'wordt. Bij een calamiteiten- en gestrande trein heeft u de volgende taken. U:

• ontruimt de trein bij gevaar;
• informeert de reizigers in de trein regelmatig (iedere 10 minuten) over de actuele stand van zaken (ook als u niets nieuws te melden heeft);
• houdt regelmatig contact met uw machinist en overig treinpersoneel;
• begeleidt de reizigers van de trein naar bus, wanneer de gestrande trein wordt teruggezet naar een station;
• geeft reisadviezen.

Bij een geschatte duur van meer dan 2 uur, inventariseert u de volgende gegevens:

• naam en adres van reizigers (in verband met nazorg);
• acute problemen of benodigdheden van reizigers zoals noodzakelijke medicijnen;
• eindbestemming van de reis (Schiphol/internationale/laatste verbindingen;
• relevante gegevens worden direct doorgegeven aan de operationeel manager.

4.10 Zorg voor reizigers/slachtoffers

U geeft eerste hulp waar nodig.
Bij calamiteiten is het uw taak de zorg voor de reizigers/slachtoffers zo goed mogelijk op u te nemen of op gang te brengen.

4.11 Aankomen langs een te kort perron

Als de trein aankomt langs een te kort perron:

• worden u en de reizigers geïnformeerd door de machinist;
• ontgrendelt de machinist de deuren.

BIJLAGE V-1 NEDERLANDSE PROJECTREFERENTIES VENTILATIE

Een aantal Nederlandse referenties voor het ventilatieconcept wordt op hoofdlijnen toegelicht.

Tunnels en stations *heavy rail*

In (ondergrondse) *heavy rail* stations vindt in algemeenheid in Nederland geen actieve rookbeheersing in de vorm van RWA-installaties plaats.

Ook in de huidige TSI (VEST), welke formeel ook van toepassing is op stations, is mechanische ventilatie geen onderdeel van het basispakket.

- Referentieproject Station Best:
  Station Best is onderdeel van een 4-sporige spoortunnel (2*2 koker). Het station met een eilandperron en twee kantperrons is aan de noordzijde nabij de tunnelmond gelegen (overdekt perrongebied ca. 200 m, tunnel zuid ca. 700 m). In het tunneldeel is sprake van langsventilatie met een drietal inschakelgebieden. In het station is geen mechanische ventilatie voorzien. Bij brand in het perrongebied wordt de ventilatie vanuit de tunnel gericht naar het perron (0,5 m/s). Bij brand in de tunnel is sprake van verschillende schakel strategieën. Bij een brandhaard in het noordelijk deel van de tunnel wordt de ventilatierichting gekozen afhankelijk van de treinpositie. Bij een brandhaard nabij de zuidelijke tunnelmond wordt de tunnel uitgeblazen.

- Referentieproject Schipholtunnel:
  In de Schipholtunnel is sprake van langsventilatie. Op het perron zijn geen specifieke ventilatie voorzieningen aanwezig. De buizen zijn op het station (en ook op de wissellocatie) onderling gekoppeld. Dit betekent dat bij incidenten de rook ook de niet incidentkoker kan binnentreden en daarnaast op het perron ook geen scheiding aanwezig is.

- Referentieproject Station Rotterdam Blaak:
  Station Blaak vormt onderdeel van de 4-sporige Willemsspoortunnel van bijna 3 km lang waardoor tevens GS-vervoer gaat. De tunnel is uitgevoerd met langsventilatie, met aanjaagventilatoren die in principe omkeerbaar zijn. In geval van een incident is de voorkeursstrategie dat buitenlucht wordt aangezogen (max. 700 m^3/s) bij station Blaak en deze via de tunnels wordt afgevoerd.

- Referentieproject Drontermeertunnel:
  In de Drontermeertunnel, waarin zowel reizigers- als goederenvervoer plaatsvindt is gekozen voor het langsventilatieprincipe.

Metrostations

De in ontwerp en uitvoering zijnde stations van Noord/Zuidlijn en Randstadrail kennen een actieve benadering en brandcompartimentering ter beheersing van brandincidenten op de ondergrondse stations (*safe havens*). Dit houdt in: RWA-installaties op de stations, waar nodig aangevuld met fysieke compartimentering van stijgpunten of aansluitende bouwdelen. Langsventilatie in de tunnelbuis is niet voorzien.

Ook de bestaande metrostations in Rotterdam en Amsterdam zullen op termijn voorzien worden van mechanische ventilatie. In Amsterdam zullen bestaande stations van RWA-installaties worden voorzien.

BIJLAGE V-2 AANVULLENDE VEST-EISEN INZAKE VENTILATIECONCEPT
(bron: VEST, versie 12)

Ontvluchting uit ondergrondse stations

Aanvullende eis

1. De ontruimingstijd van een ondergronds station dient kleiner te zijn dan of gelijk te zijn aan 10 min.
2. Gedurende 1,5 x de ontruimingstijd moeten de condities op de vluchtroute(s) begaanbaar zijn, rekening houdende met de verwachte verplaatsing van mensen over de vluchtroute(s).

Hiervoor gelden de BOM-criteria[1]:
- Beoordelingscriteria veilig vluchten (beoordeeld op hoofdhoogte 1,8 m):
  - warmtestralingsniveau niet hoger dan 2 kW/m^2;
  - temperatuur niet hoger dan 50 graden Celsius;
  - zichtlengte naar lichtreflecterende voorwerpen niet lager dan 10 m.
- Beoordelingscriteria repressie en redding (brandweerinzet wordt nog mogelijk geacht onder de navolgende condities):
  - temperatuur lager dan 100 graden Celsius;
  - warmtestralingsniveau lager dan 5 kW/m^2;
  - geen limiet aan concentratie toxische gassen i.v.m. adembescherming;
  - zichtlengte groter dan 7 m of gebruik van warmtebeeldcamera's.

Motivering en toelichting

Uitgangspunt is dat de beschikbare vluchttijd groter is dan de benodigde vluchttijd. In de eis is een veiligheidsmarge van 1,5 opgenomen. Als bijv. ontruimingstijd 8 minuten bedraagt, moet de beschikbare vluchttijd minimaal 12 minuten bedragen. De beschikbare vluchttijd kan beïnvloed worden d.m.v. toepassing van RWA, rookberging en maatregelen aan het materieel. De benodigde vluchttijd wordt met name bepaald door de capaciteit van looproutes, zoals trapopgangen.

Wat betreft de opname van deze eisen in de Bouwregelgeving kan het volgende worden opgemerkt:
- de functionele eis 'er moet snel en veilig gevlucht kunnen worden' is reeds van toepassing;
- de hierboven vermelde eis (1) m.b.t. capaciteit van ontruiming zal vertaald moeten worden naar een direct toetsbare bouwkundige eis;
- in de toelichting kan het uitgangspunt dat de verhouding tussen de beschikbare vluchttijd en de benodigde vluchttijd minimaal 1,5 bedraagt worden vermeld en verwezen naar een toetsingsmethode; dit biedt aanknopingspunten voor oplossingen die niet aan de bouwkundige eis voldoen, maar wel op basis van 'gelijkwaardige veiligheid' acceptabel zouden kunnen zijn.

- Toelichting bij beoordelingscriteria veilig vluchten (*BOM-rapport*):
  Deze condities worden geacht tenminste voor de duur van de zelfredzaamheidsfase toelaatbaar te zijn. Vooralsnog wordt er, als werkhypothese, van uitgegaan dat in de zelfredzaamheidsfase de perronniveau's binnen 10 minuten ontruimd kunnen zijn. Een overschrijding van betreffende criteria leidt in eerste instantie tot een verminderd oriëntatievermogen als gevolg van slechter zicht. Bij toenemende rookdichtheid worden evacués gehinderd door een combinatie van roet in de ogen, slijmvliesirritatie en hoofdpijn. Bij verder verslechterende condities zal er sprake zijn van sufheid, desoriëntatie en eventueel pijn aan de huid als gevolg van de warmtestralingsbelasting en ademnood als gevolg van de optredende luchttemperaturen (convectieve warmteoverdracht). Een overschrijding van het warmtestralingscriterium is daarbij kritischer dan een overschrijding van de criteria voor zicht en temperatuur.

[1] "*Brandonderzoek metro; eindrapportage*", Peutz, 2 augustus 2006 (rapportnummer: C 769-3).

- Toelichting bij beoordelingscriteria repressie en redding (*BOM-rapport*):
  Daarbij wordt opgemerkt dat het gebruik van adembescherming met zich mee brengt dat een individuele hulpverlener slechts een beperkte tijd aaneengesloten in het bouwwerk aanwezig kan zijn, e.e.a. afhankelijk van het gebruikte materieel. Door de brandweer van Amsterdam is voorts opgemerkt dat zij warmtebeeldcamera's slechts gebruikt voor het zoeken naar warme plekken en niet ter compensatie van verslechterd zicht.

Brandbestrijding

Aanvullende eis

Brandbestrijding moet mogelijk zijn. Daartoe moeten de condities begaanbaar zijn voor de brandweer. Gedurende de hulpverleningsfase moet daarom de zichtlengte vanaf één zijde van de brand minimaal 7m bedragen op een hoogte van 2 m boven het loopoppervlak, daarnaast moet op deze hoogte de stralingsintensiteit lager zijn dan 5 kW/m^2 en de luchttemperatuur lager zijn dan 100 graden C. Bij gebruik van infraroodcamera's door hulpverleners komt de zichtlengte-eis te vervallen.

Motivering en toelichting

Of een RWA-installatie nodig is, moet volgen uit de scenarioanalyse. De specificatie van begaanbare condities is afkomstig uit het BOM.

De tunnel dient te beschikken over voorzieningen die de brandweer in staat stelt om een incident veilig te kunnen benaderen. Gedurende de hulpverleningsfase moet daarom de zichtlengte vanaf één zijde van de brand minimaal 7 m bedragen op een hoogte van 2 m boven het loopoppervlak; daarnaast moet op deze hoogte de stralingsintensiteit lager zijn dan 5 kW/m^2 en de luchttemperatuur lager zijn dan 100 °C. Bij gebruik van infraroodcamera's door hulpverleners komt de zichtlengte-eis te vervallen.

BIJLAGE V-3 EISEN OVS INZAKE VENTILATIECONCEPT

[bron: OVS spoortunnel (in bewerking) versie 1.5 d.d. 02-10-2007]

1. De ontruiming van een bouwdeel moet zijn voltooid voor het moment dat niet meer wordt voldaan aan de volgende criteria gemeten op 2 m boven het loopoppervlak:
   a. Warmtestralingsniveau < 2,0 kW/m².
   b. Temperatuur < 50 ºC.
   c. Zichtlengte naar lichtreflecterende voorwerpen > 10m.

2. Gedurende de hulpverleningsfase moet worden voldaan aan de volgende criteria gemeten op 2 m boven het loopoppervlak:
   a. Warmtestralingsniveau < 5,0 kW/m².
   b. Temperatuur < 100 ºC.
   c. Zichtlengte naar lichtreflecterende voorwerpen > 7 m.

3. Een tunnelbuis moet ten minste in 10 minuten zijn ontruimd gemeten vanaf de start van de ontruiming en bij maatgevende bezetting.

Toelichting

In bijzondere situaties worden de afmetingen van de looppaden, afstand tot de nooduitgangen, de breedte van de nooduitgangen en de opvang/doorstroomcapaciteit van de nooduitgangen door deze berekening bepaald. Deze bijzondere situaties kunnen bestaan uit het aantal sporen in een tunnel, het aantal passagiers in een trein en het aantal treinen in een tunnelbuis.

BIJLAGE V-4 EISEN VENTILATIE FPVE VEILIGHEID (VERSIE 2007)

Onderstaand de eisen volgens de formulering van het FPvE Veiligheid d.d. 09-01-2007.
Waar nodig is voor het DO 2009 een verduidelijking van de eis of toelichting opgenomen (*cursief*).

Veiligheidseisen (bron: FPvE Veiligheid 2007)	**Toelichting**
6.1 Ventilatievoorzieningen	
6.1.1 Ventilatie tunnelkokers	
Elk van de tunnelkokers dient te worden voorzien van langsventilatie.	In geval van brandincidenten wordt zowel de langsventilatie in de incidentkoker (maximaal) als in de naastgelegen tunnelbuis (laag) opgestart.
De langsventilatie dient in beide richtingen te kunnen worden ingesteld.	De ventilatierichting zal bij brandincidenten altijd van het station af worden opgestart; bij incidenten die zich verder hebben ontwikkeld of incidenten met GS, waarbij het station is ontruimd.
De tunnelventilatie dient zowel centraal als decentraal (in de brandweercommandoruimte) bedienbaar te zijn.	
De tunnelventilatie dient qua capaciteit instelbaar te zijn in een drietal standen: 1. Uit 2. Laag (onderhoudsmode, lage vluchtmodus): 1 m/s 3. Maximaal: 3,5 m/sec	
De ventilatie dient een luchtsnelheid van 3,5 m/s in de incidentbuis te realiseren om backlayering bij een brandincident in een reizigerstrein te voorkomen.	Uitgangspunten hierbij zijn: - maximaal brandvermogen van 40 MW; - aanwezigheid van trein DD-IRM met 12 treinstellen en lengte van 325 m; - tegenwind op de kop van de tunnelbuis van 10 m/sec, gemeten op 10 m boven maaiveld.
6.1.2 Ventilatie en rookbeheersing perron	
Het perronniveau van het station wordt voorzien van een mechanische ventilatiesysteem (RWA) om gedurende de duur van het vluchtproces langs de vluchtroute een veilige atmosfeer te borgen.	Uitgangspunt is de gerealiseerde evacuatieduur van de perrons uitgaande van 2 volle intercitytreinen gecombineerd met het aantal wachtenden op de perrons.
	Uitgangspunt is twee type brandscenario´s: 1. Traag: Smeultijd 60 s, ontwikkelingssnelheid 11 kW/s² 2. Snel: Smeultijd 60 s, ontwikkelingssnelheid 45 kW/s²
	Gedurende de periode dat in het betreffende bouwdeel personen aanwezig kunnen zijn, moeten oriëntatiepunten op 10 m afstand gemeten vanaf 2 m hoogte boven het loopoppervlak waargenomen kunnen worden, daarnaast moet op deze hoogte de stralingsintensiteit lager dan 2 kW/m² en de luchttemperatuur lager dan 50°C zijn.
Sprake is van twee onafhankelijke systemen/installaties met een gezamenlijke capaciteit van 700.000 m³/uur.	Het noordelijke deel van het perron kent een RWA met een capaciteit van 350.000 m³/uur.
	Het zuidelijke deel van het perron kent een RWA met een capaciteit van 350.000 m³/uur
	Zowel bij het tijdelijk gebruik van het tweesporig station als in de definitieve viersporige situatie geldt een totale capaciteit van 700.000 m³/uur en extractie aan de buitenwanden.

	De afzuigpunten bevinden zich langs/in beide buitenste wanden van het station en zijn verdeeld over de gehele lengte van het perron.	De afzuigopeningen worden voorzien van vast instelbare klep-pen, waarbij instelling en verdeling van afvoercapaciteit zoda-nig is dat rondom de mezzanine intensiever wordt afgezogen.
	De rook wordt afgevoerd via rookkanalen langs de bui-tenzijde van de wanden en uitgeblazen naar buitenlucht.	Uitgangspunten zijn: - kokers met een doorsnede van 2.000 mm x 2.000 mm - een maximale snelheid in de rookkanalen van 12 m/s
		De kanalen van het noordelijk deel komen samen en worden via de ventilatorruimte (gelegen boven perronniveau) geleid naar een centrale koker die door het gebouw wordt geleid en uitblaast naar de buitenlucht.
		De kanalen van het zuidelijk deel komen samen en worden via de ventilatorruimte (gelegen boven perronniveau) geleid naar een in het maaiveld gelegen uitblaasopening.
	De RWA-installatie dient zowel centraal als decentraal (in de brandweercommandoruimte) bedienbaar te zijn.	
6.1.3	Rookluiken station	
	De bovengrondse stationshal dient te worden voorzien van automatische bediende rookluiken.	Doel van de rookluiken is: - het afvoeren van rook welke bij bovenmatige scenario´s vanaf het perron de stationshal betreedt, - verzorgen van de compenserende luchtvolumebalans bij inschakelen RWA.
		Maatvoering en doorstroomoppervlak nog nader te bepalen op basis van CFD-analyses.
6.1.4	Rookschermen en compartimentering	
	De mezzanine wordt op perronniveau rondom voorzien van vaste rookschermen, met een vrije hoogte op per-ron van minimaal 3,5 m.	Doel van de rookschermen is: - het voorkomen dat rook zich van perron naar stationshal verplaatst; - het vormen van een rookbuffer tegen het plafond waaruit de rook effectief afgezogen kan worden.
	De zuidelijke vluchttrappen op het perron wordt gecom-partimenteerd van het perron uitgevoerd *DO 2009, wijziging:* downstands *rondom vluchttrappen op zuidelijke perronkop (T5) i.p.v. volledige compart-imentering met gesloten trappenhuis (zie § 6.2.5*	Doel is rook en brandscheiding om een veilig vluchttrappen-huis te bewerkstelligen; brandwerendheid 60 minuten op basis van CFD-resultaten (temperatuur). *DO 2009, nuancering: doel is vluchtroute voldoende lang rook-vrij houden (zie ook eis 6.1.5 Overdruknstallaties)*
	De noordelijke vluchtttrappen op perron wordt voor het bovenste gedeelte rondom voorzien van rookschermen	Doel van de rookschermen (in samenspel met de RWA) is: - vluchtroute via de vluchttrap voor het bovenste deel rook-vrij te houden.
	De trappen van perron naar fietsenstalling wordt voor het bovenste gedeelte rondom voorzien van rookschermen	Doel van de rookschermen (in samenspel met de RWA) is: - de vluchtroute via de trap voor het bovenste deel rookvrij te houden.
6.1.5	Overdrukinstallaties	
	De volgende ruimten dienen te zijn voorzien van over-drukinstallatie: 1. Toetredingspunt T2 vanuit ondergrondse parkeer-garage Spoorsingel naar tunnel *DO 2009, verduidelijking: overdrukinstallatie in T2-oost (in 2-sporige fase) en T2-west (in 4-sporige eindsituatie).* 2. vluchtrappenhuis op zuidelijke perronkop (T5) a) *DO 2009, wijziging: <u>stuwluchtventilatie</u> langs zui-delijke vluchttrap naar maaiveld (i.p.v. overdruk);*	Doel van de overdrukinstallatie is: - de ruimten of vluchtroutes rookvrij houden in geval van brandincidenten *DO 2009, nadere toelichting:* *Ad 1. T2-west wordt gerealiseerd indien de parkeergarage Spoorsingel (PSS) wordt gerealiseerd. Dit wordt mogelijk ge-maakt door wapeningsvrije zones op te nemen in diepwand.*

	b) *DO 2009, aanvulling: overdrukinstallatie in de vluchtgang boven sporen, aansluitend op de vluchttrap T3 vanaf noordelijke perronkop.* 3. Technische ruimten uitkomende op de gesloten tunnelbuis *DO 2009, verduidelijking: overdrukinstallatie betreft óók de technische ruimten op de perrons.*	*Ad 2 a) en b). Zuidelijke en noordelijke vluchttrap worden rondom van* downstands *voorzien (zie eis 6.1.4) en bevinden zich dus niet in een geheel gesloten trappenhuis. Bovenaan noordelijke vluchttrap bevindt zich een brandscheiding met toegangsdeur naar de vluchtgang bovenlangs de sporen.*
6.1.6	Luchtbehandelinginstallaties (HVAC)	
	De aangezogen lucht voor de HVAC dient ook bij brandincidenten en GS-incidenten vrij te zijn van verontreinigingen/rook.	

Deze tekst laten staan i.v.m. laatste pagina berekening; wordt niet geprint

BIJLAGE II DE INTERNE EN EXTERNE VEILIGHEID SPOORZONE DELFT

ProRail

DHTrail TCE Transport Consultants and Engineers Benthem Crouwel

oktober 2003

Planstudie 4-sporigheid Rijswijk-Delft

De interne en externe veiligheid

Spoorzone Delft

Een integrale rapportage

ProRail

DHT rail TCE Transport Consultants and Engineers Benthem Crouwel

Planstudie 4-sporigheid Rijswijk-Delft

De interne en externe veiligheid
Spoorzone Delft
Een integrale rapportage

dr. M.J. Kuiken,

ir. A.J.M. Snel,

dr. ir. J.A. Stoop

dossier T0036.20.528

datum april 2004

registratienummer IE-SE20033010

versie 2

© DHT Rail/TCE/Benthem Crouwel

Niets uit dit bestek/drukwerk mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt d.m.v. drukwerk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DHV Milieu en Infrastructuur BV, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Het kwaliteitssysteem van DHV Milieu en Infrastructuur BV is gecertificeerd volgens NEN ISO 9001.

INHOUD **BLAD**

VOORWOORD		5
1	INLEIDING	6
1.1	Achtergrond en opzet veiligheidsonderzoek	6
1.2	Integrale veiligheid	7
1.3	Fasering van het veiligheidsonderzoek Spoorzone Delft	11
1.4	Leeswijzer	14
2	DEFINITIE VAN HET SYSTEEM: TUNNEL EN GEBRUIK	16
2.1	Algemene beschrijving van de situatie	16
2.2	Tunnelkenmerken	17
2.3	Gebruik van de tunnel	20
2.4	Categorisering tunnels – nieuwe kaderwet	22
3	PROACTIEF ONTWERPEN EN DE ROL VAN SCENARIOANALYSE	23
3.1	Inleiding	23
3.2	Aanpak scenarioanalyse: beschrijving van de methode	25
3.3	Beschrijving van de geselecteerde scenario's	29
3.4	Resultaat van de scenarioanalyse	33
4	ALARATOETS VAN DE MAATREGELENPAKKETTEN	37
4.1	Kwalitatieve analyse maatregelpakketten	37
4.2	Scenariobeschouwing	37
4.3	Effectiviteit maatregelen	39
4.4	Definitie en beoordeling maatregelpakketten	44
4.5	Voorstel maatregelpakketten bij vervoerssituatie en tunnelvarianten	47
4.6	Complementaire kwal. en kwant. conclusies t.a.v. maatregelpakketten	49
5	TOETSING EN NORMERING VAN DE VEILIGHEID	51
5.1	Veiligheidsinvalshoeken en toetsingskader	51
5.2	Wet en regelgeving interne veiligheid	51
5.3	Wet en regelgeving externe veiligheid	55
5.4	Analyses interne veiligheid	60
5.5	Analyses externe veiligheid	75
6	INNOVATIE EN VERNIEUWING	87
7	TOT SLOT	91
8	COLOFON	93

VOORWOORD

Voor de Spoorzone Delft is ten behoeve van de planstudiefase de integrale veiligheid van het project onderwerp van studie gemaakt. Het vroegtijdig gestructureerd in beeld brengen van de veiligheidsaspecten in breed perspectief van alternatieven tot concrete beoordeling van interne en externe veiligheid heeft binnen de verschillende deelstudies tot de volgende inzichten c.q. resultaten geleid:

- Vanuit de optiek van veiligheid is een bijdrage geleverd aan de trechtering van en keuze tussen alternatieven.

- Vanuit veiligheid zijn tijdig randvoorwaarden voor het bestemmingsplan geformuleerd.

- In een vroeg stadium is inzicht verkregen in de eisen die aan het voorontwerp worden gesteld op grond van interne en externe veiligheid.

- De kosten die gemoeid zijn met maatregelen vanwege veiligheid zijn in de studiedocumenten beschouwd.

- De verschillende deelstudies hebben geleid tot doelbewuste keuzes en verbeteringen in de veiligheid van het uiteindelijke ontwerp.

- De onderliggende veiligheidsstudies hebben de probabilistische en deterministische aanpak samengebracht.

- Op basis van de studies is de operating envelope van de tunnel/spoorzone: de gebruiksruimte, vastgesteld.

In onderhavig rapport zijn de resultaten van verschillende deelstudies inhoudelijk samengebracht en toegelicht.

1 INLEIDING

1.1 Achtergrond en opzet veiligheidsonderzoek

Het project Spoorzone Delft bestaat uit verdubbeling en ondertunneling van het spoor met daaraan gekoppeld een ontwikkelingsprogramma voor het vrijkomende stedelijke gebied.

Generiek aanpak is onvoldoende voor de planstudie
Het startdocument voor wat betreft veiligheid was de "Uitgangspuntennotitie Interne Veiligheid 4-sporigheid Rijswijk-Delft; Buvelot dd. 28 januari 2002". In de uitgangspuntennotitie is een globale systeembeschrijving opgenomen en wordt op globale wijze ingegaan op: betrokken actoren, de veiligheid voorzover deze verbonden is met het transport van gevaarlijke stoffen op het spoor, enige wettelijke referentiekaders en een beperkt aantal generieke ongevalscenario's. De geboden oplossingsrichtingen beslaan een viertal tunneldwarsdoorsneden die onderling marginaal verschillen qua technische uitvoering. Het station is zeer summier beschreven.

Nadere veiligheidsstudies waren geboden om meer handvatten te bieden voor het maken van een specifiek afweging, selectie en uitwerking van de verschillende varianten in de context van het gehele plangebied. Het aanvullende veiligheidsonderzoek omvatte verschillende studies en onderdelen en resulteerde in een aantal notities en rapporten. Deze rapporten zijn samengevoegd tot de onderliggende integrale veiligheidsrapportage.

Inhoudelijk richtte het veiligheidsonderzoek dat hier beschreven is zich op de volgende onderwerpen:
- Identificatie van veiligheidskritische ontwerpelementen in de voorkeursvarianten die uit de Trechternotitie naar voren zijn gekomen.
- Identificatie van aanvullende ongevalscenario's op de reeds geïdentificeerde scenario's voor het transport van gevaarlijke stoffen op grond van een integrale veiligheidsbenadering van het gehele plangebied.
- Identificatie van mogelijke interferenties van planelementen in termen van maatgevende scenario's.
- Toetsen van deze scenario's aan getalsmatige en wettelijke grenswaarden voor aanvaardbaarheid van risico's.
- Identificeren van oplossingsrichtingen en aanvullende ontwerpmaatregelen om in de voorziene risico's te voorzien.
- Vaststellen van de resterende risico's teneinde de benodigde beheersingsmaatregelen en hulpverleningscapaciteit in te schatten die in de operationele fase het risico verder moeten ondervangen.
- Inschatten van de kosteneffectiviteit van voornoemde oplossingsrichtingen en veiligheidsmaatregelen in verhouding tot de overige plankosten.

Procesmatig was daarnaast belangrijk:
- Documenteren van de belangrijkste veiligheidskritische beslismomenten en argumentatie in de vorm van een veiligheidsontwerpdocument.
- Institutionaliseren van een veiligheidswerkgroep of samenwerkingsverband tussen actoren teneinde continuïteit en coördinatie tussen de ontwerpfasen tot stand te brengen en draagvlak tussen de betrokken actoren te bewerkstelligen
- Aangeven van de consequenties van genomen ontwerpbeslissingen teneinde een noodzaak voor aanvullende maatregelen in volgende projectfasen te kunnen beargumenteren en te beoordelen.

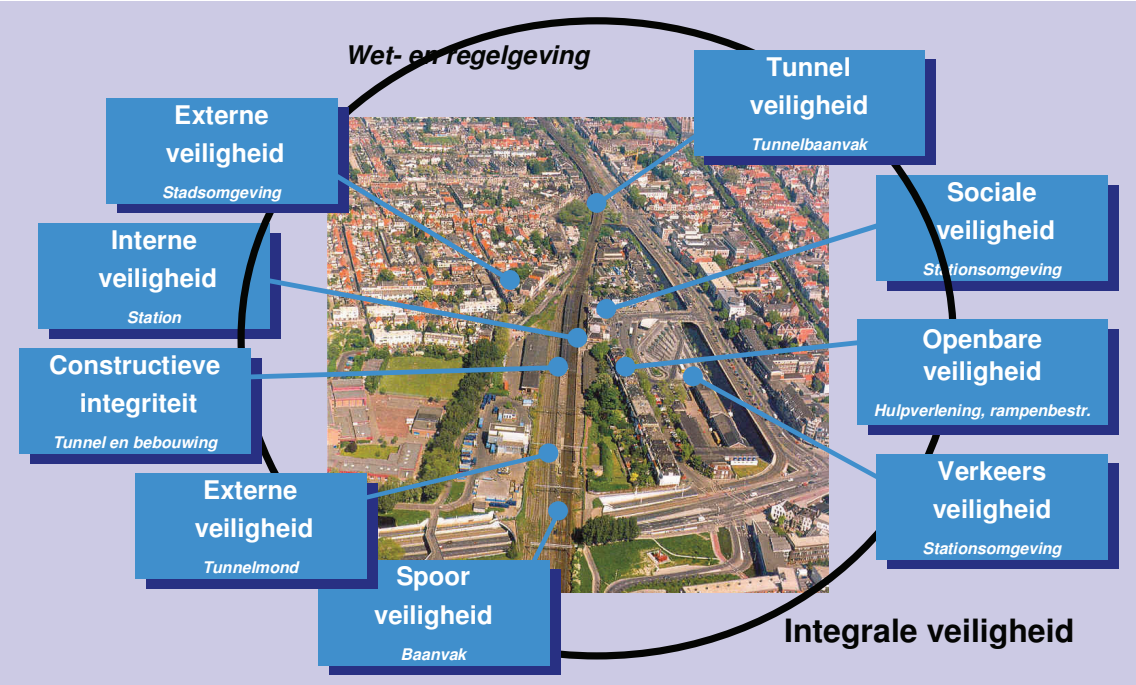
1.2 Integrale veiligheid

Veiligheid is verankerd in verschillende ontwerpdisciplines en beleidsterreinen. Historisch spreken we van technische veiligheid -gericht op het instandhouden van de constructie-, arbeidsveiligheid -het beschermen van de werkomgeving-, externe veiligheid, -gericht op de bescherming van de omringende bebouwing en ruimtelijke omgeving- en verkeersveiligheid -gericht op de veiligheid van de bestuurders en overige verkeersdeelnemers, zoals passagiers.

Interactie
In de afgelopen periode zijn er veranderingen opgetreden in de omstandigheden en de omgeving waarin de verkeerssystemen worden gebruikt. Er is sprake van schaalvergroting, intensief gebruik en een sterke verwevenheid met de omringende infrastructuur en de gebouwde omgeving. Daardoor kunnen zich onverwachte wisselwerkingen voordoen met navenant schadelijke gevolgen. Veiligheid dient integraal tussen (deel)projecten beschouwd te worden.

Verbreding van het begrip veiligheid
Daarnaast is er een aantal veiligheidsaspecten bijgekomen. Deze aspecten zijn naar voren gekomen door een aantal grote ongevallen en ernstige incidenten die sterk de publieke, bestuurlijke en politieke aandacht hebben getrokken. Het betreft een drietal nieuwe aspecten:
- de veiligheid in relatie tot de hulpverlening en rampenbestrijding, uitgedrukt in termen van zelfredzaamheid van slachtoffers en toegankelijkheid van een ongevallocatie voor hulpverleners
- de sociale veiligheid van de omgeving, uitgedrukt in gevoelens van onveiligheid in nachtelijke uren, overlast van groepen, diefstal en geweldpleging
- vandalisme en terrorisme, uitgedrukt in opzettelijk toebrengen van kleinschalig of grootschalig letsel en schade.

Veiligheid wordt een verzamelbegrip, vergelijkbaar met het brede begrip ‘milieu’ dat zich ook laten onderscheiden naar verschillende aspecten als geluid, uitstoot van gassen en vloeistoffen, straling en trillingen. Men spreekt dan ook van de Integrale Veiligheid als verwoording van het verzamelbegrip dat is ontstaan. De beoordeling wordt daarmee complex en zal naast een kwantitatieve ook een kwalitatieve aanpak vereisen.



Behoefte aan integrale beoordeling van veiligheid
Bovengenoemde veiligheidsaspecten blijken onderling samen te hangen en kunnen zich tegelijkertijd voordoen. Zo is het vervangen van een bovengrondse spoorweg door een tunnel van invloed op zowel de interne als op de externe veiligheid. Door de tunnel wordt de externe veiligheid voor de omwonenden van de Spoorzone vergroot, zeker bij een voorgenomen toename van het transport van gevaarlijke stoffen over het spoor. De interne veiligheid verslechtert omdat de gevolgen van het vrijkomen van deze stoffen zich nu geheel binnen de contouren van de tunnel afspelen.

Naar aanleiding van de ramp in Enschede zijn er vragen opgekomen over de wisselwerking tussen stedelijke ontwikkeling, industriële activiteit en verkeers- en vervoersontwikkelingen, in het bijzonder rond het transport van gevaarlijke stoffen. Niet alleen binnen een project zelf is er behoefte aan een integrale beoordeling van de veiligheid, ook de ruimtelijke en functionele inpassing in de omgeving stellen vragen omtrent de integrale veiligheid.

Van harde' naar 'zachte' criteria
Met de verbreding van het begrip treedt er ook een verschuiving op van de beoordeling van veiligheid: er is een verschuiving van 'harde' criteria als getalsmatige normen voor plaatsgebonden en groepsrisico, naar 'zachte' criteria als beleving en waardering. Er treedt een verschuiving op van objectieve maatstaven naar subjectieve maatstaven. Voor het aspect externe veiligheid is een stelsel van getalsmatige normen beschikbaar, voor

nieuwe aspecten als hulpverlening en rampenbestrijding, interne veiligheid en sociale veiligheid bestaat een dergelijk stelsel (nog) niet.

Liever 'vroeg en hoog' dan 'laat en laag'
Deze verschuiving heeft consequenties voor de beoordeling van veiligheid in het geheel van het project. Uit ervaringen met een aantal grote infrastructurele projecten blijken enerzijds afwegingskaders en beoordelingsinstrumenten te ontbreken die aan de vraag naar een afwegen van de integrale veiligheid kunnen voldoen. Anderzijds is er de behoefte reeds vroeg in het project veiligheid in de besluitvorming expliciet mee te nemen in de toetsing en niet eerst de gevolgen van beslissingen over de veiligheid in de detailleringsfase te ondervangen. Indien men 'vroeg en hoog' in het besluitvormingsproces de veiligheid kan toetsen, voorkomt men dat men pas 'laat en laag' in de besluitvorming is aangewezen op kostbare maatregelen met relatief beperkte reikwijdte. Het 'vroeg en hoog' kunnen meenemen van veiligheid in de besluitvorming is echter niet alleen een argument van kostenefficiëntie en vroegtijdige toetsing.

Sturing en veiligheid
Bij het uitwerken van de verschillende voorkeuren in ontwerpvarianten kunnen tussentijdse veranderingen worden doorgevoerd die mede hun oorsprong vinden in veiligheidsoverwegingen. Men hoeft niet te wachten tot een kwantificeren van veiligheidsniveaus binnen de geselecteerde eindvariant mogelijk is en vervolgens maatregelen te nemen om het vereiste veiligheidsniveau te behalen. Het is mogelijk kwalitatief een aantal maatregelenpakketten op te stellen die binnen de voorkeursvarianten kunnen worden afgewogen. Hier ligt een analogie met maatregelenpakketten die in het kader van een m.e.r. beoordeling worden ontwikkeld.

Besluitvorming en veiligheid
Naast het element van inhoudelijke toetsing en sturing van de veiligheid speelt bij het begrip Integrale Veiligheid het argument van besluitvorming over de veiligheid. Door hun aard zijn grote infrastructuurprojecten unieke projecten. Het hanteren van een generiek stramien, zoals de kwantitatieve risicoanalyse, onderkent niet altijd voldoende de specifieke kenmerken en knelpunten die zich in de beoordeling en uitwerking van de verschillende ontwerpvarianten kunnen voordoen. Voor wat betreft de Spoorzone Delft blijkt deze methode voor de aanwezigheid van de DSM fabriek aan de Noordzijde van de tunnel en de mogelijke ligging van het ondergronds station geen onderscheidend vermogen te hebben. In de externe veiligheids-beoordeling scoren alle varianten voor deze locatie gelijk, daar de ligging van de noordelijke tunnelmond niet verschuift. De specifieke omgevingsproblematiek komt in de externe veiligheidsbeoordeling niet tot uiting. Voor de hulpverlening en de ontsluiting van de verkeersomgeving scoren de verschillende varianten echter verschillend bij het hanteren van het begrip Integrale Veiligheid.

Bij een project als de Spoorzone Delft zijn vele autonome partijen betrokken, elk met een eigen visie op veiligheid en met daaruit soms conflicterende belangen en opvattingen. Het expliciet benoemen van de verschillende veiligheidsaspecten in de besluitvorming kan bijdragen aan het scheppen van een draagvlak voor overeenstemming in de

besluitvorming. Het integraal benaderen van de veiligheid draagt zo bij aan de voortgang en kwaliteit van de besluitvorming tussen alle betrokken partijen.

Omgaan met restrisico's
Tenslotte heeft het hanteren van het begrip Integrale Veiligheid gevolgen voor het kunnen inschatten van het resterende risico. In de besluitvorming zijn op een aantal verschillende momenten beslissingen te onderkennen waarbij verschillende aspecten aan de orde zijn. Daar kan veiligheid in engere of bredere zin deel van uitmaken. In een dergelijke beslissing wordt duidelijk in hoeverre er resterende risico's zijn die in een latere fase van het ontwerp moeten worden ondervangen, dan wel aan de verantwoordelijken voor de zorg en borg in de gebruiksfase worden overgedragen.

In het Spoorzone Delft project is op een beperkt aantal van de geïdentificeerde maatgevende scenario's een verdiepingsslag gemaakt. Er heeft een concentratie plaats gevonden op de aandacht voor het transport van gevaarlijke stoffen door de tunnel.

Sommige veiligheidsaspecten uit het scala van de integrale veiligheid zijn niet aan de orde gesteld. Terrorisme, vandalisme en sociale veiligheid zijn onderkend, maar niet nader uitgewerkt. Dit houdt in dat daarmee tevens duidelijkheid is verschaft over de reikwijdte van de genomen beslissingen, waarmee het resterende risico in kaart kan worden gebracht.

Integrale veiligheid en dit project
Het hanteren van het begrip Integrale Veiligheid heeft op verschillende momenten in de projectvoortgang expliciet een rol gespeeld:
- Het selecteren van de voorkeursvarianten uit het geheel van ontwerpmogelijkheden. Dit heeft in de Trechternotitie zijn beslag gekregen.
- Het toetsen en selecteren van de voorkeursvarianten aan de hand van zg Maatgevende Scenario's.
- Het uitwerken van een aantal maatregelenpakketten voor het maximaal reserveren van transport van gevaarlijke stoffen door de tunnel binnen een van de maatgevende scenario's.
- Het combineren van externe en interne veiligheid.

Vernieuwende aanpak
Het Spoorzone Delft project heeft op het aspect veiligheid qua projectmanagement in drie opzichten een voortrekkersrol kunnen spelen in het ontwerpen en ontwikkelen van grote infrastructuurprojecten:
- het project bouwt voort op de systematiek van de Veiligheids Effect Rapportage die een procedurele borging voorstaat van de integrale veiligheid. Het hoofdkenmerk van een VER is het scheppen van een overlegstructuur tussen partijen en het vastleggen van de beslissingen die rond de veiligheid in de loop van het project worden genomen.
- aanvullend op het reeds bekende instrument van de Kwantitatieve Risico Analyse is de scenarioanalyse als inhoudelijk instrument uitgeprobeerd. Een dergelijk

instrument beoogt meelopend met de projectvoortgang toetsing en sturing aan het aspect veiligheid te geven.
- de integrale benadering heeft ertoe geleid dat de beoordeling van de interne en externe veiligheid in onderlinge samenhang plaats kon vinden.

Met deze benadering is getracht een praktisch hanteerbare uitwerking te geven aan de filosofie die ten grondslag ligt aan de Kaderwet Tunnelveiligheid. Het doel van de gehanteerde veiligheidsanalyse is geweest:
- het leveren van input voor het m.e.r. traject
- het leveren van input voor de kostenbepaling van de ontwerpvarianten
- het aangeven van eisen aan het tunnelontwerp vanuit de optiek van interne en externe veiligheid.

Resultaat van aanpak
De analyse levert enerzijds inhoudelijk informatie voor de overleggroep VER en fungeert als klankbord voor de uitwerking van de scenario's. Zo legt men de overlegmomenten vast waarop over de veiligheid besloten wordt.
De analyse levert anderzijds informatie voor het ontwerpteam van DHTrail. Door het inbrengen van de resultaten van de veiligheidsanalyse in het ontwerpteam kan een optimalisatie tot stand komen van de verschillende ontwerpvarianten en kunnen specifieke randvoorwaarden en omgevingscondities worden meegenomen in het uitwerken van de voorkeursvarianten. Dit kan leiden tot nieuwe, integrale ontwerpoplossingen.

1.3 Fasering van het veiligheidsonderzoek Spoorzone Delft

In het project zijn drie fasen onderscheiden:
Fase 1: Globale veiligheidsanalyse ten behoeve van de trechtering van 14 tot 5 tunnelvarianten
Fase 2: Kwalitatieve veiligheidsanalyse en globale kwantitatieve veiligheidsanalyse ten behoeve van de selectie en beoordeling van 5 tunnelvarianten.
Fase 3: Opstellen maatregelenpakketten
Fase 4: Vervolgstudies, met name kwantitatief van aard naar interne en externe veiligheidseisen en consequenties

Fase 1: Trechteren van 14 tot 5 varianten (Trechternotitie)
In de Trechternotitie (juni 2002) is een ruimere beschouwing gewijd aan de veiligheid, waarbij de planstudie zich richt op de integrale studie van tunnel, stedelijke ontwikkeling en OV-knoop onder aansturing van een Stuurgroep van publieke partijen. De 14 beoordeelde varianten hebben betrekking op de bouwmethode van de tunnel (inclusief de tunneldoorsnede), lengte van de tunnel, verticaal alignement, horizontaal alignement en ligging van de OV-knoop. Uit de trechternotitie komen twee (drie) voorkeursvarianten naar voren waarbij de integrale veiligheid expliciet onderwerp van beoordeling is geweest.
De veiligheid is beoordeeld middels een expertbijeenkomst. Veiligheidsdeskundigen hebben zich uitgesproken over de criteria voor de beoordeling en hebben de beoordeling

vervolgens uitgevoerd. De resultaten van deze fase zijn voor wat betreft veiligheid kort beschreven in **hoofdstuk 3, paragraaf 3.1**.

Fase 2: Selectie en beoordeling van de 5 varianten (Keuzenotitie)
Fase 2 in de Planstudie is gericht op het maken van een selectie tussen de overgebleven varianten. Met als basis de Trechternotitie is verder ingezoomd op de specifieke situaties en de consequenties daarvan voor veiligheid(s-eisen). De volgende studies zijn uitgevoerd:
- een descriptieve scenarioanalyse m.b.t. integrale veiligheid
- een globale QRA m.b.t. de externe veiligheid

In de analyses komen expliciet aan de orde:
- de lengte van de tunnel. De varianten kenen een ruime spreiding van lengten en locaties van in- en uitgangen van de tunnels.
- het ondergronds dan wel bovengronds zijn van het station. Deze varianten hebben grote gevolgen voor de zelfredzaamheid en potentiële omvang van het groepsrisico.
- de locatie van de tunnelingangen. Ten eerste: de tunnelingang ter hoogte van DSM/Gist Brocades met een voorziene wisselstraat voor intakken van spoorvervoer van gevaarlijke stoffen en de interferentie van tunnelingang met een industrieel complex is niet geanalyseerd in termen van rook en gasuitstroming, vluchtwegen en toegankelijkheid voor de hupverlening. Ten tweede: de aansluiting van een ondergronds station op de tunnel dan wel lokaliseren van een bovengronds station bij de tunnelingang kan interferenties opleveren die een grootschalig beroep doen op hulpverlening en zelfredzaamheid. Een totale schatting van de 'population at risk' en de mogelijke gevolgen en schadepatronen ontbreekt in termen van een 'Maatramp' zoals door het Ministerie van BZK gedefinieerd.
- een risicobeoordeling van de verkeers- en vervoerafwikkeling in de omgeving van het station, in het bijzonder in relatie tot de stedelijke verkeersontsluiting in de onmiddellijke omgeving van de Irenetunnel, de mogelijke oriëntatie van het station op de Westlandseweg en de locatie van de OV-knoop.

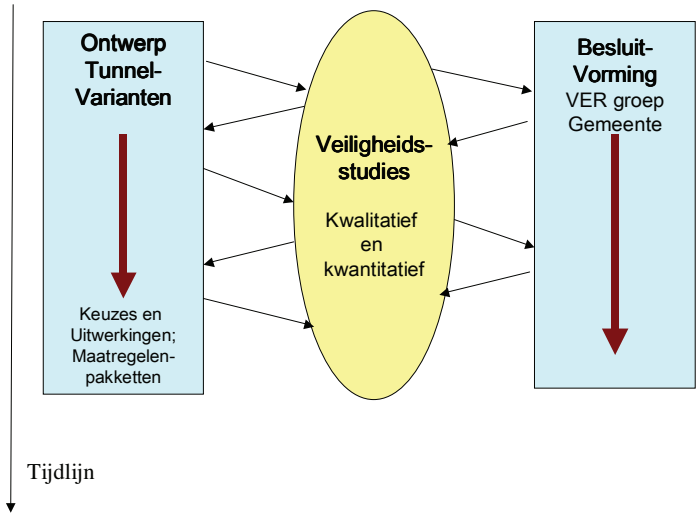
De resultaten fase 2 zijn vooral beschreven in **hoofdstuk 3, paragraaf 3.2**.

Fase 3: Opstellen maatregelenpakketten
De volgende stap bestond uit de vertaling van de bevindingen van de kwalitatieve scenarioanalyse naar het uitwerken van concrete maatregelen. Hierbij ging de aandacht vooral uit naar de benodigde beveiliging van de tunnel mede in relatie met het vervoer van gevaarlijke stoffen. Tegen de achtergrond van de scenariobeschouwing is de effectiviteit van verschillende maatregelenpakketten verkend. Hierbij is met name ingezoomd op de (kosten)bepalende maatregelen.

Fase 4: Detailanalyses veiligheidseisen en consequenties
In fase 4 is een aantal vervolgstudies uitgevoerd. Een aantal vervolgstudies richtte zich vooral op het in kaart brengen van concrete veiligheidseisen en consequenties van de gekozen varianten. De hierbij uitgevoerde detailanalyses zijn met name kwantitatief van aard en hebben betrekking op specifieke scenario's en incidenten. De berekeningen zijn uitvoerig beschreven **in hoofdstuk 5**.

Samenvatting en overzicht

Het proces is in de onderstaande figuur schematisch in beeld gebracht. De rol van de veiligheidsstudies die door de combinatie zijn verricht raakt aan de ene kant de ontwerpers en aan de andere kant de besluitvormers. De samenwerking met beide groepen is essentieel voor de aanpak en uitkomst.



Uitkomsten van veiligheidsstudies, maatregelpakketten en specifieke veiligheidsberekeningen zijn regelmatig besproken met de ontwerpers en de VER groep van de gemeente. Het Integrale veiligheidsplan werd regelmatig besproken met de VER groep van de Gemeente Delft. Zo werd expertise van de deskundigen in de VER groep meegenomen in de analyses en teruggekoppeld aan de ontwerpers.

Op deze wijze is een overzichtelijk veiligheidsdossier van de spoorzone opgebouwd. In de het opgebouwde veiligheidsdossier zijn onder meer de volgende mijlpalen opgenomen:

- Opstellen van een beveiligingsconcept Spoorzone Delft door de werkgroep van de gemeente Delft (VER-groep). Hierbij is toegelicht dat veiligheid systematisch en pro-actief aangepakt moet worden en dat absolute veiligheid niet mogelijk is.
- In opdracht van Prorail is de combinatie DTB gestart met het voorlopig ontwerp. De door DTB uitgevoerde kwalitatieve veiligheidsanalyses hebben geleid tot een beoordeling en aanpassingen van tunnelvarianten.

- Door DTB zijn vervolgens de hoofdlijnen geschetst van de benodigde veiligheidsvoorzieningen. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen een basispakket (beperkt transport gevaarlijke stoffen) en een pluspakket (transport gevaarlijke stoffen conform scenario 3A van RVGS). De gemeentelijke werkgroep beoordeelt de voorzieningen in maart 2003 en is van mening dat een veilige tunnel kan ontstaan, zowel voor het transport van reizigers als voor het transport van gevaarlijke stoffen.
- In 2003 zijn vervolgens door DTB effectberekeningen uitgevoerd voor het transport van gevaarlijke stoffen in relatie tot in- en externe veiligheid. Dit rapport vormde de basis voor de werkgroep om de gemeenteraad te adviseren het volgende principebesluit te nemen:
  "De Gemeenteraad van Delft stemt in met de door V&W gewenste maximale hoeveelheid transport gevaarlijke stoffen door de toekomstige spoortunnel Delft (scenario 3A van RVGS-spoor) in combinatie met de voorgenomen veiligheidsmaatregelen (pluspakket) en accepteert het daarbij behorende veiligheidsniveau inclusief de mogelijke gevolge van het overblijvende risico."
  De conclusie van de werkgroep is dat de veiligheid van de Spoorzone Delft geborgd is.

1.4 Leeswijzer

Na de inleiding van het rapport, wordt in hoofdstuk 2 eerst ingegaan op de kenmerken van het tunnelsysteem en het gebruik van de tunnel.

Hoofdstuk 3 gaat in op de rol van de scenarioanalyse in het ontwerpproces. Notie achter dit hoofdstuk is dat bij het uitwerken van de verschillende voorkeuren in ontwerpvarianten tussentijdse veranderingen doorgevoerd kunnen worden die mede hun oorsprong vinden in veiligheidsoverwegingen. Men hoeft niet te wachten tot een kwantificeren van veiligheidsniveaus binnen de geselecteerde eindvariant mogelijk is en vervolgens maatregelen te nemen om het vereiste veiligheidsniveau te behalen.
De veiligheidsanalyses in die in dit hoofdstuk beschreven worden dienen vooral de vergelijking tussen de vijf overgebleven tunnelvarianten en het integreren van veiligheid in het ontwerp. Middels de scenarioanalyse wordt kritisch naar beveiligingsconcepten gekeken en zijn de vijf tunnelvarianten onderling vergeleken vanuit de optiek van integrale veiligheid.

De bevindingen van de scenarioanalyse en later ook de kwantitatieve veiligheidsanalyses zijn vertaald naar concrete maatregelen. Hoofdstuk 4 beschrijft de voorgestelde maatregelpakketten.

In hoofdstuk 5 zijn de resultaten van de kwantitatieve analyses opgenomen. De QRA's zoomen in op de zaken die kwantificeerbaar zijn. Overwegingen m.b.t. normering en toetsing staan centraal in dit hoofdstuk. Wel zijn begrippen, zoals scenario's hier soms anders gebruikt dan in voorgaande hoofdstukken.

Hoewel de twee lijnen, scenarioanalyse en QRA's relatief autonoom ontwikkeld zijn, komen ze toch tot eenduidige conclusies. In het slothoofdstuk worden de resultaten besproken.

2 DEFINITIE VAN HET SYSTEEM: TUNNEL EN GEBRUIK

2.1 Algemene beschrijving van de situatie

Het tunneltracé doorkruist de Phoenixstraat en het stationsgebied. In de Phoenixstraat is de afstand tot de belendingen gering. Op bepaalde delen is dit slechts 4 tot 10 m. De ligging komt voort uit de beperkte beschikbare ruimte en de gehanteerde boogstralen, welke voortkomen uit de eis met betrekking tot de ontwerpsnelheid. De inrichting van het maaiveld boven de tunnel is nog niet geheel duidelijk. Waarschijnlijk zullen de bestaande functies, zoals de tramlijn en een aantal verkeerswegen, teruggebracht worden.
In het stationsgebied wordt de bestaande bebouwing waarschijnlijk gesloopt. Het gebied wordt opnieuw ingericht. Hierbij wordt rekening gehouden met eisen ten aanzien van de tunnelveiligheid.
De tunnel wordt gebouwd volgens het wand-en-dak principe, waarbij de wanden worden gevormd door diepwanden.

De huidige situatie kent een hoge ligging van het spoor op een viaduct en een bovengronds station in een weinig dicht bebouwde omgeving.

In de nieuwe situatie is er sprake van een tunnel van variërende lengte, wellicht een ondergronds station en dichte bebouwing in de stationsomgeving.

De interne situatie is door de tunnel, een eventueel ondergronds station en dichte bebouwing in de stationsomgeving echter aanzienlijk veranderd. Ook de verkeersafwikkeling is anders. Geheel nieuw is de waardering voor de sociale veiligheid en de aandacht voor de rampenbestrijding en hulpverlening.

Bevolkingsgegevens
Voor het bepalen van het groepsrisico is de bevolkingsdichtheid in het studiegebied in kaart gebracht, voor zowel de huidige situatie als voor de nieuwbouwplannen van de korte respectievelijk lange tunnel. De absolute bevolkingsgegevens zijn verkregen van de gemeente Delft.

Voor de huidige situatie en autonome ontwikkelingen zonder spoortunnel is uitgegaan van de bevolkingsgegevens van de huidige situatie, daar geen grootschalige ontwikkelingen zijn voorzien. Voor de ontwikkelingen met spoortunnel zijn de nieuwbouwplannen voor de korte respectievelijk lange tunnel beschouwd.

2.2 Tunnelkenmerken

2.2.1 Definitie van het systeem

Voor de berekeningen is sprake van onderscheid tussen de verschillende systeemgrenzen, die hun weerslag hebben op de veiligheidsberekeningen. Onderstaande definitie is aangehouden.

Voor de interne veiligheid wordt de veiligheid van de gebruikers van het systeem beschouwd. Onder dit systeem wordt verstaan:

- reizigerstreinen en passagiers;
- personen op het perron;
- treinen met gevaarlijke stoffen.

De personen welke zich ophouden in de stationshal worden zodoende niet tot het systeem aangaande interne veiligheid beschouwd.

Voor externe veiligheid wordt gekeken naar:

- omwonenden/werkenden en gebruikers van de (bovengrondse) omgeving;
- kantoren/woningen op de tunnel of boven het station
- personen in de stationshal.

2.2.2 Ontwerpvarianten

De huidige ligging van het spoor en de positie van het station in de spoorzone verschillen aanzienlijk van de voorgestelde ontwerpvarianten.

Bij de kwalitatieve analyse is uitgegaan van de beschikbare ontwerpvarianten, onderscheiden naar de bouwelementen in het plangebied: tunnel, station, tunnelmonden, stationsplein, verkeersomgeving en stedelijke bebouwing.

Bij de kwantitatieve risicoanalyse voor integrale veiligheid en toets voor externe veiligheid is uitgegaan van een tweetal tunnelalternatieven:

- lange tunnel
- korte tunnel

Voor de externe veiligheid is daarnaast gekeken naar een autonome ontwikkeling, waarbij het huidige spoorviaduct ongewijzigd blijft.

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.

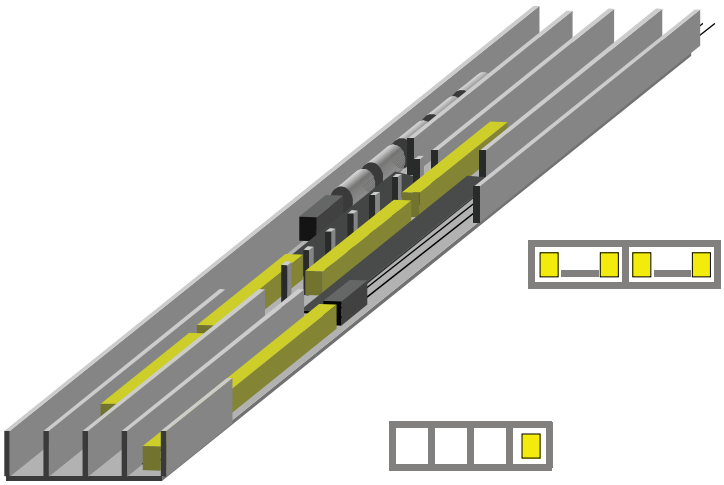
2.2.3 Algemene kenmerken tunnelvarianten 7 en 12

Voor de scenariobeschouwingen en trechtering is per definitie een groot aantal alternatieven beschouwd ten aanzien van ligging en ontwerp(lengte) van de tunnel.

Na trechtering zijn concreet voor de veiligheidsberekeningen de beide resterende tunnelvarianten 7a (kort met perrons bovengronds) en 12 (lang met perrons ondergronds NO) beschouwd.
Sprake is van:
- 2*2 tunnelbuizen;
- station met 2 eilandperrons;
- goederenvervoer mogelijk over alle 4 sporen;
- geen wissels in ondergrondse tunnel;
- scheiding goederen/personen: goederen gaan pas tunnelbuis in als spoor in die tunnelbuis leeg is.

Fysieke kenmerken
Onderstaand zijn beide varianten globaal beschreven.

Lengtes in [m]	Korte tunnel Variant 7a	Lange tunnel Variant 12, Noord
Toerit noord	300	300
Gesloten tunnel	950	800
Gesloten toerit naar station	180	250
Station	340	340
Zuidelijk gesloten deel	-	350
Zuidelijke toerit	-	250

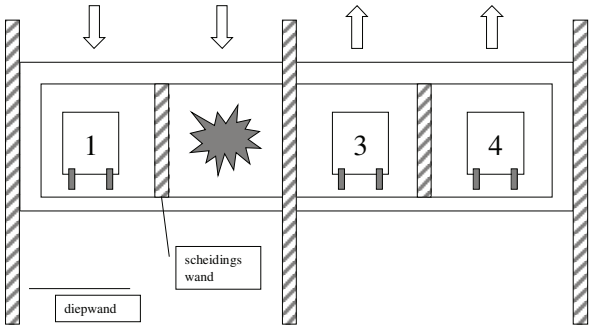


2.2.4 Tunnelgeometrie

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

Tabel 2.1. 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



2.2.5 Basis beveiligingsconcept en kenmerken van de tunnel

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 hoofdstuk aangaande maatregelpakketten.

proactie in ontwerp - baanbeveiliging

- gescheiden kokers en dus gescheiden sporen in de tunnel. De kokers zijn gescheiden door een diepwand en door brandwerende tussenwanden.
- uitgangspunt is dat er geen wissels in de tunnel aanwezig zijn. Dit beperkt de interactie en de kans op botsingen;
- ontsporinggeleiding 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 treinvrij 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 treinvrij 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.

2.3 Gebruik van de tunnel

2.3.1 Vervoerssituatie

Ten aanzien van het vervoer door en gebruik van de tunnel wordt onderscheid gemaakt in:
- gebruik sporen door reizigerstreinen;
- aanwezigheid en gebruik station;

- goederentreinen met gevaarlijke stoffen overeenkomstig drie mogelijke vervoerscenario's:
- huidige situatie (50 wagons ammonia en 150 wagons brandbare vloeistof) en eventuele autonome ontwikkeling;
- maximale reserveringen Railned (Zie tabel 1).

2.3.2 Reizigers

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).

Voor een overzicht van de treinintensiteiten wordt verwezen naar de bijlage.

2.3.3 Vervoersscenario's gevaarlijke stoffen

Zowel voor de externe als interne veiligheidsberekeningen zijn de vervoersaantallen gevaarlijke stoffen een bepalende risicofactor. Vier vervoerscenario's zijn beschouwd:

Vervoersscenario I (huidige situatie) is gebaseerd op de Risicoatlas Spoor, waar de vervoersaantallen staan voor het traject Delft - Schiedam centrum. Dit zijn door Railned verstrekte vervoerscijfers van 1998.

Voor **vervoersscenario II** is uitgegaan van een verdubbeling van de transportaantallen van 1998, waarbij wordt verwacht dat de getransporteerde aantallen veel zullen toenemen in de loop der jaren. Sprake is zodoende van een beperkte autonome groei van het huidige vervoer zonder dat daarbij rekening is gehouden met een categorie 3a indeling van het baanvak.

Vervoersscenario III en IV betreft het tweetal door Railned opgegeven karakteristieke vervoersscenario's behorende bij categorie 3a vanuit het RVGS-spoor. De vervoersscenario's III en IV kunnen zowel betrekking hebben op een autonome ontwikkeling met bovengrondse ligging op het viaduct als voor een toekomstige situatie met spoortunnel. Deze verschillende situaties zijn in de berekeningen beschouwd.

Tabel Scenario's vervoer gevaarlijke stoffen (totaal aantal ketelwagens per jaar)

	Scenarionummer externe veiligheid		**scenario I:**	**scenario II:**	**scenario III:**	**scenario IV:**
			huidig vervoer	**verdubbeling huidig vervoer (autonome groei)**	**categorie 3a RVGS-spoor**	**categorie 3a RVGS-spoor**
	Scenarionummer gebrutik bi interne veiligheid		Scen. III	(niet beschouwd)	Scenario I	Scenario II
	Relevante stofcategorie	**voorbeeld-stof**				
A	brandbare gassen	LPG			350	350
B2	toxische gassen	ammoniak	50*	100	950	1250
B3	zeer toxische gassen	chloor			300	0
C3	zeer brandbare vloeistoffen	benzine	150	300	1500	1250
D3	toxische vloeistof	acrylonitril			0	1200
D4	zeer toxische vloeistoffen	HF in oplossing			0	750

** 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.*

2.4 Categorisering tunnels – nieuwe kaderwet

Bij het ontwerpen van tunnels in Nederland speelt veiligheid een belangrijke rol. Door het unieke karakter van de projecten verschillen de tunnels qua veiligheidsniveau en –uitrusting aanzienlijk. De afstemming van soms strijdige eisen en wensen van de betrokken partijen vergt veel tijd en inspanning. Het Ministerie van Verkeer enWaterstaat heeft daarom een project gestart dat moet leiden tot een maatschappelijk aanvaardbaar veiligheidsniveau van tunnels door het opstellen van generieke regelgeving.
In de uitwerking van de Beleidsvisie Tunnelveiligheid wordt een pakket van functionele eisen en daaraan verbonden prestatie eisen ontwikkeld. DHV neemt deel aan dit project. Het categoriseren van tunnels en het ontwikkelen van specifieke pakketten van eisen per categorie is mede ingegeven door de ervaringen die zijn opgedaan met het project Spoorzone Delft. Het ontwikkelen van maatgevende scenario's blijkt een complementaire methodiek die het systematisch analyseren van tunnels versterkt.

3 PROACTIEF ONTWERPEN EN DE ROL VAN SCENARIOANALYSE

3.1 Inleiding

Genereren van de alternatieven: Trechtering en keuzes maken
In de eerste fase is een ruimere beschouwing gemaakt van de veiligheid van een 14-tal varianten. De 14 beoordeelde varianten hebben betrekking op de bouwmethode van de tunnel (inclusief de tunneldoorsnede), lengte van de tunnel, verticaal alignement, horizontaal alignement en ligging van de OV-knoop.

De aanpak is overwegend kwalitatief en op hoofdlijnen gericht zijn. Kernpunt is om in dit stadium geen veiligheidskritische issues te laten liggen, waardoor een groter afbreekrisico kan ontstaan van kwaliteitsverlies, hoge kosten in aanvullende voorzieningen in de detailfase en verlies aan vertrouwen tussen belanghebbenden.

Op basis van de beoordeling is gekomen tot een resterend 5-tal varianten.

Vergelijken en ontwikkelen van de 5 tunnelvarianten
De veiligheids/scenario analyses in deze fase dienen vooral de vergelijking tussen de vijf overgebleven tunnelvarianten en het integreren van veiligheid in het ontwerp. Een scenarioanalyse is gebruikt om de vijf tunnelvarianten onderling te vergelijken vanuit de optiek van integrale veiligheid en daarbij een eerste globale inschatting te maken van benodigde veiligheidsmaatregelen.

Het gaat hierbij niet alleen om voorzieningen in de tunnel, maar ook om de combinatie van tunnel en ondergronds station en voorzieningen van zelfredzaamheid en hulpverlening bij problemen om het stationsplein buiten, i.v.m. massaliteit en toegankelijkheid. Voorlopige eisen zijn onder meer vastgelegd in “Beveiligingsconcept, Werkgroep Integrale Veiligheid Spoorzone Delft; juli 2001”en in: “Uitgangspunten Interne Veiligheid 4-sporigheid Rijswijk – Delft, Railinfrabeheer; juli 2002. De normstelling voor reizigersveiligheid (individueel risico) is vastgelegd in de kadernota Railveiligheid. Bovenstaande vormde de basis voor het ontwerp van de spoortunnel.
De globale weergave van de 5 varianten is opgenomen in bijlage 1. varianten

Taakstelling scenarioanalyse
De analyses richten zich met name op de vraag of de interne veiligheid, sociale veiligheid en zaken als zelfredzaamheid en hulpverlening een onderscheidende factoren vormen voor de keuze tussen de korte en de lange tunnelvariant. Daarnaast maakt de globale analyse het mogelijk om een eerste inschatting te maken van benodigde veiligheidsmaatregelen.

Variant 7a B(ovengronds) W(est): deze variant betreft de korte hooggelegen tunnel met de ov-knoop op de Irenetunnel, gelegen op het bestaande tracé;

Variant 12a Z(uid) W(est): een lange tunnel beginnend juist voor de Abtswoudseweg, hooggelegen op het bestaande tracé in combinatie met een OV-knoop aan de zuidzijde ter hoogte van de Irenetunnel;

Variant 12a N(oord) W(est): een lange tunnel beginnend juist voor de Abtswoudseweg, hooggelegen op het bestaande tracé in combinatie met een OV-knoop aan de noordzijde, georiënteerd op de Binnenwatersloot;

Variant 12b N(oord) O(ost): een lange tunnel beginnend juist voor de Abtswoudseweg, hooggelegen op het oostelijke tracé in combinatie met een OV-knoop georiënteerd op de Binnenwatersloot;

Variant 12b Z(uid) O(ost): een lange tunnel beginnend juist voor de Abtswoudseweg, hooggelegen op het oostelijke tracé in combinatie met een OV-knoop aan de zuidzijde ter hoogte van de Irenetunnel.

3.2 Aanpak scenarioanalyse: beschrijving van de methode

3.2.1 Definitie van scenario

Onder scenario's wordt hier verstaan:

> 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. Scenario's zijn opgebouwd uit een aantal elementen die met elkaar beschrijven hoe een gebeurtenis zich in de tijd kan ontwikkelen. Als zodanig geven zij mogelijke beschrijvingen van een aantal ongevalprocessen die kenmerkend zijn voor het ontwerp, de uitvoering en de praktijk van de veiligheidszorg en –borg.

3.2.2 Kenmerken van de scenarioanalyse

Kenmerkend voor een scenarioanalyse is dat de effecten slechts voor een beperkt aantal scenario's geanalyseerd worden en dat kansen buiten beschouwing worden gelaten. Aan de hand van de analyse van beheersbaarheid van ongevalprocessen wordt het voorzieningenniveau van de tunnel nader gespecificeerd. Ook kunnen aanvullende eisen en wensen met betrekking tot zelfredzaamheid en hulpverlening worden geformuleerd. De scenario's vormen tevens een communicatiemiddel tussen betrokken partijen waarin overeenstemming kan worden bereikt op vragen, zoals: Is voor elk van de partijen op afdoende wijze in de veiligheid voorzien?; zijn daartoe aanvullende maatregelen vereist? en: stelt het de partijen in staat tot het aangeven van een voorkeursvariant voor de verdere uitwerking?

De scenarioanalyse is een procesanalyse. Het gaat niet zozeer om het stellen van eisen aan afzonderlijke onderdelen van de tunnel, maar vooral ook om een optimalisatie van het gehele proces, inclusief organisatie en hulpverlening. Dit betekent ook dat een dergelijke analyse idealiter niet eenmalig wordt uitgevoerd, maar op verschillende momenten in het proces toegepast zou moeten worden. Veiligheid omvat alle levensfasen van een object: de ontwerpfase, de bouwfase en gebruiksfase.

Vooralsnog is de analyse kwalitatief en beschrijvend. In een latere fase van uitwerking van de voorkeursvariant zal er sprake kunnen zijn van verfijning en in beperkte mate kwantificering. Dan ook is het mogelijk meer in detail in te gaan op kostenoverwegingen die bij het doorvoeren van detailoplossingen in de afweging aan de orde komen (zie ook hoofdstuk 5).

3.2.3 Eisen aan scenario's

De belangrijkste eisen aan de scenario's zijn:

- Maatgevend. Er moet sprake zijn van een zekere, aanzienlijke omvang die een oordeel over aanvaardbaarheid mogelijk maakt
- Realiteitswaarde. De gebeurtenissen moeten voorstelbaar zijn en eventueel herkenbaar op grond van casuïstiek van vergelijkbare objecten.
- Onderscheidendheid. De scenario's dragen bij aan het maken van een beargumenteerde waardering en eventueel voor één van de varianten.
- Beschrijvend. In de fase van variantenselectie staat het maatgevende gevolg centraal. In een uitwerking richt de aandacht zich op de meervoudige oorzaken teneinde deze tijdig en afdoende te ondervangen.

3.2.4 Selectie van de scenario's

Een maatgevend scenario is een beschrijving van een reeks voorvallen die met elkaar leiden tot een gebeurtenis die je te allen tijde wil voorkomen. Het gaat niet om het 'aanjagen van angst' of het verzinnen van een zo groot mogelijk ongeval, maar om het vastleggen van de ontwerpbeslissingen die de voorvallen of hun samenhang kunnen voorkomen. Daarbij gaan we ervan uit dat reeds in het ontwerp aanwezige veiligheidsmaatregelen kunnen falen. Dit houdt in dat uit alle mogelijke wijzen van falen maatgevende scenario's worden geselecteerd. Het gaat om combinaties van weinig voorkomende gebeurtenissen. De bepaling van wat maatgevend is ligt bij deskundigen die de redelijkheid en geloofwaardigheid moeten aanreiken, zodat betrokkenen in de besluitvorming zich hier een gewogen oordeel over kunnen vormen.

Het selecteren van maatgevend scenario's spreekt niet vanzelf. Factoren die de selectie van scenario's bemoeilijken, zijn onder meer:

- We spreken over een (nog) niet bestaande complexe situatie waar veel elementen en factoren een rol spelen;
- De locatiespecifieke context speelt een belangrijke rol. Deze context is nog in beweging en niet in al zijn details bekend;
- Er bestaat geen historische database met specifieke ongevals- en incidentgegevens met betrekking tot die situatie.

De scenario's zijn geselecteerd op basis van:

1. ***Gebleken gebreken' – 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, etc. In de praktijk zijn gebeurtenissen voorgevallen die reeds tot onaanvaardbare veiligheidssituaties hebben geleid. Hoewel deze gebeurtenissen onrealistisch in theorie en onwaarschijnlijk laag in kans leken, hebben ze geleid tot grote gevolgen en waren ze zodanig breed dat een scala aan voorzieningen getoetst kon worden.
2. ***Brede analyse***, waarbij de verschillende aspecten van veiligheid zijn onderscheiden. Deze moeten herkenbaar aanwezig zijn in de scenario's. De verschillende aspecten van veiligheid (interne veiligheid, externe veiligheid, sociale veiligheid, verkeersveiligheid, zelfredzaamheid en hulpverlening) moeten herkenbaar aanwezig zijn in de scenario's. Bijvoorbeeld: interne veiligheid: met name in scenario 1 en 2 en

4; externe veiligheid: met name in scenario 2; sociale veiligheid: met name in scenario 3; verkeersveiligheid: met name in scenario 3; capaciteit hulpverlening: met name in scenario 5.

3. ***Het combineren van relevante elementen, namelijk: gevaren, bouwelementen, functies, ongevalstype en omgevingskenmerken.***

   Het combineren van relevante elementen, namelijk: gevaren, bouwelementen, functies, ongevalstype en omgevingskenmerken.

   De scenario's zijn opgebouwd uit de volgende elementen

   Gevaren. De Spoorzone Delft kan in principe aan de volgende gevaren bloot komen te staan: botsing/ontsporing (vrijkomen van kinetische energie), brand (vrijkomen van hitte, rook en warmtestraling), ontploffing (door ongeval of aanslag), gevaarlijke stoffen (chemisch, biologisch, straling), overstroming (inundatie tunnel en stationsomgeving), instorting (bezwijken van de constructie), elektrocutie (kortsluiting, waaronder spoortractie), molest, overlast, ongerief (beleving, diefstal en geweld).

   Bouwelementen. De bouwelementen bezitten kenmerkende eigenschappen die de veiligheid in algemene zin bepalen. De voor de veiligheid onderscheidende kritische, generieke bouwelementen zijn vastgesteld (zie Bijlage 1). De bouwelementen staan ook in wisselwerking met andere bouwelementen en met de planomgeving.

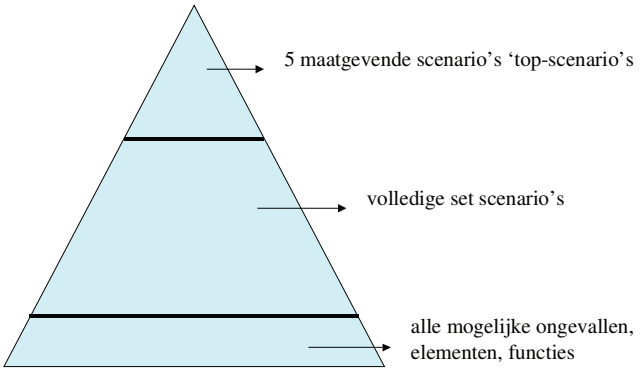
   Functies. Aan de bouwelementen worden één of meerdere functies toegekend, die eisen stellen aan de constructie en vormgeving en daarmee het voorziene gebruik van die bouwelementen in de praktijk vastleggen Bijlage 1 bevat een overzicht van functies per bouwelement. Functies kunnen meervoudig gebruik tot gevolg hebben waarbij een strijdigheid t.a.v. de veiligheid kan optreden.

   Ongevalstype. In het gebruik kunnen zich ongevallen voordoen, die te onderscheiden zijn naar een beperkt aantal kenmerkende typen. Deze ongevallen kunnen velerlei oorzaken hebben en zich al dan niet snel ontwikkelen. De ongevallen kunnen representatief zijn voor ketens van gebeurtenissen die uiteindelijk tot een grootschalig incident aanleiding kunnen geven. Ongevallen kunnen in de tijd een plotseling verloop kennen, waarbij zich instantaan een groot ongeval voordoet, zoals een ontploffing, maar ze kunnen zich ook geleidelijk ontwikkelen omdat de waarborgen ontbreken die er voor zorgen dat een klein incident niet tot een ramp uitgroeit. Kleinschaliger ongevallen kunnen ook zodanig frequent voorkomen dat het uiteindelijke effect is dat uit vele kleine ongevallen en incidenten een groot veiligheidsvraagstuk ontstaat.

   Omgevingskenmerken. Scenario's onderscheiden niet alleen de veiligheidskarakteristieken van de planvarianten zelf, maar ook de wijze waarop zij met de planomgeving in wisselwerking kunnen staan. Voor de uiteindelijke veiligheid kan het mogelijke 'onheil van buiten' van belang zijn. Ook deze invloeden dragen bij aan de scenario elementen.

Kanttekening bij de derde invalshoek is dat het combineren van al deze elementen leidt tot een bijna oneindige opsomming van mogelijkheden: de brede basis van de piramide (zie figuur). In combinatie met vijf ontwerpvarianten levert dit een onwerkbare hoeveelheid informatie op. Uit de combinaties van elementen zijn in deze fase van variant-selectie alleen de maatgevende scenario's interessant. In deze fase ligt daarom de

nadruk op de mogelijke omvang van de gevolgen en de mogelijkheid door ontwerpverbeteringen in het verloop in te grijpen.



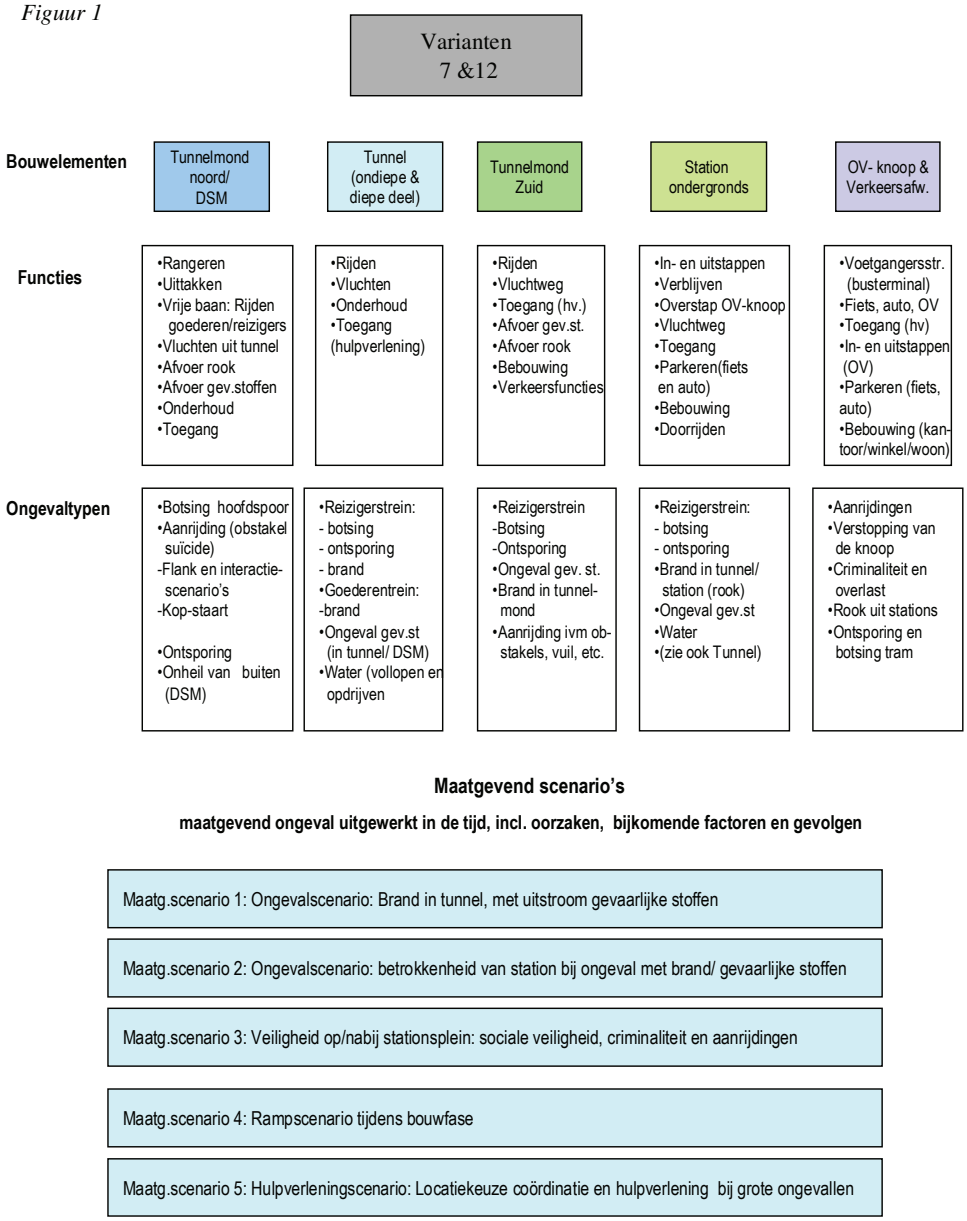
In deze fase van het proces staat het maatgevende gevolg centraal. In een uitwerking richt de aandacht zich op de meervoudige oorzaken teneinde deze tijdig en afdoende te ondervangen.

Ook is de selectie van de uiteindelijke scenario's is sterk beïnvloed door de eis dat ze onderscheidend zijn voor de verschillende varianten. Dit leidde ertoe dat de scenario's zich met name richten op veiligheidsaspecten die te maken hebben met de tunnellengte, positie van het station (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 de 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;
- stationsgebied kent geen gescheiden kokers;
- gelijktijdigheid van goederenvervoer en reizigersvervoer.

Zie figuur 1 voor een overzicht van de overwegingen.

Figuur 1



3.3 Beschrijving van de geselecteerde scenario's

Uiteindelijk zijn vijf maatgevende scenario's opgesteld waaraan de tunnelvarianten zijn getoetst. De vijf scenario's bestaan uit: 2 spoorscenario's (ramp in tunnel, tunnelmonden

en station), 1 scenario gericht op sociale veiligheid en verkeersveiligheid (stationsplein, OV-knoop etc), 1 scenario gericht op de hulpverlening en stedelijke omgeving en 1 scenario m.b.t. risico's gedurende de bouwfase. Hieronder zijn de scenario's beschreven.

Scenario 1 Brand in stilstaande personentrein: grootschalige ontruiming van de tunnel

Bij dit scenario gaat het om zelfredzaamheid en de inzet van hulpverlening. Vanwege de uitslaande brand en rook in de tunnel staat een snelle evacuatie van reizigers voorop.
Relevante elementen en functies zijn hier met name:

1. Tunnel (lang-kort); met functies: lengte, diepte, vluchtweg (m.b.t. de inwendige doorsnede is gekozen voor het principe van vluchten naar de veilige en treinvrij gemaakte tunnelbuis (in langsrichting)). Ongevaltype: worst case: grote brand.
2. Tunnelmond Noord / relatie DSM; met functies: vluchten uit tunnel, afvoer rook, toegankelijkheid

Verloop van het scenario

- Een personentrein komt op een avond in het midden van de tunnel ten gevolge van brand tot stilstand. De brand is ontstaan in één van de wagonnen en breidt zich binnen enkele minuten uit tot andere treinstellen.
- Ongeveer 2000 reizigers willen de rijtuigen verlaten en paniek breekt uit. De deuren van de trein worden geopend.
- De reizigers, waarvan een deel reeds ademhalingsproblemen heeft en gedesoriënteerd is geraakt, proberen de tunnel in de langsrichting te verlaten.
- Om in de naastgelegen tunnelbuis te komen, moeten de deuren bij de doorgangen geopend worden. Deze deuren worden centraal ontgrendeld; ze blijven nog minutenlang dicht.
- Uiteindelijk gaat het overgrote deel van de stroom mensen lopend over spoor en balast van de naastgelegen tunnelbuis de richting waaruit men gekomen is.
- De meeste personen verlaten uiteindelijk de tunnel via de Noordelijke monding en komen midden in de DSM vestiging terecht. Het terrein is op dat moment vrijwel uitgestorven en biedt geen zicht op hulp (hekken van het terrein zijn dicht).
- Een klein deel van de personen vlucht tegen de rook in, in de richting van het ondergrondse station.
- Een doorgaande trein in de naastgelegen tunnelbuis kan niet tijdig stoppen voor vluchtende reizigers. Het waarschuwings- en communicatiesysteem is hiervoor blijkbaar niet sluitend.

Scenario 2 Botsing van goederen en personentreinen op het station: gevaarlijke stoffen komen vrij

Bij dit scenario gaat het om de uitbreiding van het ongeval naar de perrons (wachtende reizigers) en het station. Daarnaast speelt ook hier een snelle evacuatie van reizigers en de toegankelijkheid voor hulpverlening een belangrijke rol. Relevante elementen en functies zijn hier met name:

1. Station (ondergronds-bovengronds); met functies: uitstappen, instappen, verblijven, overstap OV-knoop. Ongevalstype: botsing reizigerstrein, brand in tunnel/station (rook), brand in tunnelmond.

2. Tunnelmond Zuid; met functies: vluchtweg, afvoer rook/gevaarlijke stoffen, bebouwing;. Ongevaltype: botsing reizigerstrein, brand in tunnel/station (rook), brand in tunnelmond.

Verloop van het scenario

- Incidenteel wordt de tunnel gebruikt voor het vervoer van gevaarlijke stoffen. Eén van de containers gevuld met gevaarlijke stoffen is gekanteld en ligt op het naastliggend spoor.
- Door het grote aantal treinen dat over dit stuk spoor rijdt bereikt een reizigerstrein van Amsterdam naar Parijs (die met dienstsnelheid de tunnel inrijdt) de plaats des onheil binnen 2 minuten.
- De schade is groot en er vindt grootschalig verlies van gevaarlijke lading plaats. Er breekt al snel brand uit.
- De wachtende reizigers (op perrons en stations) raken bij het ongeval betrokken (o.a. door inademing van rook)..

Scenario 3 Criminaliteit en verkeersongevallen op en rond stationsplein (verkeers-omgeving bovengronds)

Bij dit scenario gaat het om de interactie tussen station, OV-knoop en verkeersomgeving. Het gaat hierbij vooral om sociale veiligheid en verkeersveiligheid. Relevante elementen en functies zijn hier met name:

1. Station (ondergronds-bovengronds); met functies: uitstappen, instappen, verblijven. Ongevalstype: criminaliteit en overlast.
2. OV-knoop; met functies: overstap, voetgangersstromen, OV (bus, tram). Ongevalstype: criminaliteit en overlast, aanrijdingen, verstoppingen, ontsporing en botsing tram.
3. Stationsplein: verkeersafwikkeling en verkeersstromen, met: fiets, auto (doorgaand en lokaal), taxi. Ongevalstype: criminaliteit en overlast, aanrijdingen, verstoppingen
4. Parkeren, van fiets en auto. Ongevalstype: criminaliteit en overlast

Verloop van het scenario

- De verkeersstromen trekken sterk aan: de aantallen passagiers en overstapbewegingen zijn aan hun maximum capaciteit gekomen.
- De aansluiting van het stationsplein op de omringende verkeersaders, in het bijzonder de Oos-West hoofdroute en de aansluiting op de binnenstad en TU wijk staan zeer regelmatig dicht. Tijdens piekuren leidt de drukke verkeersafwikkeling ertoe dat er vele aanrijdingen op het stationsplein plaats vinden, voornamelijk tussen voetgangers en motorvoertuigen.
- De routering van verkeersstromen en de plaatsing van de parkeergarages ten opzichte van kantoren, winkels en station zijn door de verkeersintensiteit en vele verstoringen onoverzichtelijk.
- Het gebruikersklimaat verslechtert, vooral in de avonden. Er is regelmatig sprake van overlast van criminele jongeren. Extra surveillance lost weinig op en is relatief duur.

De twee eerstgenoemde punten verwijzen naar het bereiken van de maximale capaciteit: de maximale belasting. De twee daaropvolgende punten verwijzen naar de beheersing van de capaciteit, vooral in stille avonduren met minimale bezetting. Beide zijn risico-items.

Scenario 4 Veiligheid gedurende bouwfase

Bij dit scenario gaat het om complicaties van de bouwfase voor de openbare orde en veiligheid. Zelfredzaamheid en toegankelijkheid voor de hulpverlening speelt hierbij een belangrijke rol. De bouwactiviteiten duren ca 5 jaar. Relevante elementen en functies zijn hier met name:

1. Tunnel (lang-kort)
2. Station (ondergronds-bovengronds), met functies: uitstappen, instappen, verblijven,
3. OV-knoop, met functies: overstap, voetgangersstromen, OV (bus, tram).
4. Verkeersstromen, met: fiets, auto (doorgaand en kiss & ride), taxi.
5. Parkeren, van fiets en auto.
6. Tunnelmond Zuid.

Verloop van het scenario

- De oplevering van de Spoorzone komt in zicht. Met het jaarlijkse bluesfestival zijn echter problemen ontstaan. Door het grote aantal populaire artiesten is de toestroom vele malen groter dan in andere jaren.
- Op de avond van het festival ontstaat op het noodperron een grote drukte.
- De treinenloop raakt in de war en de capaciteit schiet door de enkele buis schromelijk tekort. De perrons zijn erg vol. Er is een valpartij op de noodtrap. Steeds meer omstanders gaan kijken wat er aan de hand is. Er zijn gewonden en er ontstaat paniek.
- De brandweer blijkt niet op de hoogte gebracht te zijn van de recente wijziging in de routering van de passagiersstroom. Dit bemoeilijkt de hulpverlening.
- De verkeerssituatie rond het station loopt vast.
- Dit bemoeilijkt de hulpverlening verder, waardoor paniek op trappen en perrons ontstaat en de GGD en politie de situatie niet meer onder controle hebben.

Scenario 5 Belemmerde toegang hulpverlening

Bij dit scenario gaat het om de fysieke toegankelijkheid en kunnen functioneren van hulpverleningsdiensten bij grootschalige incidenten in en nabij de tunnel. Relevante elementen en functies zijn hier met name:

1. Omgeving en verkeersomgeving
2. Tunnel (lang-kort)
3. Station (ondergronds-bovengronds); met functies: uitstappen, instappen, verblijven,
4. OV-knoop; met functies: overstap, voetgangersstromen, OV

Verloop van het scenario

- Ondanks dat de Brandweerkazerne, het Politiebureau en de uitruklocatie van de GGD-ambulances zeer dichtbij liggen, is door de drukke verkeerssituatie en de compacte bouw de directe stationsomgeving moeilijk bereikbaar voor het zware hulpverleningsmateriaal omdat er vaak evenementen in de stationsomgeving plaatsvinden.
- De Brandweer ziet zich geconfronteerd met een uitslaande brand in de compacte kantoorgebouwen boven het station. Door de drukte is een deel van de bluswatervoorziening onbereikbaar.
- De vluchtwegen op het station voor de aanwezige treinpassagiers, bezoekers van de winkels en bewoners raken snel verstopt.

- De locatie blijkt voor de Brandweer onbereikbaar. De brand breidt zich uit door openstaande ramen en deuren en opslag in de gangen, waardoor de brand zich uitbreidt naar de nabijgelegen parkeergarages.
- Door een aantal explosies in de ondergrondse garages stort een deel van het parkeerdak in
- Zware rookwolken met mogelijk giftige componenten drijven vanuit de tunnel naar het Westen. Het benedenwindse gebied moet uit voorzorg worden ontruimd, waaronder de commandocentra in brandweerkazerne en politiebureau.

3.4 Resultaat van de scenarioanalyse

3.4.1 Algemeen

De ontwerpvarianten zijn tegen de maatgevende scenario's afgezet met de volgende vragen:

1. Zijn de varianten bestand tegen het doorlopen van de gebeurtenissen zoals die in de maatgevende scenario's worden beschreven. Leidt dit tot een belangrijk onderscheid vanuit de optiek van veiligheid?
2. Wat is het gevolg als de in de varianten voorziene maatregelen en functies falen? Op welke wijze is in de veiligheid verder te voorzien door aanvullende ontwerpmaatregelen? Kan dit in het verdere detailontwerp worden meegenomen
3. Zijn er op grond van de maatgevende scenario's nieuwe mogelijkheden aan te geven die tot een wezenlijke verbetering van de veiligheid kunnen leiden? Tot welke beslissingen zou dit leiden in het aanpassen van de varianten?

Het accent ligt hierbij bij de eerste vraag. Bij de resultaten van de toetsing is een onderscheid gemaakt in generieke en specifieke veiligheidsknelpunten.
Daarnaast is het in deze fase de bedoeling de ontwerpvarianten zodanig te beïnvloeden dat veiligheidsmaatregelen kunnen worden aangevuld, gecombineerd of herschikt om tot een zo hoog mogelijk veiligheidsniveau te leiden.

3.4.2 Uitkomsten van de scenarioanalyse

Onafhankelijk van de varianten zijn bij interne veiligheid de volgende generieke knelpunten te constateren:

- <u>De tunnelmond Noord</u>. Deze ligt ter hoogte van het DSM terrein. De wisselwerking tussen een chemisch concern en de tunnelmond kan negatief uitwerken voor de veiligheid, in het bijzonder de relatie naar het intakken van het raccordement van DSM op het hoofdspoor en het uitmonden van de vluchtweg in het concern wanneer de passagiers in langsrichting de tunnel aan de Noordzijde moeten verlaten.
- <u>De spoortunnel vanaf de Noordelijke toegang tot en met het station</u>. 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 moet worden vastgesteld of en waar eventueel aanvullende stijgpunten dienen te worden ingepast. Aan de zuidzijde is een station, ondergronds dan wel bovengronds. Dit kan voor de veiligheid een ongewenste wisselwerking

opleveren door vluchtroutes, uitstroming van gassen, rook of hitte. 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.

- De rol van het station als onderdeel van de vluchtroutes is voor de lange tunnelvarianten 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 van de OV-knoop. Goede zichtlijnen zijn van belang voor oriëntatie en sociale veiligheid. Korte looplijnen zijn van belang voor het reizigerscomfort, maar bovenal een heldere, leesbare ruimte is aantrekkelijk voor de reiziger.

3.4.3 Onderlinge vergelijking alternatieven

Onderstaande tabel geeft een beknopt overzicht van de veiligheidsitems per variant beoordeeld aan de hand van de vijf scenario's die eerder zijn omschreven. Om de varianten onderling te vergelijken is gekeken naar systeemkenmerken en conceptuele keuzes en niet zozeer naar afzonderlijke veiligheidsmaatregelen.

Tabel . Onderlinge vergelijking van de alternatieven (- = negatief aspect; + = positief aspect, o = neutraal)

Beoordelingscriterium	LWN12a	LON12b	LWZ12a	LOZ12b	KWB7a
Ontruiming van de tunnel (scenario 1)	--	-	-	-	+
Botsing treinen op station (scenario 2)	--	-	-	-	+
Stationsplein & omgeving (scenario 3)	-	-	-	-	+
Veiligheid in bouwfase (scenario 4)					
Belemmerde toegang hulpverlening bij rampenbestrijding (scenario 5)	-	-	o	o	+
Totaal	--	-	-	-	+

Bij scenario 1 scoort de korte tunnel (KWB) beter op zelfredzaamheid en hulpverlening, vanwege de korte vluchtafstanden en de maaiveldoriëntatie van het station (de perrons). De overige varianten hebben een langere vluchtroute en zijn moeilijker toegankelijk. In alle gevallen, maar zeker ook voor de lange tunnels kan de situatie verbeterd worden door gebruikmaking van enkele aanvullende verticale vluchtmogelijkheden. Variant LNW scoort het slechtst vanwege de zijperrons, die de ruimte voor vluchten en zelfredzaamheid beperken. De overige varianten hebben eilandperrons.

Ook in scenario 2 scoort de korte tunnel beter op zelfredzaamheid (vanwege korter en hogere ligging), en hulpverlening (vanwege goede wisselwerking tunnelmond Zuid en station). De OV-knoop blijkt een onderscheidend element te zijn. De compactheid van de

OV-knoop verschilt aanzienlijk per variant. Het koppelen dan wel scheiden van functies blijkt een behoorlijke invloed te hebben op de veiligheid. De sociale veiligheid wordt beïnvloed oor de lengte van de looproutes van en naar parkeergarage, fietsenstalling en overstapvoorzieningen voor tram en bus.

In scenario 3 komt naar voren dat bij de noordelijke varianten er langere looproutes en minder overzichtelijke verkeersbewegingen ontstaan.

In scenario 5 blijkt dat bij de lange tunnelvarianten de toegankelijkheid van de hulpverlening onder druk staat vanwege de ligging van de hulpverleningsdiensten t.o.v. het station (potentieel rampgebied). Vanwege de hoge compactheid rond de tunnels met een noordelijk station scoren deze lager dan de zuidelijke varianten. In de tunnels met een zuidelijk station speelt een rol dat de afstand tot de bebouwing rondom het station vrij klein is en dat (brand in) naastgelegen parkeergarages mogelijk een bedreiging vormt.

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 slechter dan de alternatieven met een korte tunnel[1]. Dit vanwege de ongunstige interactie met de ondergrondse perrons en vanwege de lengte van de tunnel.
Door allerlei (ontwerp)maatregelen te treffen en de tunnel qua veiligheid te optimaliseren wordt de interne veiligheid positief beïnvloed. Dit zal in feite een deel van de verschillen tussen de tunnelalternatieven wegnemen. Uiteindelijk scoort de lange tunnel negatiever dan de korte tunnel, met name vanwege de ongunstige interactie met de ondergrondse perrons en (minder) vanwege de lengte van de tunnel.

3.4.4 Optimalisatie mogelijkheden

In beide situaties is in relatie tot evacuatie en hulpverlening sprake van relatief lange tunnels. Uitgangspunt is derhalve dat de vluchtsituatie en toetreding van de hulpverlening voor beide varianten op gelijkwaardige wijze wordt vormgegeven. Hierbij dient de vluchtafstand beperkt te blijven.
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 zich in de langsrichting van de tunnel voltrekt. Dit kan worden aangevuld met verticale vluchtmogelijkheden, bijvoorbeeld via nabijgelegen parkeergarages en nabij tunnelmonden.
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.

Uit de scenarioanalyse komt naar voren dat tunnelvariant KWZ, de korte tunnel met bovengronds station, vanuit interne veiligheid de meest positieve beoordeling krijgt. Op

---

[1] Het onderscheid tussen de lange tunnel-alternatieven onderling (bijvoorbeeld LWN negatievere score) valt weg in deze globale vergelijking ten opzichte van de referentiesituatie en de korte tunnel-alternatieven.

grond van interne veiligheid scoort de tunnel goed vanwege de ligging van het station (perrons) op het maaiveld en de hoge mate van zelfredzaamheid.
De lange tunnels 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 (lange tunnelvarianten) 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 enkele duizenden. De installaties en vluchtsituaties in de stations zijn voor de varianten, bij aanwezigheid van adequate rook- en warmteafvoer installaties niet sterk onderscheidend. Wat betreft zelfredzaamheid, bereikbaarheid voor hulpverlening en verkeersontsluiting scoren van de lange tunnels de Zuidelijke varianten (LWZ en LOZ) beter dan de Noordelijke varianten (LWN en LON). Dit hangt samen met de hoge compactheid van de Noordelijke varianten.

3.4.5 Eindbeoordeling en voorkeursvolgorde

De scenarioanalyse spreekt zich uit over maximaal mogelijke gevolgen. Er is geen reden om aan te nemen dat met de huidige stand van zaken en kennis één of meer van de tunnels bij voorbaat niet zal kunnen voldoen aan de veiligheidseisen.
Uit de scenarioanalyse die hierboven beschreven is, komt naar voren dat tunnelvariant 7a BW, de korte tunnel met bovengronds station, vanuit veiligheid de voorkeursvariant is.
Op grond van interne veiligheid scoort de korte tunnel goed, vanwege de ligging op het maaiveld en hoge mate van zelfredzaamheid. Ook op grond van de functie *OV-knoop en sociale veiligheid* is de korte tunnel (variant 7aBW) de voorkeursvariant. Deze variant heeft een geïntegreerde compacte OV-knoop van trein, tram, bus en fiets. Het koppelen en scheiden van functies heeft invloed op met name de sociale veiligheid. De korte tunnel scoort daarnaast goed op verkeersontsluiting en bereikbaarheid voor hulpverlening en is ook hier de voorkeursvariant. Wel is het zo dat de Zuidelijke tunnelmond van de korte tunnelvariant een sterkere wisselwerking met de omgeving heeft dan de lange tunnels.
Wat betreft verkeersontsluiting en bereikbaarheid voor hulpverlening scoren van de lange tunnels de Zuidelijke varianten (12aLWZ en 12bLOZ) beter op de OV-knoop en sociale veiligheid dan de Noordelijke varianten. Dit hangt vooral samen met de hoge compactheid van de Noordelijke varianten.

Voorkeursvolgorde is: variant 7aBW, 12aWZ, 12bOZ en daarna de overige twee varianten. Bij alle varianten zijn verbeteringsmogelijkheden denkbaar. Bij alle bestudeerde varianten zijn nog vragen en onzekerheden die met het vorderen van het proces nader ingevuld moeten worden. Dan pas kan in een vervolgstap de analyse een niveau dieper gaan en kan ingezoomd worden op concrete veiligheidsvoorzieningen.

4 ALARATOETS VAN DE MAATREGELENPAKKETTEN

4.1 Kwalitatieve analyse maatregelpakketten

In het kader van het definiëren en kiezen van een evenwichtige pakket aan maatregelen is een kwalitatieve scenarioanalyse uitgevoerd naar de benodigde beveiliging van de tunnel, mede in relatie met het vervoer van gevaarlijke stoffen (zie vorige hoofdstuk). Deze kwalitatieve analyse kan gezien worden als complementair aan de verschillende kwantitatieve beschouwingen.
Een tweetal vragen staat hier centraal:
- is het verschil in de beide vervoersscenario's voor gevaarlijke stoffen (huidig gebruik versus gebruik categorie 3a) van invloed is op de te kiezen maatregelpakketten, en
- In hoeverre er onderscheid is tussen de maatregelpakketten voor de lange en korte tunnel.

Doel is een goed in zicht te verkrijgen in de noodzaak en effectiviteit van maatregelen.

4.2 Scenariobeschouwing

4.2.1 Onderscheidende incidenten

In hoofdstuk 3 zijn aanpak en resultaten beschreven van een analyse van de verschillende tunnelvarianten waarbij de veiligheid integraal is beschouwd en waarbij gebruik is gemaakt van een vijftal scenario's. De volgende scenario's zijn bekeken:
scenario 1: Brand in trein en grootschalige ontruiming tunnel
scenario 2: Botsing van goederen en personentreinen op het station (met gevaarlijke stoffen)
scenario 3: Criminaliteit en verkeersongevallen op en rond stationsplein
scenario 4: Verstoring openbare orde en veiligheid tijdens de bouwfase
scenario 5: Belemmerde toegang hulpverleners bij rampenbestrijding

Geconstateerd wordt dat voor de maatregelpakketten gericht op de tunnel zelf en aangaande tunnelveiligheid met name het brandscenario in trein (scenario 1) en het incidenten met gevaarlijke stoffen (scenario 2) onderscheidend zijn. Op de uitwerking van deze hoofdscenario's wordt zodoende nader ingezoomd.

Ten aanzien van de brandscenario's dient onderscheid gemaakt te worden tussen branden in reizigerstreinen dan wel in goederentreinen. Ook de locatie van het incident in de tunnel dan wel langs het perron is bepalend voor de ontwikkeling van het scenario.

4.2.2 Deelscenario's bij scenario 1 (brand in trein) en 2 (gevaarlijke stoffen)

De volgende deelscenario's (meest bedreigend) gerelateerd aan vervoer zijn onderscheiden:
- brand in reizigerstrein (in tunnel, langs perron);
- brandincident in goederentrein;
- incident met gevaarlijke stoffen;

Botsing en ontsporing worden, voor zover zij niet leiden tot brand of vrijkomen gevaarlijke stoffen hier buiten beschouwing gelaten.
Bij een ontsporings- of botsingsincident kunnen gevaarlijke stoffen vrijkomen. Daarnaast kunnen gevaarlijke stoffen vrijkomen bij lekkende appendages.

Onderscheid wordt gemaakt tussen:
1. Brandbare vloeistoffen
2. Brandbare gassen
3. Toxische stoffen

ad 1 Brandbare vloeistoffen
Bij het vrijkomen van brandbare vloeistoffen kan brand ontstaan. Indien een brandbaar explosief damp-luchtmengsel onstaat kan ook een explosie optreden.

ad 2 Brandbare tot vloeistof verdichte gassen.
Voor de tunnels vormen incidenten met brandbaar gas ten aanzien van het vervoer van gevaarlijke stoffen een maatgevende gebeurtenis. Onderscheid wordt gemaakt tussen:
- Instantaan vrijkomen tankinhoud:
  - Vertraagde ontsteking (wolkbrand/gasexplosie)
  - Directe ontsteking (BLEVE*, in tunnel blasteffect)
- Continue uitstroming:
  - Vertraagde ontsteking (wolkbrand/gasexplosie)
  - Directe ontsteking (fakkel)

Bij uitstroming en vertraagde ontsteking kan de tunnelbuis (gedeeltelijk) gevuld zijn met gas. Indien de samenstelling van de gaswolk binnen de explosiegrenzen ligt, leidt ontsteking tot een proces van vlamvoortplanting. Afhankelijke van de omstandigheden kan dit zich ontwikkelen tot een gasexplosie (deflagratie en mogelijk detonatie).
Bij het instantaan falen van een drukketelwagen is sprake van een snelle verdamping en expansie van een deel van de tankinhoud en ontstaat altijd een zware blast (BLEVE).

ad 3 Toxische gasdispersie
Bij het vrijkomen van toxische gaswolken (instantaan of continue uitstroom) zal de tunnelkoker zich vullen en mogelijk het station en bij de tunnelmonden of overige openingen ook de omgeving bedreigd worden.

Interactiescenario's
In geval van incidenten kan sprake zijn van interactiescenario's en daarnaast van een onderlinge beïnvloeding van de afwikkeling, repressie en hulpverlening. Als voorbeeld (niet limitatief) kan genoemd worden:
- bij incidenten met toxische stoffen kunnen slachtoffers vallen in de treinen en op het perron;
- bij explosies en bij zware branden met brandbare vloeistof kunnen naastgelegen tunnelkokers bezwijken en kan het station bedreigd worden, waarbij slachtoffers onder de reizigers optreden;

- bij brandscenario's in reizigerstreinen kan de stationsomgeving bedreigd worden alsook de naastgelegen sporen;
- bij incidentscenario's dient daar sprake is van 4 sporen een incidentbeheersingsstrategie voor zowel goederen als reizigerstreinen vastgelegd te zijn om de interacties zo mogelijk te voorkomen.

Bovenstaande toont aan dat ten aanzien van interne veiligheid het vervoer van gevaarlijke stoffen in samenhang beschouwd dient te worden met het reizigersvervoer. Dit heeft onder andere plaatsgevonden in de kwantitatieve risicobeschouwingen.

Beschouwde deelscenario's
Bij de beoordeling van de maatregelpakketten is bovenstaande resumerend geschematiseerd tot een vijftal deelscenario's:

1. Brand in reizigerstrein;
2. Brand in goederentrein;
3. Zware brand met gevaarlijke stoffen (brandbare vloeistoffen of gassen);
4. Vrijkomen toxische stoffen (gasdispersie);
5. Brandscenario's met gevaarlijke stoffen en explosie tot gevolg.

4.3 Effectiviteit maatregelen

Tegen de achtergrond van de scenario beschouwing kan de effectiviteit van de maatregelen worden verkend. Hierbij wordt met name ingezoomd op de (kosten)bepalende maatregelen.

4.3.1 Zelfredzaamheid en toetreding

Basismaatregelen zelfredzaamheid
Het basisconcept van zelfredzaamheid kenmerkt zich door:

- Twee noodtrappenhuizen bij pompenkelders (onderling 800 m):
  - onder aan de noordelijke toerit
  - diepste punt nabij Binnenwatersloot
- Looppaden (1,20 m) in elke koker langs tussenwanden;
- Nooddeuren naar veilige koker om de 150 m;
- Vluchten in langsrichting veilige buis met maximale afstand van ca. 400 m naar nooduitgangen of station;

De effectiviteit van de maatregelen voor de deelscenario's is volgt beoordeeld:

- Het zelfredzaamheid-scenario zal zeer effectief moeten zijn, aangezien hulpverlening laat dan wel niet snel alle mensen kan evacueren.
- De mensen kunnen om de 150 m vluchten naar veilige naastgelegen buis (mits gegarandeerd is dat nevenspoor buiten gebruik is).
- In veilige koker moet relatief grote afstand overbrugd worden naar verticale noodtrappenhuizen en of station (maximale afstand tussen noodtrappenhuizen 800 m).
- Voor alle brandscenario's, waarbij mensen betrokken zijn, geldt dat zelfredzaamheid de eerste minuten als enige en meest effectieve maatregel geldt.

- Bij het explosiescenario's geldt eveneens dat door het faciliteren van een snelle evacuatie (mogelijk tot het moment van explosie) het aantal slachtoffers mogelijk enigszins beperkt kan worden.
- Brandbestrijding en hulpverlening van de brandweer is slechts vanuit het station en tunneleinden mogelijk dan wel op meer indirecte wijze via de noodtrappenhuizen.

Opgemerkt wordt dat procedures, waarbij afhankelijk van het incident wordt doorgereden tot buiten de tunnel of naar het station, als eerste preventief en effectief middel dienen te worden aangemerkt.

Extra maatregel: **Zelfredzaamheid plus**
In het kader van mogelijk verdere optimalisatiemogelijkheden is ook gekeken naar een verbetering van zelfredzaamheid.
Doel van de maatregel:
- Toevoeging van noodtrappenhuizen voor een meer directe evacuatie en hulpverlening. Hierdoor kan gebruik gemaakt worden van verticale vluchtmogelijkheden.

Effectiviteit van de maatregel voor deelscenario's:
- Door de vluchttrappenhuizen word de maximale vluchtafstand naar buiten beperkt tot 250 – 300 m, waarvan maximaal 150 m door de incidentkoker.
- De noodtrappenhuizen zijn wel gelegen aan de buitenzijde van beide buitenste tunnelkokers. Bij incidenten in de buitenste buizen kan zowel direct naar buiten als naar de binnenste "veilige" koker gevlucht worden.
- Ook de hulpverlening kan zodoende via de noodtrappenhuizen opereren.
- Mogelijk nadeel is de minder eenduidige structuur van het vluchtproces;

Opgemerkt wordt dat sprake is van een relatief ondiep en niet onder een waterweg gelegen tunnel. Dit biedt meer mogelijkheden om vluchttrappenhuizen op te nemen. De balans van kosten en effectiviteit (ALARA) is zodoende anders gelegen dan bij andere tunnelprojecten.

4.3.2 Ventilatie

Basismaatregelen Ventilatie
Het basispakket ontwerp:
- Tunnel: langsventilatie (stuwdruk) in elk van de tunnelkokers
- Station
  - natuurlijke trek en rookluiken voor bovengronds station (variant 7)
  - RWA-installatie voor ondergronds station (variant 12)

Tunnel
Doel van de maatregelen:
- Eenzijdige afvoer warme rookgassen ten behoeve van rookvrij vluchtproces in incidentkoker.

- Bieden van eenzijdige hitte- en rookvrije benaderingsmogelijkheid voor OHD tot nabij de brand.

Effectiviteit van de maatregel voor deelscenario's:
- Voor een brandscenario in een reizigerstrein biedt de langsventilatie uitgaande van voldoende capaciteit van de stuwluchtventilatoren eenzijdig een rook- en hittevrije vluchtroute.
- Vereist is dat de reizigers hierbij eveneens voldoende snel de trein kunnen verlaten, daar anders de effecten in de trein bepalend zijn. Dit stelt o.a. eisen aan looppaden, signalering/procedures.
- Voor een brand in een goederentrein zal de ventilatie slechts voor brandbestrijding opgestart worden.
- Bij brandincidenten met gevaarlijke stoffen zal uit oogpunt van veiligheid geen sprake zijn van OHD inzet. De ventilatie biedt in deze situaties hooguit beperking van de "benedenwindse" temperaturen.
- Bij incidenten met toxische stoffen biedt ventilatie mogelijk verbetering om de dispersie te "sturen", weg van de eventuele personen aanwezig in de tunnel en station. Wel kan het uit de tunnel blazen van toxische gassen ook grote negatieve gevolgen hebben.
- Bij explosie-gevoelige situaties is de effectiviteit van de ventilatie mogelijk slechts gelegen in een betere beheersen van de temperatuur en beperken van e brandvoortplanting in begin stadia van brand (effectiviteit en al dan niet aanwakkeren brand sterk afhankelijk van situatie).

Nadere aandachts-/knelpunten bij langsventilatie:
- Voorkomen moet worden dat rook het station wordt ingeblazen. Het van het station afblazen kan gekozen worden maar is niet altijd effectief:
  - Tegen de rijrichting en aanwezige luchtrichting ventileren vraagt een zeer lange insteltijd en is zodoende in de eerste kritieke minuten nog niet effectief;
  - Ook kan mogelijk in ongunstige situaties (bij brand in de kop of staart van de trein) rook juist met de vluchtenden mee geblazen worden hetgeen het vluchtscenario zelfs nadelig kan beïnvloeden.
- Het vastleggen van effectieve ventilatiestrategieën en procedures alsmede de noodzaak de ventilatie snel "in beweging te krijgen" is voor de station-tunnel combinatie zeer complex;
- bij overgang station komen de tunnelkokers samen en kan rookkortsluiting optreden en de "veilige" koker(s) bedreigen;

Station

Doel van de maatregelen:
- Stationsomgeving rook- en hittevrij houden:
  - bij scenario's langs perron of in station;
  - bij scenario's in tunnel ten behoeve van evacuatie via station

Effectiviteit van de maatregel voor deelscenario's:
- Deze maatregel biedt bij incidenten in het station voor kleinere branden en bij in ontwikkeling zijnde (grotere) branden een mogelijkheid de omgevingssituatie ten behoeve van het vluchtproces rook- en hittevrij te houden.

- Deze maatregel is eveneens effectief voor brandscenario's in de tunnel, waarbij het station rook- en hittevrij wordt gehouden. Zowel voor vluchtenden uit de tunnel alsook voor aanwezigen in het station is sprake van een safe haven waarlangs naar buiten gevlucht kan worden.
- De duur van effectiviteit zal bij grote branden sterk afhangen van de ontwikkelingssnelheid en intensiteit;

4.3.3 Brandbestendigheid tunnelconstructie

Basismaatregelen tunnelconstructie
Brandwerende bekleding is in het basispakket opgenomen.

Doel van de maatregel:
- Gevolgbestrijding
- Beschermen dak en wanden tegen brandinwerking.
  - beperken temperatuuropbouw (vloeien wapening en desintegratie beton);
  - beperken temperatuursgradient en mogelijke spalling (afspatten van brokstukken) beton
- Bouwbesluit vereist 120 minuten brandwerendheid (hoofddraagconstructie).

Effectiviteit van de maatregel voor deelscenario's:
- De effectiviteit van brandwerende bekleding is sterk afhankelijk van de zwaarte (duur, intensiteit, temperatuur) van het brandscenario.
- Voor de te onderscheiden scenario's worden indicatief de volgende effecten ingeschat:

Scenario	Brandlast	Effectiviteit brandwerende bekleding*
Kleine (niet volledig ontwikkelend) branden	1-10 MW	Geen constructieve schade
Brand in reizigerstrein	50 –100 MW	Schade
Brand in goederentrein (een wagon)	100–150 MW	Zware schade, geen bezwijken
Brand ketelwagen (gev. Stoffen)	300 MW	Bezwijken na 2-3 uur

* De brandduur in minuten is afhankelijk van het soort en de hoeveelheid brandstof, en de toegang tot de brand (hulpverlening).

- Brandwerende bekleding biedt voor de zware scenario's met gevaarlijke stoffen geen volledige bescherming. Na lange brandinwerking kan alsnog toch bezwijken optreden.
- Brandwerende bekleding voorkomt gedurende een groot deel van de brandduur spalling en beperkt zodoende nadelige effecten voor vluchten (voor zover temperatuur onder in tunnel nog niet letaal) en voor eventuele hulpverlening.
- Voor de zwaarte van het incident en schade zal ook het aantal wagons dat uiteindelijk bij het brandincident betrokken raakt bepalend zijn. Bij meer incidenteel vervoer zal zodoende minder kans zijn op extreme scenario's met meerdere brandende wagons.

4.3.4 Sprinkler met (brand)detectiesysteem

Basismaatregelen Sprinkler
Sprinkler vormt bij de eerste ontwerpopzet vooralsnog geen onderdeel van het basispakket.

Doel van de maatregel:
- Automatische bestrijden en beheersen van branden.
- Koelen en zodoende beperken brandvoortplanting en de kans op mogelijke "warme" BLEVE's van gasketelwagons (LPG).

Effectiviteit van de maatregel voor de deelscenario's:
- Voor brandscenario's in reizigerstreinen is de inzet van Sprinkler veelal niet effectief en zal het inschakelen van Sprinkler het evacuatieproces mogelijk aanmerkelijk kunnen verslechteren.
- Bij brandontwikkeling binnen in de treinstellen zal de Sprinkler minder effectief zijn en
- Voor brandscenario's in goederentreinen kan de Sprinkler de brand beheersen en mogelijk effectief bestrijden.
- Door Sprinkler kan de kans op het opwarmen van gasketelwagens (LPG) door vloeistofbrandincidenten en dus warme BLEVE's (explosies) worden gereduceerd;

Aandachtspunten sprinkler
- Uit oogpunt van brandbeheersing installatie met toevoeging van schuim noodzakelijk.
- Zware bluscapaciteit benodigd daar anders niet effectief.
- Ruimte benodigd voor waterkelders.
- Gepaard gaand met automatisch detectiesysteem (incident en plaatsbepaling).
- Aanzienlijk onderhoud systeem en detectie vereist om betrouwbaarheid te garanderen.

4.4 Definitie en beoordeling maatregelpakketten

4.4.1 Definitie maatregelpakketten

Gerelateerd aan de problematiek en mogelijke scenario's is op basis van de bovenstaande maatregelopties en gerelateerd aan de incidentscenario's een vijftal maatregelpakketten gedefinieerd, te weten:

1. Basispakket min:
   Een standaard maatregelpakket, waarbij via de tussendeuren naar de naastgelegen "veilige" koker wordt gevlucht en door deze koker naar de tunnelmonden c.q. het station (onderlinge afstand > 1000 m);

2. Basispakket:
   Een standaard maatregelpakket met additioneel drie noodtrappenhuizen geïntegreerd met de pompenkelders (onderlinge afstand max. 800 m), ten behoeve van een betere ontvluchting en hulpverlening;
3. Basispakket met geoptimaliseerde zelfredzaamheid:
   Een standaard maatregelpakket met vijf additionele noodtrappenhuizen, waardoor de onderlinge afstand van uitgangen en toetreding maximaal 250 - 300 m bedraagt;
4. Basispakket met additionele maatregelen gevaarlijke stoffen:
   Een standaard maatregelpakket met het additionele drietal noodtrappenhuizen van (2) en een Sprinklerinstallatie met detectie;
5. Maximaal pakket:
   Combinatie van (4) en (3).
   Eventueel toepassen: max. brandwerende bekleding

Het basispakket met additionele maatregelen gevaarlijke stoffen (4) komt overeen met het ontwerp, waarbij kostentechnisch een reservering voor eventuele toepassen van Sprinkler is gealloceerd. Een overzicht van de voorzieningen/installaties voor elk van de 5 maatregelpakketten is opgenomen in de bijlage.

4.4.2 Beoordeling maatregelpakketten

De effectiviteit van de maatregelpakketten en hiervan deel uitmakende hoofdmaatregelen zijn in onderstaande tabel beoordeeld aan de hand van de deelscenario's van brandincidenten en de verschillende incidenten met gevaarlijke stoffen. Sprake is van een beoordeling op hoofdlijnen, waarbij de prestatie van de maatregelen (en pakketten) wordt gerelateerd aan het vijftal scenario's. Gezien het specifieke karakter en verschil in prestatie van maatregelen ten aanzien van de verschillende scenario's is afgezien van een overall score.
Noot: gesproken wordt van

- variant 7 = korte tunnel met bovengrondse perrons
- variant 12= lange tunnel met ondergrondse perrons

Beoordeling maatregelpakketten	Brand		Gev. Stoffen		
	in reizigers-trein (1)	in goederen trein (2)	zeer zware brand (3)	toxisch (4)	explosie (5)
1 Basispakket min					
Zelfredzaamheid minimaal	+/++	+/++	+/++	+/++	0/+
looppaden langs tussenwand					
vluchten in langsrichting door veilige buis					
Brandblusvoorzieningen	++	+	0/+	0/+	0/+
droge blusleiding per twee tunnels					
Brandwerende bekleding	++	+/++	+	0	0
in elke tunnelkoker					
Ventilatie tunnel	++	+/++	+	0/+	0/+
langsventilatie in tunnel					
Ventilatie station	++	++	++	0	0
natuurlijke trek variant 7, RWA installatie variant 12					
2 Basispakket (referentie)					
Zelfredzaamheid basis	++	++	++	++	0/+
Drie additionele vluchtuitgangen naar mv					
maximale langsvluchtafstand 400 m					
3 Basispakket + zelfredzaamheid plus					
Zelfredzaamheid plus	++/+++	++/+++	++/+++	++/+++	0/+
Vijf additionele vluchtuitgangen naar mv					
maximale langsvluchtafstand 125-150 m					
4 Basispakket + GS maatregelen					
Sprinkler	-	++	++	0/+	+
inclusief detectie					
5 Maximaal pakket (GS en zelfred. plus)					
Zelfredzaamheid plus	++/+++	++/+++	++/+++	++/+++	0/+
Vijf additionele vluchtuitgangen naar mv					
maximale langsvluchtafstand 125-150 m					
Sprinkler	-	++	++	0/+	+
inclusief detectie					

Op basis van deze globale beoordeling kunnen de volgende punten worden genoemd:

Per maatregel:

- Een goede ondersteuning van de zelfredzaamheid is voor alle scenario's een van de meest effectieve maatregel, hetgeen eveneens geldt voor de ventilatie in het station. De stationsventilatie creëert een Safe Haven voor evacuatie.
- De ventilatie in de tunnel zal met name het evacuatieproces bij branden met reizigers dan wel bij brandsituaties in goederentreinen, waarbij indirect mensen kunnen worden betrokken, ondersteunen. Dit geldt mits de langsventilatie de situatie in het station niet juist verergert en de ventilatierichting correct ingesteld (kan) worden.
- Brandwerende bekleding is hoofdzakelijk effectief voor kleinere branden en gericht op behoud van constructieve integriteit.
- Brandblusvoorzieningen (handbediening, brandblusleiding) kunnen slechts bij kleine of niet volledig ontwikkelde branden ingezet worden en effectief zijn. Bij incidenten met gevaarlijke stoffen kan veelal niet op een veilige verantwoorde manier in de tunnel opgetreden worden door de brandweer.
- De maatregelen voor zelfredzaamheid en hulpverlening kennen een grote mate van symbiose.
- Sprinkler (in combinatie met automatische detectie) maakt brandbeheersing en bestrijding van grotere branden mogelijk en verkleint ook de kans op brandontwikkeling/uitbreiding. Sprinkler verslechtert naar verwachting bij brand in personentreinen daarentegen het evacuatieproces in de incidentbuis.

Per pakket:

- Het basis maatregelenpakket (2) biedt met name voor de reizigers reeds een belangrijke invulling van beveiliging. Sprake is namelijk van twee kokers met vluchtdeuren om de 150 m. De routes voor hulpverlening en het bereiken van de buitenlucht door de veilige koker zijn nog relatief lang.
- Het basispakket min (1) kent (ten opzichte van 2) meer beperkingen voor hulpverlening en langere vluchtroutes.
- De ondiepe ligging van de tunnel maakt dat tegen relatief lage kosten additionele vluchttrappenhuizen opgenomen kunnen worden (pakket 3), hetgeen een veiligheidsverbetering betekent (ALARA-principe). De eenduidigheid van het vluchtproces en toetreding wordt mogelijk minder daar de additionele uitgangen zich slechts aan de buitenzijde van de koker bevinden en derhalve in het vluchtproces eerder de sporen gekruist moeten worden.
- Het maatregelpakket voor gevaarlijke stoffen (4) biedt zowel voor de brandbestrijding als voor de preventie van de kans op explosie (LPG, warme BLEVE, alleen voor maximaal vervoersscenario) een veiligheidsverbetering echter tegen aanzienlijke meerkosten, terwijl daarnaast de bedrijfszekerheid en negatieve effecten voor reizigersevacuatie genoemd moeten worden.
- Maatregelpakket (5) biedt het maximale pakket en een combinatie van de effecten van (3) en (4).

4.5 Voorstel maatregelpakketten bij vervoerssituatie en tunnelvarianten

4.5.1 Maatregelpakket gerelateerd aan vervoerssituatie

Voor incidenten met gevaarlijke stoffen is een aanmerkelijk onderscheid te maken tussen scenario's behorende bij autonome groei en de zware transportscenario's volgens RNVGS-spoor:

Huidig vervoer en evt. autonome ontwikkeling:
- alleen transport ammonia (en geen ammoniak!) en zeer brandbare vloeistof;
- beperkte vervoersomvang en derhalve kleine kansen;
- (evt. mogelijkheid regulering vervoersvensters);
- brandscenario's met brandbare vloeistoffen kunnen binnen tunnel gehouden worden;
- zeer brandbare vloeistoffen kunnen tot brandscenario's en slechts indirect (kans*kans) tot explosie-incidenten leiden.

Maximale reserveringen Railned volgens RVGS-spoor categorie 3a:
- reservering houdt vervoer vrijwel alle stoffen mogelijk;
- grotere aantallen en aanmerkelijk meer type stoffen leiden tot grotere kansen op elk scenario;
- intens vervoer gevaarlijke stoffen niet te reguleren naar "stille" uren;
- zeer brandbare vloeistof van 150 tot reservering 1250 wagons per jaar;
- extra scenario's ten opzichte van huidig vervoer:
  - brandbare gassen met kans op wolkbranden/gasexplosie, fakkelbranden en BLEVE's;
  - toxische vloeistoffen

De maximale reserveringen leiden dus tot zowel een kanstoename als ook een toename in het aantal type en zwaarte van de scenario's indien vergeleken met het huidig vervoer en eventuele autonome groei.

Keuze maatregelpakket
Op basis van de behandelde overwegingen ten aanzien van effectiviteit van maatregelen wordt, afhankelijk van het vervoerscenario, het volgende maatregelpakket voorgesteld:

A: Scenario huidig vervoer GS: maatregelpakket 2
- beperkte vervoeromvang en kansen beperken absoluut risico;
- veilige tunnelomgeving beperkt ontsporingkansen;
- slechts brandbare vloeistofincidenten;
- geen kans op zware explosie-incidenten (BLEVE, LPG);
- gewenst is daarnaast het goederentransport in "stille" uren te realiseren.

Opmerking 1:
Echter, deze conclusie houdt slechts stand mits de restrisico's bij zware scenario's met brand niet tot overschrijding van de intern-groepsrisico-norm (voor reizigers) aantoont. Uit de uitgevoerde kwantitatieve risicoanalyse (zie eerder hoofdstuk) blijkt voor het

huidig vervoer of kleine autonome groei geen sprake te zijn van normoverschrijding als gevolg van zware branden, waardoor bovenstaande punten geldig blijven.

Opmerking 2:
Een verder optimalisatie van de zelfredzaamheid (zelfredzaamheid plus) is in de VER-groep ter discussie gebracht. Vanuit de hulpverleningsdiensten worden de extra uitgangen als minder eenduidigheid voor het vluchtproces en de toetreding beoordeeld en zodoende niet direct als verbetering beoordeeld. Dit heeft ertoe geleid dat de zelfredzaamheid-plus vooralsnog niet wordt verkozen. Gezien het belang van zelfredzaamheid zullen in een volgend ontwerpstadium de evacuatiescenario's in relatie hiermee nader beschouwd dienen te worden.

B: Scenario Railned reservering GS: maatregelpakket 4

- reservering voor zeer veel wagenaantallen en type stoffen, waaronder LPG en derhalve aanmerkelijke kans;
- dan veelal sprake van treinen met meerdere wagons GS per trein en derhalve toename van kans op maximale scenario's (met meerdere wagons) en ook interactie, waaronder explosiescenario's als BLEVE door brand;
- zonder maatregelen mogelijk overschrijding van groepsrisico's (intern groepsrisico voor reizigers in treinen en op perron);

Opmerking:
Deze kwalitatieve conclusie sluit aan bij de kwantitatieve berekeningen die het nut van Sprinklers voor het beheersen van het groepsrisico bij de zware vervoersscenario's aantonen.

4.5.2 Maatregelpakket gerelateerd aan tunnelvariant/lengte

Uit oogpunt van beveiligingsstrategie van de tunnel zelf zal, met uitzondering van de toenemende kosten naar rato van de tunnellengte, geen verschil in maatregelpakketten optreden.

In beide situaties is in relatie tot evacuatie en hulpverlening sprake van relatief lange tunnels. Uitgangspunt is derhalve dat de vluchtsituatie en derhalve toetreding OHD voor beide varianten op gelijkwaardige wijze, met een optimalisatie van de noodtrappenhuizen, wordt vormgegeven en de maximale vluchtafstand derhalve beperkt blijft.

Meer bepalend dan het verschil in lengte is de aanwezigheid van het station. Voor zowel het deels gesloten bovengrondse station als het ondergrondse station geldt dat de scenario's in de tunnel kunnen "uitstralen" naar de stations. Het aantal bij een incident betrokken personen kan zodoende in spitssituaties sterk oplopen tot enkele duizenden.

Aandachtspunt bij de lange tunnel met ondergrondse perrons is dat de ondergrondse ligging ertoe kan leiden dat, bij een incident in een tunnelbuis, de veiligheid in andere tunnelbuizen niet meer volledig gegarandeerd kan worden (i.v.m. verspreiding rook etc).

De installaties en vluchtsituatie in de stations (voor brandscenario's en toxische gassen) zijn voor beide varianten, *bij aanwezigheid van adequate rook- en warmteafvoer installaties* slechts deels onderscheidend. Ook het bovengrondse station zal namelijk grotendeels gesloten uitgevoerd worden. Wel is sprake van een verschil ten aanzien van explosiescenario's, waarbij de bovengrondse minder zware uitvoering van de perrons(overkapping) met name voor interne veiligheid naar verwachting tot minder zware letaliteitseffecten zal leiden.

4.6 Complementaire kwal. en kwant. conclusies t.a.v. maatregelpakketten

In het verloop van het projectproces is uit oogpunt van ontwerp- en kostenbeschouwing in eerste opzet gekozen voor een kwalitatieve bepaling van de maatregelpakketten op basis van de standaard tunnelbeveiliging van vergelijkbare projecten. Daar in Delft sprake was van een meer complexe situatie met ondergrondse perrons en combinatie van reizigersvervoer en vervoer gevaarlijke stoffen door de tunnel is het maatregelpakket in meer detail op kwalitatieve wijze beschouwd en binnen de VER-groep besproken. Dit is in bovenstaande paragrafen behandeld.

Gezien:
- de impact van de maatregelpakketten op de kostenraming;
- het bereiken van overeenstemming tussen Gemeente en Prorail in een vroeg stadium van het ontwerpproces over het beveiligingsconcept;
- de door Railned aangedragen noodzaak om transport van gevaarlijke stoffen door de tunnel mogelijk te maken;
- de noodzaak voor een tijdige toets aan de normering voor in- en externe veiligheid ten behoeve van het aantonen van de haalbaarheid;

is de kwalitatieve beschouwing van de maatregelpakketten ondersteund middels kwantitatieve berekeningen, zoals in hoofdstuk 5 zal worden behandeld.

De conclusies uit de kwantitatieve analyses verstevigen de kwalitatieve analyse en betreffen in een notendop:
- Zware branden in reizigerstreinen vragen om een basispakket van maatregelen als goede zelfredzaamheid, blusvoorzieningen, brandwerende bekleding en ventilatie.
- Het Safe Haven principe, gefaciliteerd door het station, dient centraal te staan. Belangrijke schakels hierin zijn een optimalisatie van het ventilatieconcept voor het "compartimenteren" van het incident en het beheersen en definiëren van eenduidige procedures voor de treinbeheersing en voor effectieve inzet van installaties en nemen van maatregelen in geval van incidenten.
- Bij een stand-still c.q. beperkte toename van het vervoer van gevaarlijke stoffen zal de omvang en de kan sop zware scenario's beperkt blijven en zonder additionele voorzieningen aan de normstelling t.a.v. interne veiligheid kunnen voldoen.
- Indien gekozen wordt voor zware transportscenario's voor vervoer van gevaarlijke stoffen zullen aanvullende maatregelen in de vorm van Sprinkler benodigd zijn om te kunnen voldoen aan de normstelling.

Noot:
het vinden van een balans tussen de positieve effecten van Sprinkler ten aanzien van incidenten met gevaarlijke stoffen en de eventuele risico's van het gebruik van sprinkler bij incidenten met reizigerstreinen en belemmering van het vluchtproces (zicht, stoom) vraagt in een vervolgfase nadere studie.

5 TOETSING EN NORMERING VAN DE VEILIGHEID

5.1 Veiligheidsinvalshoeken en toetsingskader

Binnen het project Spoorzone Delft is uit oogpunt van veiligheid een drietal invalshoeken te onderscheiden, te weten:
- **interne veiligheid** van de gebruikers van het vervoersysteem, ofwel het risico dat reizigers in de tunnel lopen als gevolg van o.a. falen van systemen en brandincidenten;
- veiligheid van de **reizigers** in de tunnel in relatie tot **het vervoer van gevaarlijke stoffen** door de tunnel, ofwel de risico's die reizigers lopen in geval incidenten optreden waarbij gevaarlijke stoffen zijn betrokken;
- **externe veiligheid** voor de omwonenden c.q aanwezigen buiten het systeem, ofwel de risico's die de omgeving, dus buiten het systeem, loopt bij incidenten met gevaarlijke stoffen.

Met name de tweede invalshoek is een relatief nieuw aandachtsgebied voor tunnels, dat zowel in de wetgeving als in de standaard rekenmethodieken nog slechts beperkte aandacht heeft gekregen, maar voor Delft in het kader van de besluitvorming over het toelaten van gevaarlijke stoffen nader is verkend.

Het vastleggen van de normering voor de toetsing en vergelijking van de tunnelalternatieven voor de Spoorzone Delft is gezien het ontbreken van eenduidige wetgeving op het gebied van ondergronds bouwen alsmede de ontwikkelingen ten aanzien van nieuwe op handen zijnde wetgeving complex. Dit geldt zowel voor de interne als externe veiligheid.

Voor de Spoorzone Delft zijn deze ontwikkelingen in beeld gebracht en is mede op basis van vergelijkbare projecten en de daarin gehanteerde veiligheidsaanpak én in consensus tussen Prorail en de Gemeente Delft een toetsingskader gegenereerd.

5.2 Wet en regelgeving interne veiligheid

5.2.1 Dualisme rail- en bouwregelgeving

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 prestatieveiligheidsniveau 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.

5.2.2 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 $2{,}0*10^{-10}$ 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 $1{,}5*10^{-10}$).
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 $1{,}4*10^{-10}$ per reizigers kilometer.

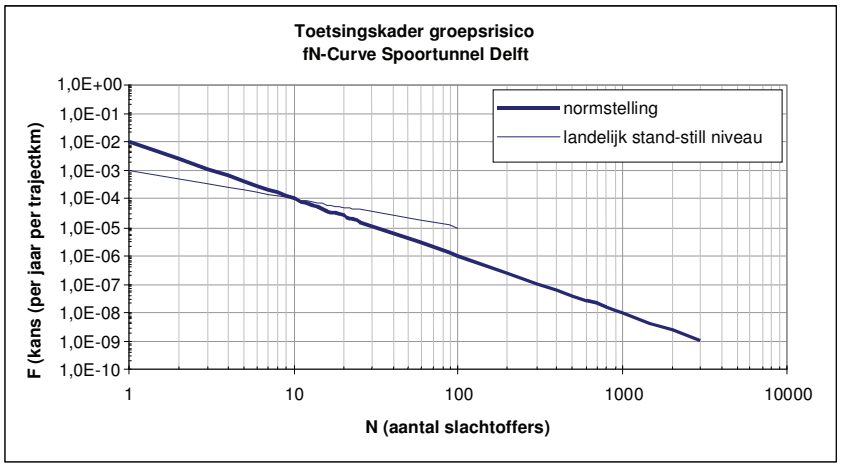
Groepsrisico
Voor het groepsrisico wordt in het 'normdocument veiligheid lightrail' de volgende norm gesteld:

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

Hierin is *N* het aantal slachtoffers.
Ingevuld voor Delft met circa $2{,}1*10^8$ reizigerskilometers per jaar en een landelijk aantal van circa $15*10^9$ 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. 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.



5.2.3 Bouwregelgeving

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.

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.

5.2.4 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 5.1. 'Normen' voor reizigersrisico van verschillende tunnelprojecten in Nederland

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

5.2.5 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. Zoals eerder behandeld kent deze wetgeving een tweetal complementaire methodieken om de veiligheid van tunnelprojecten systematisch te analyseren, te weten; scenarioanalyse en kwantitatieve risicoanalyse (QRA). Inherent aan de methodiek wordt slechts voor de QRA een kwantitatieve normering aangegeven.

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 $0,01/N^2$ per baanvakkilometer.

5.2.6 Samenvattend kader

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 5.2 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 ontwerpeisen 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.

5.3 Wet en regelgeving externe veiligheid

5.3.1 Rijksbeleid in ontwikkeling

Het beleid voor externe veiligheid van vervoer gevaarlijke stoffen kent formeel geen wettelijke status maar is door middel van de vele jurisprudentie wel als zodanig aan te merken. Het wettelijk kader is uitgekristalliseerd voor bovengrondse baanvakken. De rekenaanpak in relatie tot (afschermende werking) van tunnels is nog slechts in enkele projecten verkend en wordt voor Delft verder uitgewerkt.

Het Rijksbeleid ten aanzien van externe veiligheid is vastgelegd in een aantal documenten, zoals in onderstaande tabel gepresenteerd.

Tabel. 5.3 Algemeen overzicht beleidskader externe veiligheid

besluit/beleid	datum/orgaan	uitgangspunt/randvoorwaarde
Integrale Nota LPG	TK (1983-1984) 18 233 nrs. 1-2	risiconormen voor LPG. Rijksbeleid geformuleerd m.b.t. de risico's bij activiteiten met LPG.
Nota Risiconormering Vervoer gevaarlijke stoffen (RNVGS)	TK 1995-1996, 24 611 nrs. 1-2; TK 2000-2001, 24 611 nr. 3; TK 2001-2002 24 611 nr. 4	risiconormering voor het vervoer van gevaarlijke stoffen (PR en GR).
Handreiking externe veiligheid vervoer gevaarlijke stoffen	(1998) VNG, Instrument	het externe veiligheidsbeleid voor transport van gevaarlijke stoffen wordt uiteen gezet. Het is een praktisch vervolg op de Nota Risiconormering vervoer gevaarlijke stoffen.
NMP 4	(2001) Nota Ministerie VROM	beleidskader inzake externe veiligheid vanuit milieuperspectief.
Ontwerp-besluit vaststelling milieukwaliteitseisen voor externe veiligheid van inrichtingen	(2002) Ministerie VROM	risiconormering voor PR en GR, zonering voor inrichtingen.
RVGS-spoor	(2001-2002) Brief aan TK 24 611, nr. 4	reguleringssysteem vervoer gevaarlijke stoffen. Elk baanvak in Nederland wordt in een categorie ingedeeld, elke categorie gekenmerkt door planologische en vervoersmogelijkheden en belemmeringen die daarmee samenhangen.

De "Risiconormering vervoer gevaarlijke stoffen" en het RVGS-spoor wordt onderstaand verder in gegaan.

5.3.2 Wetgeving vervoer gevaarlijke stoffen

Voor het transport van gevaarlijke stoffen is de Wet Vervoer Gevaarlijke Stoffen (**WVGS, 1996**) de wettelijke basis voor regelgeving. Het Besluit vervoer gevaarlijke stoffen (**BVGS**) is het uitvoeringsbesluit bij deze wet.

De nota "Risiconormering vervoer gevaarlijke stoffen (**RNVGS, 1996**)" van VROM en V&W geeft aan aan welke risiconormen moet worden voldaan bij transport van gevaarlijke stoffen over een transport as. De normstelling wordt vastgelegd in de begrippen Individueel Risico (IR), momenteel plaatsgebonden risico genaamd (PR) en groepsrisico (GR). Formeel heeft het RNVGS geen wettelijke status maar er is bij ontbreken van andere wetgeving wel jurisprudentie over ontstaan.

Plaatsgebonden risico
Het plaatsgebonden risico van een bepaalde activiteit is de kans per jaar dat een persoon die continu en onbeschermd op die plaats aanwezig is, komt te overlijden als gevolg van een ongeval met die activiteit. Dit risico is weer te geven op een kaart. Plaatsen met eenzelfde risico kunnen met elkaar worden verbonden door een 'iso-risicocontour'. De grenswaarde voor plaatsgebonden risico geeft de maximaal toelaatbare kans dat een

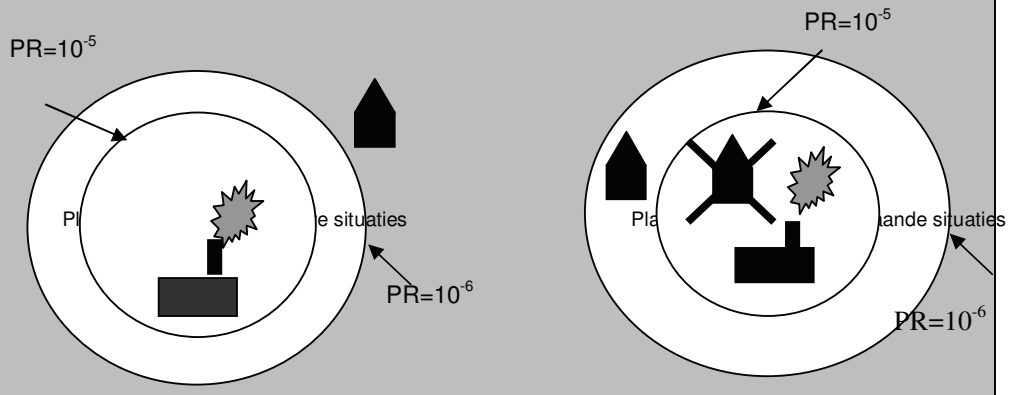
individu komt te overlijden ten gevolge van een bepaalde activiteit en wordt beschouwd als een wettelijke grenswaarde.

plaatsgebonden risico

In de onderstaande afbeelding staat het plaatsgebonden risico weergegeven voor nieuwe en een bestaande situaties. In 2010 wordt de rechter afbeelding niet meer toegestaan, alle gevaarlijke inrichtingen en transporten moeten dan aan de PR 10^{-6} contour voldoen. Met als gevolg dat er geen kwetsbare bestemmingen meer binnen de PR 10^{-6} contour aanwezig mogen zijn. In de afbeelding zijn de risicocontouren weergegeven als cirkels. Voor vervoer van gevaarlijke stoffen over het spoor geldt dezelfde systematiek, alleen zijn de cirkels in dat geval rechte lijnen, parallel aan het spoor.

PR -nieuwe situaties 10^{-6} per jaar
PR -bestaande situaties 10^{-5} per jaar

10^{-6} en 10^{-5} betekent dat de kans om in een jaar te overlijden, bij 24 uur maal 365 dagen verblijf op de betreffende locatie, maximaal één op de miljoen, respectievelijk één op de honderdduizend is. Voor transport wordt uitgegaan van het risico van 1 kilometer infrastructuur.



Plaatsgebonden risico nieuwe situaties Plaatsgebonden risico bestaande situaties

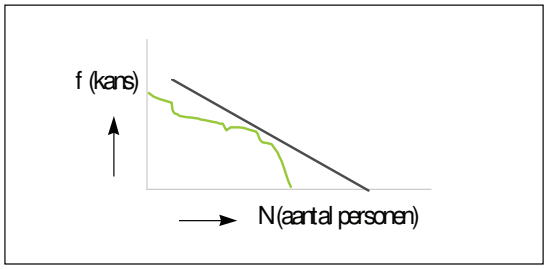
Voor het plaatsgebonden risico wordt getoetst aan een maximaal toelaatbaar niveau van 10^{-6} per jaar, dat in nieuwe situaties niet mag worden overschreden. Kwetsbare bestemmingen mogen binnen deze contour niet voorkomen. Het gaat dan om situaties waar zich personen gedurende langere tijd kunnen bevinden (woningen). Meer specifiek geldt dat:

- binnen de 10^{-5} contour zijn geen kwetsbare bestemmingen, anders dan transportinfrastructuur toegestaan;
- tussen 10^{-5} en 10^{-6} contour zijn geen kwetsbare bestemmingen toegestaan. Minder kwetsbare bestemmingen, zoals bedrijfswoningen, boerderijen, kantoren en hotels met een lage bezetting (< 50 personen), en recreatieve bestemmingen (behalve voor permanente bewoning), zijn wel toegestaan;

- buiten de 10^{-6} contour zijn alle bestemmingen toegestaan, mits wordt voldaan aan voorwaarden met betrekking tot het groepsrisico.
  Noot 1: In de normstelling voor het plaatsgebonden risico werd tot nu toe onderscheid gemaakt in bestaande en nieuwe situaties. Conform de beleidsdoelstellingen wordt dit onderscheid niet meer gemaakt en wordt de toetswaarde voor nieuwe situaties als waarde gehanteerd.

Groepsrisico
Het groepsrisico is de kans per jaar dat in één keer een groep mensen met een bepaalde omvang komt te overlijden als gevolg van een ongeval met gevaarlijke stoffen. Op dit risico is de bevolkingsdichtheid en de aanwezigheid van de bevolking tijdens verschillende dagdelen van invloed. Kenmerkend voor het groepsrisico is dat dit risico niet ruimtelijk inzichtelijk te maken is, maar wel afhangt van de ruimtelijke inrichting van een gebied. Voor transport wordt uitgegaan van het risico voor 1 kilometer infrastructuur.

Het groepsrisico wordt weergegeven in een grafiek (de zogenaamde fN-curve) waarin op de horizontale as het aantal dodelijke slachtoffers (N) wordt uitgezet en op de verticale as de kans (f) op dat aantal slachtoffers per jaar. De oriënterende waarde voor het groepsrisico is weergegeven als een rechte lijn in de fN-grafiek. Indien de fN-curve zich onder de normlijn bevindt, is er geen sprake van overschrijding van de oriënterende waarde.



Voor het groeprsisicowordt getoetst aan de norm die is gedefinieerd als een oriënterende waarde. De oriënterende waarde voor het GR is $FN^2 = 10^{-2}$. Dit houdt in dat de kans op een ongeval met 10 doden slechts met een kans van één op de tienduizend per jaar (10^{-4}) mag voorkomen, ongevallen met 100 doden met een kans van één op de 1 miljoen per jaar (10^{-6}) etc.
Bij het beoordelen van het GR wordt het bevoegd gezag de mogelijkheid geboden om gemotiveerd van de oriënterende waarde voor het GR af te wijken.

In dit MER wordt een naast de fN-curve een 'toetsingskental' voor het groepsrisico berekend. Dit toetsingskental geeft aan in hoeverre de fN-curve van het groepsrisico de norm benadert. Hierbij gaat het om de maximale waarde van het toetsingskental, d.w.z. het punt waar de fN-curve de normlijn het dichtst nadert, of in geval van overschrijding, waar de fN-curve de normlijn het meest overschrijdt. Als de berekende waarde van het

toetsingskental kleiner is dan 1,0 dan is er geen overschrijding. Is de waarde groter dan 1,0 dan is er sprake van overschrijding van de oriënterende waarde van het GR.

5.3.3 Toekomstig beleid (RVGS-spoor)

In het kader van het besluit om geen nieuwe Noordoostelijke verbinding aan te leggen (Noordtak Betuweroute) is aangegeven dat een herziening van de WVGS voor wat betreft regulering op termijn plaats dient te vinden. Deze regelgeving moet uiterlijk 2005 (als de Betuweroute gaat rijden) operationeel beschikbaar komen.
De aanzet van een ontwikkeling van een systeem voor de Regulering van Vervoer van Gevaarlijke Stoffen per spoor (**RVGS-spoor** genaamd) dat de basis vormt voor deze regelgeving, is reeds in 1999 gegeven.

In de voortgangsrapportage van de Minister (brief van de Minister van V&W aan de Tweede Kamer, Regulering vervoer gevaarlijke stoffen (voortgangsrapportage) d.d. 7 juni 2002) geeft zij uitleg over het reguleringsysteem.

Er wordt onderscheid gemaakt in 5 categorieën elk met hun benodigde toetsing (groepsrisico en/of persoonlijk risico) en eisen. De categorieën en de daarbij behorende eisen en randvoorwaarden zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 5.4 RVGS-spoor categorie-indeling Nederlandse baanvakken

categorie	ruimtelijke beperkingen, aan weerszijden spoorbaan	begrenzing vervoer gevaarlijke stoffen
1	PR-veiligheidszone van 30 meter uit hart spoor èn toetsing aan GR binnen 200 meter-zone uit hart spoor	geen beperking
2a	PR-veiligheidszone van 30 meter uit hart spoor; geen GR-toetsing nodig	begrenzing hoeveelheden/jaar, vooral van gassen
2b	geen PR-veiligheidszone, wèl toetsing aan GR binnen 200 meter-zone uit hart spoor	begrenzing hoeveelheden/jaar, vooral van brandbare vloeistoffen
3a	geen belemmeringen	begrenzing hoeveelheden/jaar, van alle soorten gevaarlijke stoffen
3b	geen belemmeringen	géén regulier vervoer van gevaarlijke stoffen toelaten

Voor Delft is door Railned een tweetal karakteristieke vervoerscenario's aangegeven behorende bij categorie 3a van het RVGS-spoor, waarmee voor de toekomst rekening gehouden dient te worden.

5.3.4 Toetsingskader in- en externe veiligheid

Op basis van de beschouwing van de beleidsdocumenten en vigerende wet- en regelgeving wordt het onderstaande normenkader gehanteerd:

Tabel 5.5 Normenkader voor de spoortunnel Delft.

	Risico normstelling
Externe veiligheid	
- plaatsgebonden risico	10^{-6} per jaar
- groepsrisico	0,01 / N^2 per baanvakkm
Interne veiligheid	
- persoonlijk risico	$2,0 * 10^{-10}$ per rzkm
- groepsrisico	0,01 / N^2 per baanvakkm

5.4 Analyses interne veiligheid

5.4.1 Bedreigingen voor de reizigers

De veiligheid van de reizigers kent meerdere deelbedreigingen die tezamen het risico (persoonlijk en 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).

Bij de kwantificering en beoordeling van de veiligheid is, gezien de fase van het project, allereerst een selectie gemaakt naar de bepalende c.q. onderscheidende (ivm keuze tussen korte en lange tunnel) bedreigingen. 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 ontsporingbeveiliging (ontsporinggeleiding), 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.

5.4.2 Maatgevende scenario's voor analyse van het interne veiligheidsniveau

De selectie leidt tot drie maatgevende scenario's die onderscheidend zijn voor het interne veiligheidsniveau.

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;

Een totale toets ten aanzien van de norm is in deze fase nog niet uitgevoerd daar hiervoor alle overige risico's voor de reizigers gekwantificeerd zouden moeten worden. Wel worden de resultaten "gespiegeld" aan de normstelling om vast te stellen welk deel van het risicobudget door het vervoer van GS in beslag genomen wordt.

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 elke categorie gevaarlijke stoffen zijn incident scenario's opgesteld (de gebeurtenissenbomen).

- Voor elk incident is beschouwd wat de kans op dit scenario is, rekening houdend met:
  - de basisfaalfrequenties van het vervoer van gevaarlijke stoffen;
  - specifieke tunnelomstandigheden;
  - uitstroomkansen 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 ongevallocaties ter hoogte van de perrons zijn separaat beschouwd voor de letaliteitinschatting.

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.

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 $1{,}6*10^{-8}$ 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.

5.4.3 Beschrijving incidentscenario's per stofcategorie en type ongeval

Overeenkomstig de IPORBM rekenmethodiek zijn voor elk van de vervoerscategorieën de incidentscenario's beschouwd, gerelateerd aan de standaard voorbeeldstoffen (bijvoorbeeld categorie brandbare gassen – stof LPG).
In tabel 5.6 is een kort overzicht gegeven van de mogelijk optredende en beschouwde gebeurtenissen afhankelijk van de categorie stof en het type ongeval (uitstroming, ontsteking).

Voor elk van deze categorieën stoffen zijn de gebeurtenissenbomen opgesteld.

Ongevalkansen
De initiële ongevalkansen voor elk van de bovenstaande scenario's c.q. gebeurtenissenbomen zijn bepaald. Vanuit de standaard rekenmethodiek voor vervoer van gevaarlijke stoffen (IPORBM, het Paarse Boek en SAVE 95) wordt gerekend met een generieke basisfaalfrequentie voor het vervoer van gevaarlijke stoffen aangegeven.
Uitgaande van:
- snelheid > 40 km/u
- geen wissels
- ATB-EG (geen ERTMS)

Volgt voor de spoortunnel een generieke basisfaalfrequentie van: $2{,}8*10^{-8}$ per wagon km.

Tabel 5.6 Overzicht incidentscenario's per categorie stof

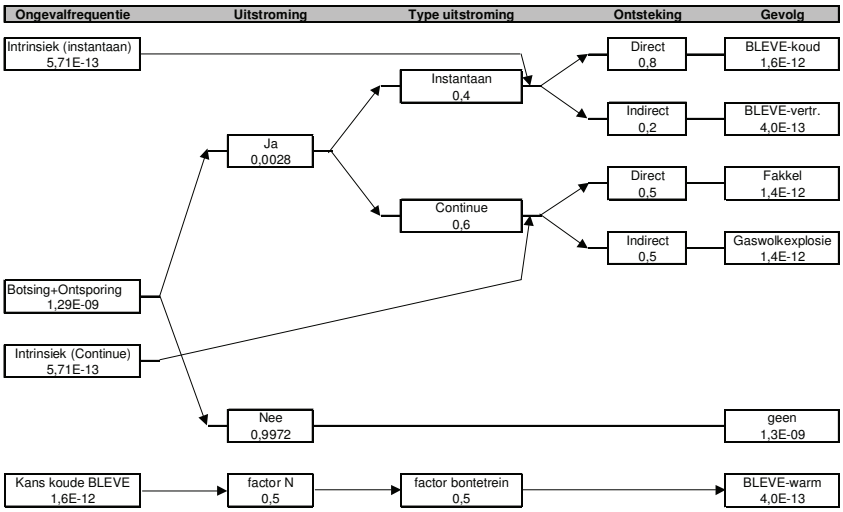
categorie stof	scenario	korte ongevalbeschrijving
Brandbaar Gas (A)	BLEVE koud*	Ontstaat na instantaan vrijkomen van gas door botsing/ontsporing of intrinsiek falen, gevolgd door directe ontsteking.
	BLEVE Vertraagd	Instantaan vrijkomen van gas, vertraagde ontsteking. Beperkte inmenging lucht in tunnel 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

Voor de veiligheidsberekeningen van de tunnel is gebruik gemaakt van meer specifieke faalkansgegevens voor deelincidenten:

- ontsporing: op basis van gegevens van Railned gebruikt voor Betuweroute en tunnel Rijswijk. Dit leidt tot $1{,}1*10^{-8}$ per wagon per jaar. De ontsporinggeleiding is in rekening gebracht door de kans met een factor 0,1 te reduceren.
- botsing: op basis van Railned gegevens $1{,}94*10^{-10}$ per wagonkm
- Intrinsieke falen: conform het Paarse Boek, waarbij onderscheid tussen drukketelwagens en de relatief slapper geconstrueerde atmosferische wagens wordt gemaakt.

Gebeurtenissenboom

Op basis van de ongevalkansen zijn de gebeurtenissenbomen voor alle incidenten ingevuld. Een voorbeeld is onderstaand weergegeven.



Figuur: Gebeurtenissen boom met vervolgkansen bij brandbare gassen

De ongevalkansen voor de verschillende gevolgscenario's zijn vermenigvuldigd met de vervoerde aantallen gevaarlijke stoffen, zoals vastgesteld in het drietal vervoersscenario's. Door daarnaast met de baanvaklengte te vermenigvuldigen wordt een ongevalscans per jaar in de tunnel voor elk van de betreffende gevolgscenario's gevonden.

De kans op een warme-BLEVE wordt gereduceerd door de aanwezigheid van een Sprinkler, die de opwarming bij goed functioneren kan tegengaan. Aangehouden is een effectieve inzet van 90% in dergelijke scenario's. Met dit uitgangspunt is sprake van een conservatieve (veilige) aanname, daar mogelijk de effectiviteit van de Sprinkler hoger kan zijn. Voor de plasbranden is uitgegaan van een effectieve inzet van 95% daar de Sprinkler uitbreiding van plasbranden effectief kan voorkomen. In het station zal door de grotere ruimte de effectiviteit enigszins lager liggen dan in de tunnel.

Letaliteit bij ongevallen
Als de kansen op een ongevalscenario's zijn bepaald kan naar de letaliteitseffecten worden gekeken. Voor ieder ongeval is ingeschat wat de schade kan zijn voor de reizigers in de tunnel of op het perron. In beginsel kan het ongeval op iedere locatie in de tunnel optreden, maar om redenen van vereenvoudiging is onderscheid gemaakt in een tweetal ongevallocaties:
- tunnelincident, ongeval in een van de kokers van de tunnel;
- stationsincident, ongeval dichtbij of ter hoogte van de perrons.

Voor deze ongevallocaties is ingeschat in hoeverre een scenario tot slachtoffers zou kunnen leiden onder reizigers in treinen in naastgelegen kokers of op de perrons.

Risicobepaling

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.
Door de verschillende scenario's (met verschillende kans van optreden en verschillende aantallen van slachtoffers) te combineren wordt het groepsrisico bepaald (kans op incidenten met meerdere slachtoffers). De deelbijdragen van de stoffen en de verschillen tussen de korte en lange tunnel zijn vervolgens in beeld gebracht.

5.4.4 Berekeningsresultaten scenario 1: Gevaarlijke stoffen

Persoonlijk risico
De berekeningsresultaten van de risico's voor de reizigers ten aanzien van het vervoer zijn onderstaand weergegeven.

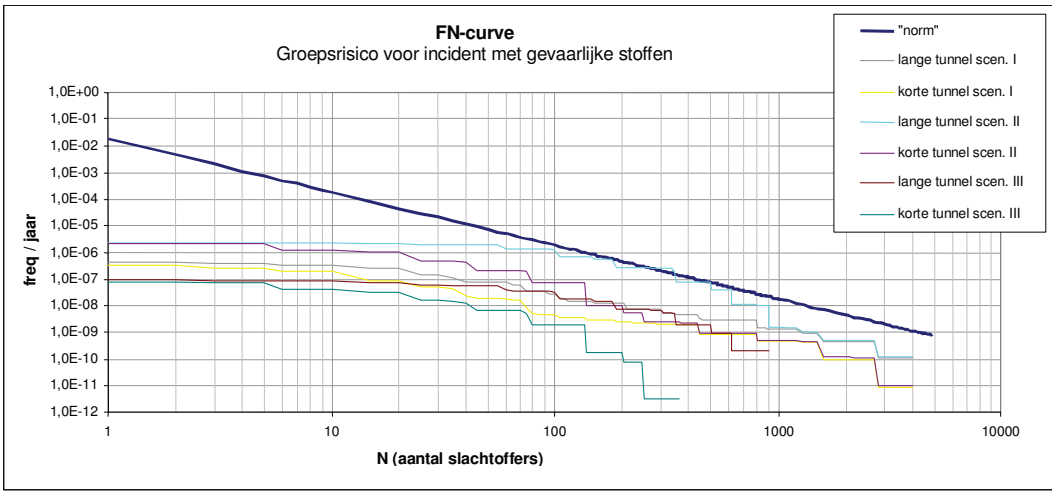
Tabel 5.7 Persoonlijk risico reizigers door gevaarlijke stoffen

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

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.

Groepsrisico
In onderstaande afbeelding is voor de verschillende alternatieven en vervoersscenario's de groepsrisicocurve weergegeven voor het deelrisico 'Incident met gevaarlijke stoffen'[2].



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.

Deelbijdrage stofcategorieën
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

[2] 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.

vloeistoffen. Bij de zeer grote aantallen slachtoffers (boven de 1000) is de koude BLEVE[3] van toxische gassen bepalend;
- 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.

5.4.5 Berekeningsresultaten scenario 2: Brand in reizigerstrein

Het risico voor de reiziger als gevolg van incidenten met het vervoer van gevaarlijke stoffen is slechts een van de deelbijdragen die het totale risico van de reizigers (zowel groeps- als persoonlijk). Een belangrijk risico wordt gevormd door brandincidenten in de reizigerstrein zelf.
Als onderdeel van de studie is in eerste opzet een globale kwantitatieve verkenning van het risico bij dit scenario uitgevoerd (Effectberekening vervoer gevaarlijke stoffen). Hieruit bleek dat het risico mogelijk tot een overschrijding van de norm voor incidenten met een “beperkt” aantal slachtoffers zou kunnen leiden.

In vervolg hierop is mede in het kader van de MER-rapportage interne veiligheid een nadere berekening gemaakt van de risico’s voor reizigers in geval van een brand in een reizigerstrein.

Ten aanzien van de berekeningen worden de volgende opmerkingen gemaakt:
- 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 $3{,}5 * 10^{-7}$ 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 $1*10^{-7}$ per treinkilometer aangehouden. Daarnaast is gekeken naar de hoogte van de risico’s bij de rudimentaire brandkans van $3{,}5*10^{-7}$ 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 $1{,}0*10^{-8}$ 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.
- Voor de brandontwikkeling is naar een drietal scenario's gekeken mede in lijn met de scenario's van de HSL:
  - snelle ontwikkeling grote brand (60 MW)
  - langzame ontwikkeling grote brand (30 MW)
  - kleine branden (1-3 MW)
- Voor de snel ontwikkelde brand is gekeken naar de evacuatietijden in de tunnel en op basis van de ontwikkeling van het incident in de tijd (rook en temperatuur) het mogelijk aantal slachtoffers bepaald. Ook voor de overige scenario's zijn de letaliteitspercentages bepaald.
- 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

Persoonlijk risico
Voor de tunnelalternatieven leidt dit tot:

Tabel 5.8 Persoonlijk risico reizigers door brand in reizigerstrein

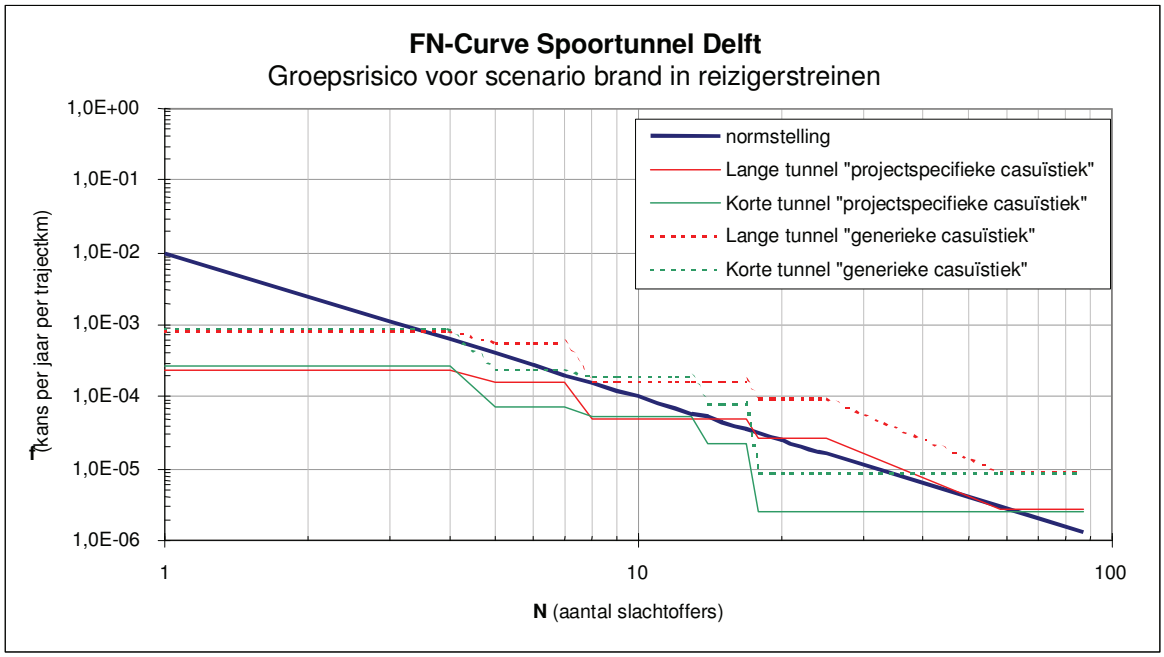
persoonlijk risico (brand in reizigerstrein)	**lange tunnel** [- / reizigerkilometer]	**korte tunnel** [- / reizigerkilometer]
Casuïstiek projectspecifiek Delft	$2{,}1 * 10^{-11}$	$1{,}7 * 10^{-11}$
Rudimentaire casuïstiek	$7{,}4 * 10^{-11}$	$6{,}0 * 10^{-11}$
Normstelling PR	**$2{,}0 * 10^{-10}$**	

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. Er geldt echter 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.

5.4.6 Berekeningsresultaten scenario 3: Brand in goederentrein

Naast incidenten met gevaarlijke stoffen kunnen ook branden in de goederenlocomotief of de andersoortige wagonladingen optreden. De kans op dergelijke branden is op basis van casuïstiek ingeschat als $1{,}6*10^{-8}$ 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 orden 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.

5.4.7 Effectiviteit maatregelen Interne Veiligheid

5.4.7.1 Effect van de sprinkler

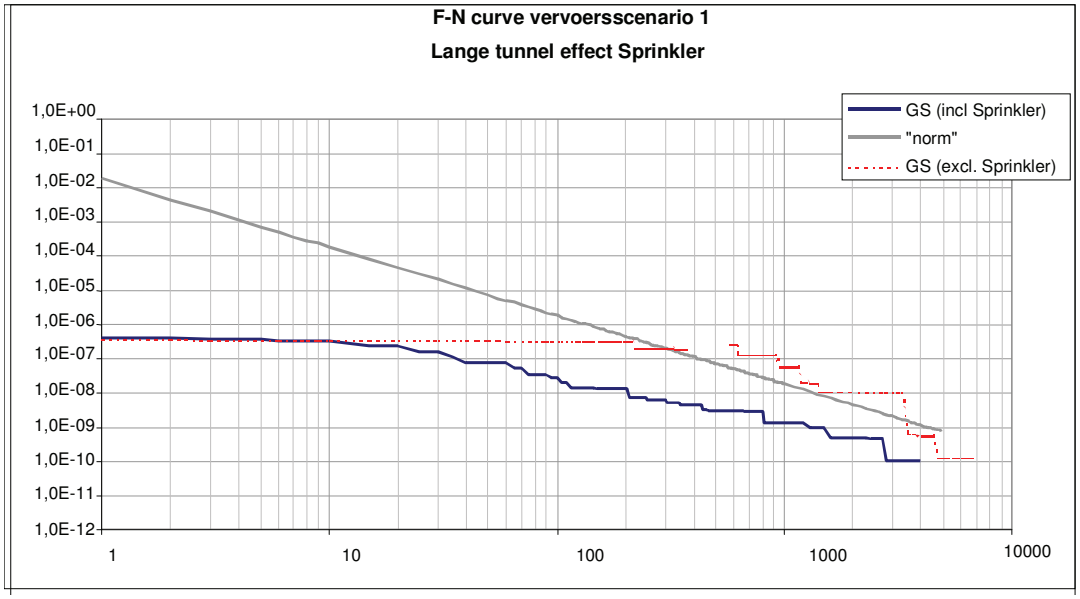
In de scenarioberekeningen is conform het ontwerp de sprinkler als basisvoorziening meegenomen. Aanwezigheid van de sprinkler betekent een reducerend effect ten aanzien van risico's van gevaarlijke stoffen, met name voor zogenaamde plasbranden bij incidenten met brandbare vloeistoffen.

In onderstaande afbeelding is de groepsrisicocurve voor vervoersscenario I weergegeven voor de situatie met en zonder sprinkler[4]. Voor vervoersscenario II heeft een dergelijke

[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.

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 vooralsnog 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.



5.4.7.2 *Effect van 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.
- 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.

5.4.7.3 Effect van vervoer/tijdsvensters

Het vervoer van gevaarlijke stoffen kan eventueel middels tijdsvensters plaatsvinden.

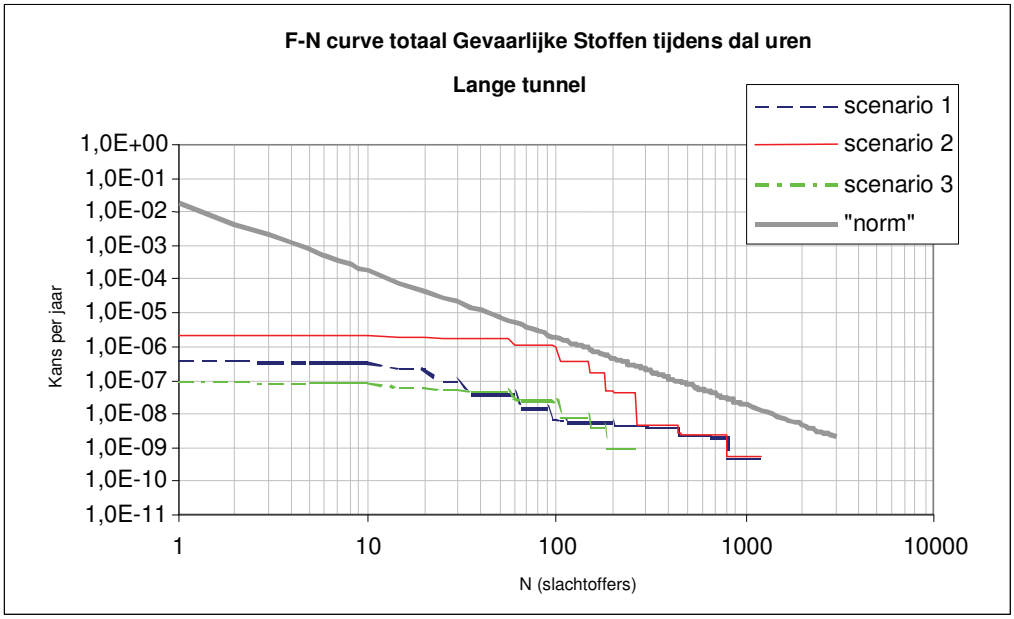
Vervoer gevaarlijke stoffen alleen 's nachts

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

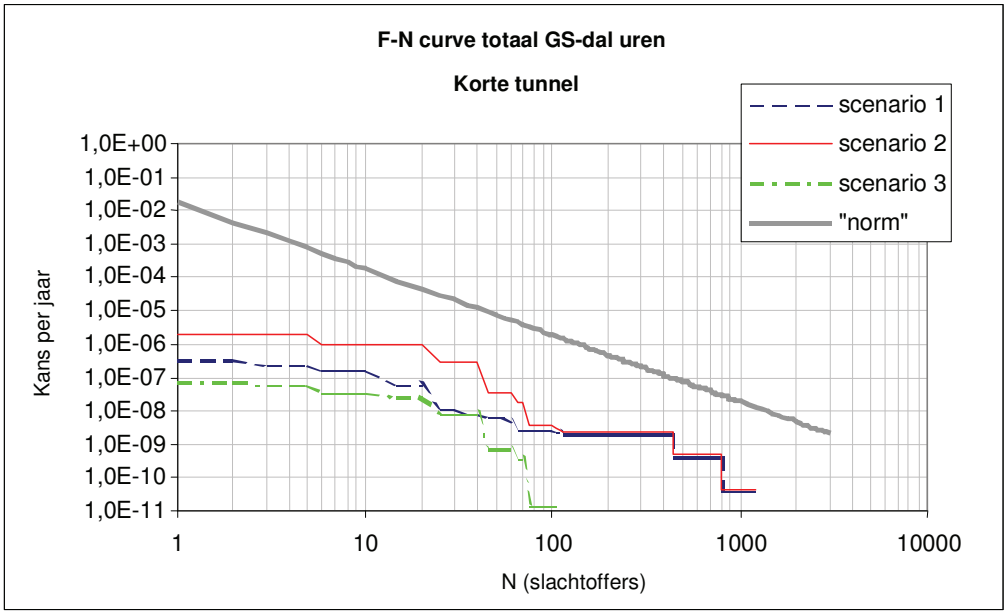
Geen vervoer gevaarlijke stoffen gedurende reizigersspits

Bij het vervoer in de daluren zullen zich minder reizigers in de trein bevinden en zal het groepsrisico van de reizigers afnemen.

In onderstaande afbeeldingen[5] 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.



[5] 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, 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.

5.4.7.4 Effect van ontsporinggeleiding

In de gehele tunnel en langs het station zal sprake zijn van ontsporinggeleiding. Deze geleiding zal de gevolgen van een ontsporing beperken. De kans op het openscheuren van bijvoorbeeld tankwagons 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 ontsporinggeleiding in het ontwerp is gemaakt.

5.5 Analyses externe veiligheid

5.5.1 Situatieschets

Aan het vervoer van gevaarlijke stoffen over het spoor zijn risico's verbonden. Het risico in Delft wordt op dit moment met name bepaald door de gevaarlijke stoffen die over het spoor (vrije baan) door het centrum vervoerd worden. In de autonome situatie wordt er giftig gas (ammonia, ingedeeld bij stofcategorie D3 toxische vloeistoffen) en brandbare vloeistof (stofcategorie C3; benzineproducten) vervoerd.

In de Risicoatlas Spoor (lit 5.) is de huidige externe veiligheidssituatie voor het spoor in Delft globaal in kaart gebracht. Hierbij wordt uitgegaan van generieke uitgangspunten. Deze zijn weergegeven in bijlage I. Uit de risicoatlas volgt dat de norm voor het persoonlijk risico niet wordt overschreden in het studiegebied (geen 10^{-6} contour) en dat het groepsrisico ver onder de oriënterende waarde ligt (met een factor 100).
In algemene zin zal de aanleg van een tunnel de veiligheidssituatie voor de omgeving verbeteren ten opzichte van de open vrije baan, voor zover sprake is van gelijke vervoersaantallen. Ongevallen die in de tunnel optreden hebben op die plaats geen of minder effect voor de buitenwereld.

Aanwezige risicovolle activiteiten
- In het plangebied zelf bevinden zich geen risicovolle bedrijven, maar direct ten noordoosten van het plangebied ligt het industrieterrein DSM Gist/Calvé. Voor beide bedrijven kan op dit moment worden aangenomen dat er geen risicocontouren bekend zijn en het in beeld brengen van deze contouren is niet vereist;
- Aan de Nijverheidstraat, op circa 300 meter ten westen van het spoor en net ten zuiden van de Westlandseweg is een LPG-tankstation gesitueerd;
- In Delft vindt in de huidige situatie alleen opslag van minder dan tien ton vuurwerk per inrichting plaats;
- Door het plangebied Spoorzone Delft lopen geen routes voor het vervoer van gevaarlijke stoffen over de weg. IN de nabije toekomst zal onderzoek worden gedaan naar de diverse wegtransportroutes in de gemeente.

Geconcludeerd wordt dat er geen risicovolle inrichtingen of transporten zijn die een beperking opleggen aan de voorgenomen activiteit. Het knelpunt LPG-tankstation aan de Nijverheidsstraat dient in het kader van de AMvB externe veiligheid voor inrichtingen uiterlijk 1 januari 2010 te voldoen aan de normeringen voor het plaatsgebonden risico en het groepsrisico.

5.5.2 Scope van de berekeningen

Voor externe veiligheid is uitgegaan van twee representatieve alternatieven, die worden vergeleken met de referentiesituatie (=autonome situatie):
- een alternatief met een korte tunnel;
- een alternatief met een lange tunnel.

Voor zowel de autonome situatie als voor de tunnelalternatieven is de externe veiligheid voor de omgeving voor het drietal vervoersscenario's beschouwd. Voor de tunnelalternatieven is rekening gehouden met de gebiedsontwikkelingen en derhalve hogere bevolkingsaantallen.

In onderstaande tabel is dit weergegeven:

Tabel 5.9 Beschouwde situaties externe veiligheid Let op: andere vervoerscenario-nummering dan bij interne veiligheid

situatie	**vervoerscenario**				**omgeving**		
	scen I: huidig vervoer	scen. II: verdubbeling huidig vervoer (autonome groei)	scen. III: cat. 3a RVGS-spoor	scen. IV: cat. 3a RVGS-spoor	bestaande omgevings situatie	bestaand incl nieuwbouw plannen korte tunnel	bestaand incl. nieuwbouw plannen lange tunnel
huidige ligging bovengronds	X				X		
autonoom bovengronds		X			X		
autonoom bovengronds met reservering RVGS			X	X	X		
toek. korte spoortunnel			X	X		X	
toek. lange spoortunnel			X	X			X

5.5.3 Rekenmethodiek

Bij de berekeningen voor externe veiligheid zijn de onderstaande uitgangspunten gehanteerd voor de risico's voor de omgeving van ongevallen in de tunnel of bij de tunnelmonden:

Ongevallen in de tunnel
Bij een ongeval met gevaarlijke stoffen in de tunnel kan de tunnel mogelijk falen en kunnen effecten buiten de tunnel optreden:

- Brandbare gassen: aangenomen is dat, indien een BLEVE optreedt, de tunnel geen bescherming biedt aan personen in de omgeving. Het is aannemelijk dat de tunnel zal falen door de drukgolf- en explosie-effecten, en omdat niet bekend is hoe de vuurbal zich vervolgens verspreidt in de omgeving, is van een conservatieve benadering uitgegaan (als vrije baan). Tevens is aangenomen dat de vuurbal zich in een lengterichting van het spoor uitbreidt tot circa 150 meter buiten de tunnel. Voor een gaswolkexplosie van brandbaar gas is aangenomen dat de explosie zich uitbreidt in een lengterichting van het spoor tot circa 150 meter buiten de tunnel (zelfde afstand als bij BLEVE).

- Toxische gassen: geen schade buiten de tunnel. Ammoniak is lichter dan lucht en stijgt bij de tunnelmonden.
- Zeer toxische gassen: schade buiten de tunnel. Chloor is zwaarder dan lucht en kan zich buiten de tunnel verder verspreiden.
- Brandbare vloeistoffen: geen effecten buiten de tunnel, voor zover dit het gebied betreft waar de tunnel ligt. Met andere woorden, voor de lengte van de tunnel is de ongevalskans gelijk gesteld aan nul.

Voor zeer toxische gassen en brandbare gassen is dus aangenomen dat bij een incident in de tunnel de effecten bij de tunnelmond merkbaar zijn. Voor een gebied tot 150 meter buiten de tunnel is de ongevalskans voor deze twee stoffen als volgt gecorrigeerd:

$$\frac{(X * f) + f}{Y}$$

X= tunnellengte (# meter gemodelleerd in de tunnel) (700 m in korte tunnel of 900 m in lange tunnel)
Y= lengte effectgebied buiten de tunnel (150 meter)
f= frequentie in de tunnel (2,77 10^{-8} per wagonkm, zie paragraaf 5.3)

Deze berekeningswijze is met name voor een BLEVE van brandbare gassen een worst case benadering. De ongevalkans wordt immers tweemaal meegenomen, namelijk zowel in de tunnel zelf als in het gebied tot 150 meter buiten de tunnel.

Ongevallen in de tunnelmonden
Het gebied bij de tunnelmonden beschouwen we (conservatief) als open vrije baan, ondanks dat de tunnelmonden verdiept liggen en de effecten van ongevallen beperkter kunnen zijn voor de omgeving.

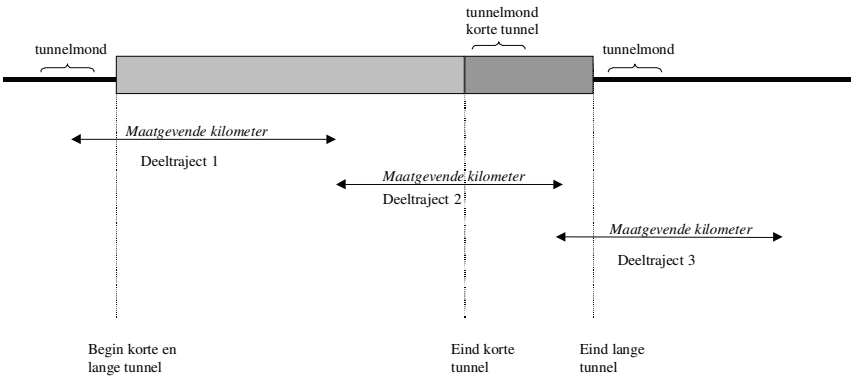
Ongevalfrequenties
De kwantitatieve risicoanalyse voor het PR en GR is uitgevoerd met behulp van de IPO-Risicoberekeningsmethodiek (IPO-RBM, versie augustus 1997).

Bij de berekening van de ongevalfrequenties is uitgegaan van :
- geen wissels in de tunnel;
- snelheid goederentreinen (zijnde doorgaand) boven 40 kilometer per uur;
- ontsporinggeleiding aanwezig in de tunnel.

Dit leidt tot een ongevalfrequentie van $2{,}8*10^{-8}$ per wagonkm .

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 een reductiefactor van 10 gehanteerd voor de combinatie ontsporingkans/uitstroomkans. Bij externe veiligheid is veiligheidshalve niet uitgegaan van reductie, daar sprake is van een landelijk gestandaardiseerde methodiek (IPO-RBM) en de reductie nog niet is onderbouwd op basis van landelijke casuïstiek. Op het risicoreducerend effect van ontsporinggeleiding wordt verderop ingegaan.

Trajectindeling
Voor de berekeningen is het traject van de Spoorzone verdeeld in drie (tunnel)delen met een lengte van elk één kilometer. In afbeelding 2 zijn de drie deeltrajecten weergegeven voor de korte tunnel en de lange tunnel.



Afbeelding. Deeltrajecten in de Spoorzone voor externe veiligheid

Deeltraject 1 is gelijk voor de korte en de lange tunnel en ligt ter hoogte van de noordelijke tunnelmond. Deeltraject 2 is voor de lange tunnel geheel ondergronds, de korte tunnel ligt hier deels bovengronds (inclusief de zuidelijke tunnelmond). Bij deeltraject 3 ligt de korte tunnel geheel bovengronds, de lange tunnel komt hier bovengronds (inclusief de zuidelijke tunnelmond).
In de berekeningen is de geplande bebouwing op de tunnel meegenomen, door deze bebouwing te leggen op nul meter afstand van het spoor. Het effect van de bebouwing op de tunnel wordt nader toegelicht in de gevoeligheidsanalyse.

5.5.4 Berekeningsresultaten plaatsgebonden risico (PR)

Voor zowel de situatie waarbij het viaduct gehandhaafd blijft alsmede voor de situatie met een korte- of lange tunnel zijn de plaatsgebonden risicocontouren bepaald en in onderstaande figuren gepresenteerd.

Uit tabel 5.10 blijkt dat er in de huidige situatie geen sprake is van een overschrijding van de PR-norm, en dat in de autonome groeisituatie (vervoersscenario II) geen overschrijding wordt verwacht. Zelfs als rekening wordt gehouden met transport categorie 3a conform RVGS-spoor (vervoersscenario's III en IV) wordt geen overschrijding van de norm verwacht bij handhaving van de huidige bovengrondse ligging.

Tabel 5.10 Resultaten PR – bij handhaven bovengrondse ligging

traject	afstand tot PR contour (m)		
	PR 10^{-6}	PR 10^{-7}	PR 10^{-8}
Huidige situatie (verv. scenario I)			
deeltraject 1	-	-	28
deeltraject 2	-	-	28
deeltraject 3	-	-	28
Autonome situatie (verv. scenario II)			
deeltraject 1	-	-	32
deeltraject 2	-	-	32
deeltraject 3	-	-	32
Autonome situatie (verv. scenario III)			
deeltraject 1	-	29	130
deeltraject 2	-	29	140
deeltraject 3	-	29	140
Autonome situatie (verv. scenario IV)			
deeltraject 1	-	37	300
deeltraject 2	-	37	310
deeltraject 3	-	37	310

Tabel 5.11 Resultaten PR – toekomstige situatie met tunnel

traject		afstand tot PR contour (m)		
		PR 10^{-6}	PR 10^{-7}	PR 10^{-8}
Vervoersscenario I				
korte tunnel	deeltraject 1	-	-	28
	deeltraject 2	-	-	28
	deeltraject 3	-	-	28
lange tunnel	deeltraject 1	-	-	28
	deeltraject 2	-	-	-
	deeltraject 3	-	-	28
Vervoersscenario III				
korte tunnel	deeltraject 1	-	26	150
	deeltraject 2	-	28	150
	deeltraject 3	-	26	43
lange tunnel	deeltraject 1	-	26	170
	deeltraject 2	-	-	-
	deeltraject 3	-	26	200
Vervoersscenario IV				
korte tunnel	deeltraject 1	-	33	170
	deeltraject 2	-	33	170
	deeltraject 3	-	35	280
lange tunnel	deeltraject 1	-	31	170
	deeltraject 2	-	-	-
	deeltraject 3	-	35	270

Uit de tabellen 5.10 en 5.11 kan worden geconcludeerd dat bij geen van de vervoerscenario's overschrijding van de PR 10^{-6} optreedt. De verschillen tussen scenario

III en IV zijn klein, de risico's bij scenario I zijn nog lager vanwege de lage vervoersaantallen gevaarlijke stoffen.

Het blijkt dat er nagenoeg geen verschil bestaat voor het persoonlijk risico tussen de alternatieven met korte en lange tunnel. Het enige duidelijke verschil is te vinden bij deeltraject 2, waar de lange tunnel geheel ondergronds ligt (i.t.t. de korte tunnel) en derhalve geen PR risicocontouren laat zien.

Het verschil tussen de autonome situatie bij bovengrondse ligging en vervoersscenario's III en IV enerzijds en de alternatieven met een spoortunnel anderzijds valt af te leiden uit de omvang van de PR 10^{-8} contour. In geval een tunnel aanwezig is, beslaat de PR 10^{-8} contour een kleiner gebied.

5.5.5 Berekeningsresultaten groepsrisico (GR)

Het groepsrisico is zowel voor de huidige bovengrondse als ondergrondse ligging bepaald. De resultaten (fN-curves) voor het groepsrisico voor de huidige en autonome situatie zijn weergegeven in de bijlage. De grafieken uit de bijlage met de fN-curves zijn vereenvoudigd weergegeven in de onderstaande tabellen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van het toetsingskental, dat is de benadering van het berekende groepsrisico ten opzichte van de norm (oriënterende waarde). De maximale waarde van het toetsingskental, dat wil zeggen het punt waar de fN-curve de normlijn het dichtst nadert, is in de tabellen weergegeven. Is het toetsingskental gelijk aan of groter dan één dan betekent dit dat de oriënterende waarde van het groepsrisico wordt overschreden.

Tabel 5.12 Resultaten GR – huidige situatie bovengrondse ligging

traject	normoverschrijding?	toetsingskental (= f / OW)*
Vervoersscenario I		
deeltraject 1	nee	0,001
deeltraject 2	nee	0,002
deeltraject 3	nee	<0,001
Vervoersscenario II		
deeltraject 1	nee	0,001
deeltraject 2	nee	0,004
deeltraject 3	nee	<0,001
Vervoersscenario III		
deeltraject 1	nee	0,284
deeltraject 2	nee	0,159
deeltraject 3	nee	0,014
Vervoersscenario IV		
deeltraject 1	nee	0,284
deeltraject 2	nee	0,159
deeltraject 3	nee	0,013

* OW= oriënterende waarde, f = berekend (maximaal) groepsrisico

Uit de toetsingskentallen blijkt dat de oriënterende waarde van het groepsrisico in zowel de huidige als de autonome situatie ook indien rekening wordt gehouden met een toename van het vervoer conform categorie 3a van RVGS-spoor niet wordt overschreden. Het groepsrisico ligt in alle situaties onder de oriënterende waarde.

Tabel 5.13 Resultaten GR–toekomstige situatie met tunnel

traject		normoverschrijding?	toetsingskental
Vervoersscenario I			
korte tunnel	deeltraject 1	nee	<0,001
	deeltraject 2	nee	0,002
	deeltraject 3	nee	<0,001
lange tunnel	deeltraject 1	nee	<0,001
	deeltraject 2	nee	-
	deeltraject 3	nee	<0,001
Vervoersscenario III			
korte tunnel	deeltraject 1	nee	0,184
	deeltraject 2	nee	0,654
	deeltraject 3	nee	0,027
langetunnel	deeltraject 1	nee	0,185
	deeltraject 2	nee	0,729
	deeltraject 3	nee	0,115
Vervoersscenario IV			
korte tunnel	deeltraject 1	nee	0,175
	deeltraject 2	nee	0,648
	deeltraject 3	nee	0,027
lange tunnel	deeltraject 1	nee	0,175
	deeltraject 2	nee	0,729
	deeltraject 3	nee	0,115

Uit deze tabellen blijkt dat er zowel voor de alternatieven met een korte als met een lange tunnel geen overschrijding van de oriënterende waarde plaatsvindt. Dit geldt voor alle drie de vervoersscenario's. Het groepsrisico voor de alternatieven met een korte tunnel is gelijk aan of lager dan dat voor de alternatieven met een lange tunnel. Dit geldt met name voor deeltraject 3, waar het groepsrisico bij de korte tunnel lager is vanwege de lagere bevolkingsdichtheden.
De verschillen tussen de vervoersscenario's III en IV zijn relatief klein. Het groepsrisico bij vervoersscenario I ligt ruim onder de oriënterende waarde vanwege de lagere vervoersaantallen.

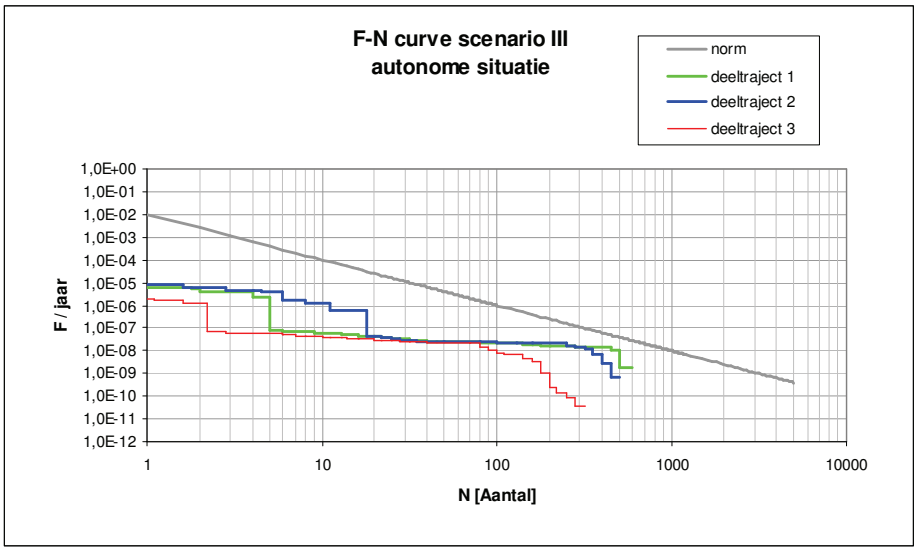
Bij de alternatieven met een korte en lange tunnel, deeltraject 2, benadert het groepsrisico het meest de oriënterende waarde (toetsingskental respectievelijk circa 0,65 en 0,73). Ondanks het feit dat de lange tunnel in dit deel volledig ondergronds ligt en de korte tunnel deels bovengronds, zijn de verschillen tussen kort en lang miniem.
Dit is nu als volgt te verklaren:
- brandbare gassen (stofcategorie A) zijn dominant in het groepsrisico voor grotere aantallen slachtoffers (100 tot 1000 slachtoffers);
- verwacht mag worden dat voor de grotere aantallen slachtoffers de BLEVE van brandbaar gas bepalend is gezien de reikwijdte van dit ongeval;

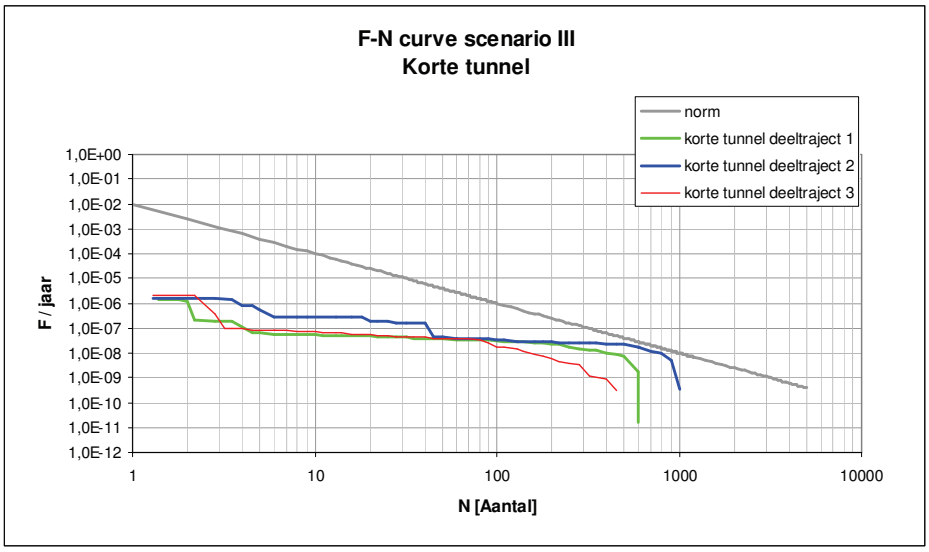
- omdat is aangenomen dat de tunnel geen bescherming biedt bij een BLEVE van brandbaar gas en er dus in feite wordt gerekend als de vrije baan, zullen de verschillen tussen korte en lange tunnel miniem zijn.

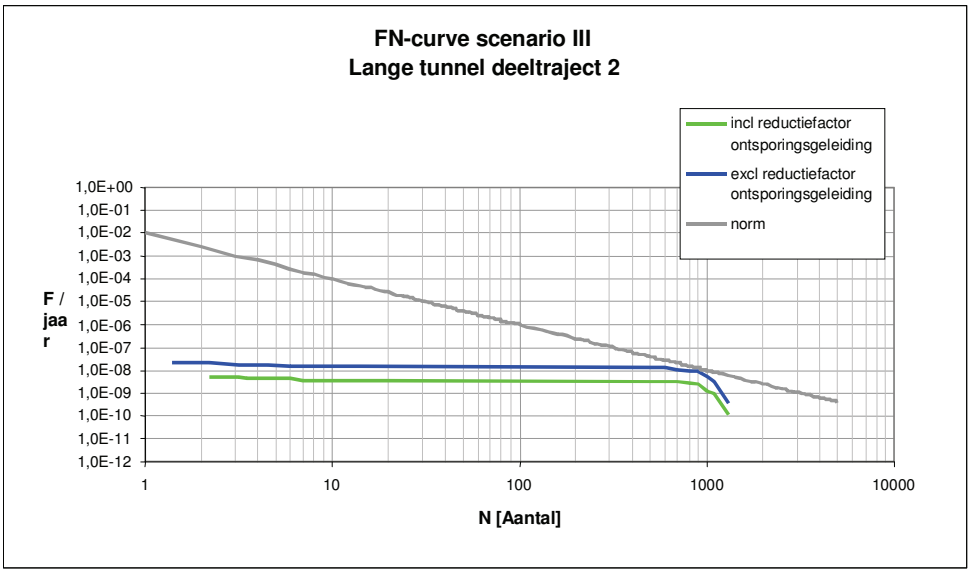
Bij vergelijking van de autonome ontwikkeling bij bovengrondse ligging en vervoersscenario's III en IV met de alternatieven bij een spoortunnel blijkt dat bij de spoortunnel sprake is van een hoger groepsrisico-kental voor deeltraject 2 en 3. Dit wordt veroorzaakt door de, ten opzichte van de huidige situatie, toenemende bevolkingsdichtheid door de ruimtelijke ontwikkelingen bij de spoortunnel. De tunnel zal wel een grotere mate aan bescherming bieden, hetgeen echter het effect van de toegenomen bevolkingsdichtheid slechts deels compenseert.

In onderstaande figuren is een overzicht gegeven van de fN-curve voor het vervoersscenario III voor zowel de situatie bij handhaving van de bovengrondse ligging als ook voor de korte- en lange tunnel.

Figuur: Groepsrisico autonome bovengrondse situatie - vervoersscenario III







5.5.6 Effectiviteit maatregelen Externe veiligheid

Effect van ontsporinggeleiding

Ontsporinggeleiding zal de gevolgen van ontsporing en de kans hierbij op het openhalen van de tankwagons beperken. In de voorgaande berekeningen voor externe veiligheid is de invloed van ontsporinggeleiding op de combinatie ontsporingskans/uitstromingsfrequentie (veiligheidshalve) niet in rekening gebracht. Dit omdat sprake is van een landelijk gestandaardiseerde rekenmethodiek (IPO-RBM) en de

beoogde reductiefactor van 10 nog niet is onderbouwd op basis van landelijke casuïstiek. Onderstaand is deze reductiefactor wel in rekening gebracht. De berekening is uitgevoerd voor de lange tunnel, vervoersscenario III en deeltraject 2 (deze situatie kent het hoogste toetsingskental).

Uit de afbeelding blijkt dat het meenemen van de reductiefactor door ontsporinggeleiding leidt tot een significante reductie van het groepsrisico. Dit blijkt ook uit het toetsingskental, dat voor de situatie inclusief reductiefactor 0,194 is, terwijl dit voor dezelfde situatie maar dan zonder reductiefactor 0,729 is.
Opgemerkt moet worden dat deze optimalisatiemaatregel (onafhankelijk van rekenresultaten) zal worden toegepast in de Spoorzone Delft.

Effect van sprinklerinstallatie
Sprinklers zijn zeer effectief in het beperken van de gevolgen van (plas)branden en in het voorkomen van domino-effecten. Zo kan een plasbrand van een brandbare vloeistof (bijvoorbeeld benzine) een nabije tankwagon met brandbaar gas (bijvoorbeeld LPG) dusdanig verhitten en verzwakken dat deze openscheurt en tot een vuurbal (BLEVE) leidt. Een sprinkler kan de kans op dit effect in sterke mate reduceren. De invloed van de maatregel sprinklers in de tunnel is (veiligheidshalve) niet meegenomen in de berekeningen voor externe veiligheid. Momenteel is wel een sprinklersysteem voorzien om branden zo snel mogelijk te kunnen blussen en escalatie van branden te voorkomen.

5.5.7 Effecten explosie op tunnelconstructie en externe veiligheid

Tunnelconstructie
In het kader van het vervoer van gevaarlijke stoffen is een globale verkenning gedaan naar de effecten van explosie op de tunnelconstructie.
Een drietal verschillende explosiescenario's kunnen optreden, zoals ook reeds in de scenariobomen naar voren komt, te weten:
- koude BLEVE;
- warme BLEVE;
- gaswolkexplosies.

De koude BLEVE ontstaat door instantaan falen van een drukketel door een mechanisch incident en de expanderende inhoud wordt ontstoken. Bij een warme BLEVE is eerst sprake van een opwarming van de tank, waarbij de toegenomen druk de ketel doet bezwijken. Deze BLEVE veroorzaakt een grotere drukgolf.
Een gaswolkexplosie ontstaat als gevolg van een relatief klein lek in een gasketelwagon, waarbij het gas in de tunnel stroomt en een gaswolk ontstaat, die vervolgens tot ontsteking komt en leidt tot een gaswolkexplosie (deflagratie of zelfs detonatie).
In de bijlage zijn de resultaten van een verkenning naar de constructieve gevolgen van explosies verkend en nader toegelicht. Samenvattend leidt dit tot onderstaande resultaten.

Het effect van een gaswolkexplosie kan berekend worden op basis van de in Lit. (Zie bijlage) voorgestelde methodiek. Het blasteffect is afhankelijk van de lengte van de

gaswolk in de tunnel. Deze is weer afhankelijk van de inhoud van de lekkende tank. De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Inhoud tank	**Gaswolklengte**	**effect op tunnelconstructie**	
Kg LPG	**M**	**Tunneldak**	**Diepwand**
25	10	bezwijken bij blastlocatie	-
100	30	bezwijken over 100-300m	Bezwijken bij blastlocatie
250	100	bezwijkt in totaal	Bezwijkt in totaal

Het effect van een koude-BLEVE door een barst in een 50 m3 propaan-tank is qua drukgrootte vergelijkbaar met het effect van een gaswolkexplosie door een lek in een 100 kg LPG tank. Een dergelijke tank is bijvoorbeeld vergelijkbaar met een LPG tank van een bus.
Bij bezwijken van de diepwand zal een moot grond met een breedte van 12 m op maaiveldniveau de tunnel inschuiven. Aanbevolen wordt om in verband met dit mechanisme voor op staal gefundeerde panden een risicocontour van 12 m te hanteren. Voor op palen gefundeerde panden zou dit 10 m kunnen zijn.

Concluderend kan gesteld worden dat naar verwachting:
- Een koude BLEVE, leidt tot bezwijken van het dak over grote lengte en van de diepwand nabij het incident.
- Een warme BLEVE door de hogere explosiedrukken zowel het dak alsook de diepwanden over grote lengte doen bezwijken.
- Een gaswolkexplosie bij langdurige ofwel veel uitstroom van gas, en dus een lange wolk (meer dan 30 m) tot zeer grote schade aan tunnel en ook de diepwand zal leiden. Daar sprake is van gasketelwagens met aanmerkelijke hoeveelheden kan dit optreden met de eerder berekende kansen.

In onderstaande tabel zijn de kansen op dergelijke scenario's weergegeven voor de lange tunnel inclusief het station.

Tunnel en station **Lange tunnel**	**Scenario I** **[-/per jaar]**	**Scenario II** **[-/per jaar]**	**Scenario III** **[-/per jaar]**
BLEVE warm stof A	$2 * 10^{-10}$	$2 * 10^{-10}$	0
BLEVE koud	$50 * 10^{-10}$	$59 * 10^{-10}$	0
Gaswolkexplosie	$9 * 10^{-10}$	$9 * 10^{-10}$	0
Totaal	$61 * 10^{-10}$	$70 * 10^{-10}$	0

De eisen ten aanzien van de constructieve integriteit zijn (nog) niet vastgelegd. Wel kan op basis van zeer lage kansen worden ingeschat dat het bezwijken van de tunnel als gevolg van BLEVE's en gaswolkexplosies uit oogpunt van constructieve integriteitseisen geen bepalende rol speelt. Ook de effecten van het bezwijken van de tunnelwand (los van de overige letale effecten door explosiedruk en vuurballen) voor de omwonenden lijkt kanstechnisch verwaarloosbaar.

Effecten explosie op bovenliggende bebouwing

In de berekeningen aangaand externe veiligheid is de nieuwbouw op de tunnel meegenomen door de betreffende bevolkingsdichtheden te leggen op een afstand van nul meter van het spoor. Uitgangspunt in de risicoanalyse is dat de tunnel geen bescherming aan omwonenden biedt bij BLEVE's, maar wel (gedeeltelijk) bij gaswolkexplosies in de tunnel. De resultaten geven aan dat er geen sprake is van overschrijding van de normen (geen 10^{-6} contour en geen overschrijding van de oriënterende waarde). De gaswolkexplosies kennen een facor 6 lagere kans en dragen als zodanig slechts verwaarloosbaar bij aan het risico. Derhalve is er vanuit risico-oogpunt geen afstand waarmee rekening moet worden gehouden voor het bouwen naast of op het spoor.

De eis om 30 meter aan weerszijden van het bovengrondse spoor vrij te houden van gevoelige functies is niet meer van toepassing, indien het baanvak wordt aangewezen als categorie 3a volgens RVGS-spoor.[6]

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. De berekeningen hebben aangetoond dat met de (maximale) karakteristieke vervoersaantallen behorende bij categorie 3a, geen overschrijding van de normen voor het plaatsgebonden risico en het groepsrisico plaatsvindt.

Concluderend kan gesteld worden dat vanuit <u>risico-oogpunt</u> er zodoende geen beperkingen zijn voor het bouwen op de tunnel. Weliswaar kunnen explosies en BLEVE's leiden tot bezwijken van de tunnel en aangrenzende bebouwing, de kans is echter dermate klein dat het risico acceptabel is. Er is daarmee wel sprake van een (klein) restrisico. De effecten van explosies en BLEVE's zijn niet uit te sluiten. Maatregelen die zijn voorgesteld (realisatie van een tussenverdieping, hanteren van een risicocontour voor op staal of op palen gefundeerde bebouwing) zullen het effect op de bebouwing wel kunnen verminderen.

---

[6] Er is in de plannen wel rekening gehouden met de 30 meter zone: bij de stedenbouwkundige opzet van de korte tunnelalternatieven zijn aan de westzijde functies ondergebracht als een verkeersweg, parkeren en groen/oppervlaktewater. Aan de oostzijde ligt de Engelsestraat, en de parkeerterreinen voor de (flat)bebouwing langs die straat; aan beide zijden is een strook breder dan 30 m zonder woonbestemming.

6 INNOVATIE EN VERNIEUWING

Scenario's zijn opgebouwd uit een aantal elementen die met elkaar beschrijven hoe een gebeurtenis zich in de tijd kan ontwikkelen. Als zodanig geven scenario's mogelijke beschrijvingen van een aantal ongevalprocessen die kenmerkend zijn voor het ontwerp, de uitvoering , het gebruik, de zorg en borg ten aanzien van de veiligheid en de omgeving waarin het object is ingepast. De scenario's bieden daarmee ook de mogelijkheid door verbetering van het ontwerp die kenmerken en elementen zodanig te beïnvloeden dat zijn geen bijdrage meer leveren aan het ongevalproces.
Andersom geredeneerd: wanneer er veiligheidskritische elementen en kenmerken onderkend worden die niet door het ontwerp worden beïnvloed; zullen deze in de praktijk zich als resterend risico kunnen manifesteren. Om deze resterende risico's terug te dringen zullen veiligheidsmanagementsystemen, hulpverlening, gekwalificeerd personeel en voorzieningen de risico's alsnog tot aanvaardbare niveaus moeten terugdringen.
Aan het eind van het ontwerptraject is het daarmee mogelijk een overzicht te geven van welke maatgevende scenario's door aanpassing van gevaren, bouwelementen, functies, ongevaltypen en bouwelementen zijn ondervangen.

In terugblik is te overzien wat wel en wat we niet is meegenomen in de besluitvorming:
- sommige van de maatgevende scenario's zijn wel ondervangen, anderen niet of slechts gedeeltelijk. Het huidige ontwerp heeft zich nog niet intensief gericht op de scenario's 3, 4 en 5: de interactie tussen station, OV-knoop en verkeersomgeving, complicaties van de bouwfase voor de openbare orde en veiligheid, het functioneren van de hulpverleningsdiensten bij grootschalige evenementen.
- sommige veiligheidsaspecten zijn nog niet uitgebreid aan de orde gekomen zoals vandalisme en terrorisme, arbeidsveiligheid tijdens het gebruik en onderhoud van de tunnels, veiligheid van de omringende bebouwing en ruimtelijke omgeving, verkeersveiligheid, de toegankelijkheid voor de hulpverlening heeft zich geconcentreerd op de tunnel.

De scenario's voor evacuatie uit de tunnel zijn uitgegaan van het ontwerp zoals dat in de conceptuele fase is vastgelegd. Dit ontwerp voorziet in het in langsrichting ontruimen van de tunnel. Uit de scenarioanalyse is echter gebleken dat er meerdere ontruimingsconcepten mogelijk zijn en dat de ontwerpvarianten niet gebaseerd behoeven te zijn op een strikte fysieke scheiding van de tunnel en haar omgeving. Het is mogelijk de tunnel in termen van integrale veiligheid in de omgeving te integreren.
De scenarioanalyse geeft aan dat het mogelijk is op grond van relatief eenvoudige beslissingen de veiligheid van de tunnelvarianten verder te verbeteren. Hiertoe zijn een aantal algemeen toepasbare veiligheidskundige principes beschikbaar.

Integraal concept voor tunnelveiligheid
Het hanteren van een integraal concept van de tunnel met ondergrondse functies van de omringende bouwelementen als parkeergarages, technische ruimten voorzieningen en de functies op het maaiveld biedt goede mogelijkheden voor optimalisatie. Dit geldt met name voor de ruimte ten Noorden van het station.

Veiligheidskritische keuzes
Er zijn veiligheidskritische keuzes mogelijk ten aanzien van:

1. Vluchten in langsrichting of in dwarsrichting van de tunnel en compartimentering van tunnel en station t.b.v. effectbeperkingen. Momenteel voorziet het ontwerp in vluchten in de langsrichting. Het huidige concept kan echter aangevuld worden met verticale vluchtmogelijkheden, bijvoorbeeld via nabijgelegen parkeergarages en nabij tunnelmonden. Er kan nagegaan worden of er integratie mogelijk is van functies voor tunnelventilatie, ontvluchting en aansluiting op voorzieningen op het maaiveld.
   Positieve bijdragen aan de veiligheid zijn te verwachten van:
   - ontkoppelen van de vluchtuitgangen van de tunnel en het DSM terrein
   - station wordt onderdeel van de vluchtroutes
   - multifunctioneel gebruik van voorzieningen en geïntegreerd beheer van voorzieningen.
2. Compactheid van de OV knoop
   Een positieve bijdrage aan de veiligheid m.b.t. de sociale veiligheid, verkeersontsluiting en bereikbaarheid voor hulpverlening mag men verwachten van:
   - het zorgen voor een compact verweven van situaties en functies die logistiek op elkaar moeten aansluiten, zoals verkeersstromen, parkeren, overstappen, verblijven en winkelen
   - het creëren van korte loopafstanden en goede zichtlijnen.

Ook uit het opstellen van de maatregelenpakketten voor het accommoderen van het transport van gevaarlijke stoffen door de tunnel zijn innovatieve oplossingen en nieuwe inzichten af te leiden:
- Het is goed mogelijk te komen tot een optimalisatie van de zelfredzaamheid.
- Zelfredzaamheid valt vrijwel samen met voorwaarden voor hulpverlening en rampenbestrijding.
- Ventilatie in de tunnel is kritisch.
- Het bestrijden van brand is te beperken tot kleine branden. Er is geen grootschalige ondergrondse inzet mogelijk, zeker niet bij het toelaten van gevaarlijke stoffen in de tunnel en het ondergronds station.
- Het gebruik van sprinklers is in termen van effectieve gevolgbestrijding twijfelachtig.

Langs de weg van de scenarioanalyse is het mogelijk tot vernieuwing te komen en kritische ontwerpbeslissingen te identificeren die leiden tot een integrale aanpak.
In combinatie met het toepassen van de QRA kan een kwalitatief zowel als kwantitatief beeld van de integrale veiligheid worden opgebouwd.
De resultaten van de scenarioanalyse blijken goed te gebruiken als informatie voor een klankbordgroep of veiligheidsoverleg. Op grond van de inhoudelijke informatie kan het veiligheidsoverleg structuur en transparantie verkrijgen.

Structureren van het besluitvormingsproces

In het project Spoorzone Delft is gebruik gemaakt van een combinatie van kwantitatieve Risico Analyse en scenarioanalyse. De methodieken blijken elkaar te ondersteunen en in de beoordeling van de veiligheid af te wisselen. Daarmee is de beoordeling van de veiligheid een doorlopend proces geworden: er is geen sprake meer van een eenmalige afweging of beoordeling, de veiligheid speelt op verschillende momenten in de besluitvorming een rol. Veiligheid kan daarmee zowel 'vroeg en hoog' als 'laat en laag' in de besluitvorming expliciet aan de orde worden gesteld, afwisselend in kwantitatieve en kwalitatieve zin.

In die besluitvorming is ook duidelijk geworden dat deeloptimalisatie naar een of meerdere specifiek aspecten tot tegenstrijdige oplossingen en ontwerpdilemma's kan leiden. Een aantal voorbeelden maken deze dilemma's duidelijk.
Het concept van horizontale ventilatie en ontruiming levert mogelijke bedreigingen van het station en naastliggende tunnelbuis als Safe Haven door kortsluiten van rook en lange verplaatsingsafstanden voor betrokkenen in de tunnel. Het overgaan op het concept van verticale ventilatie, ontruiming en compartimentering roept bezwaren op omtrent de eenduidigheid van het vluchtproces en de overzichtelijkheid bij het vergroten van het aantal vluchtvoorzieningen.

Aan het bouwen op de tunnel is vanuit een risico-oogpunt geen beperking verbonden. Explosie en BLEVE's kunnen weliswaar leiden tot bezwijken van de tunnel en aangrenzende bebouwing en tot 150 m buiten de tunnelmond van invloed zijn, de kans is echter dermate klein dat het risico acceptabel is. Het effect op de bebouwing zou door de voorgestelde maatregelen moeten worden beperkt, maar is vooralsnog onbepaald.
Het gebruik van het spoor voor reizigers en voor het transport van gevaarlijke stoffen en de daaruit volgende keuze voor ventilatie of sprinklers levert een laatste voorbeeld. Het vinden van een balans tussen de positieve effecten van Sprinklers ten aanzien van incidenten met gevaarlijke stoffen en de eventuele risico's van het gebruik van Sprinklers bij incidenten met reizigerstreinen en belemmering van het vluchtproces door zichtbeperking en stoom vraagt nadere studie.

Dergelijke dilemma's geven aan dat het van belang is de bezwijkmechanismen te onderkennen en de daaraan ten grondslag liggende processen te doorzien alvorens tot ontwerpoplossingen en mitigerende maatregelen te komen. Het beschrijven van maatgevende scenario's kan het verloop en de samenhang tussen gebeurtenissen in beeld brengen en de processen die aan die gebeurtenissen ten grondslag liggen transparant maken. Naast het bepalen van het veiligheidsniveau ontstaat er aandacht voor procesbeheersing en dynamiek van ontruiming, ventilatie en andere relevante processen.
Deze kennis en inzichten van deskundigen kunnen worden meegenomen in de besprekingen van de VER groep en worden teruggekoppeld naar de ontwerpers van het object.
In de besluitvorming is daarmee niet alleen aan te geven wat het resterend risico is in termen van een verwaarloosbare kans, maar ook welke gevolgen zich in de praktijk kunnen voordoen.
Met een vergroten van het inzicht in de processen is er ook een grotere kennis van de randvoorwaarden en aannames die gelden om die processen optimaal te kunnen laten verlopen: uit de ontwerprandvoorwaarden en aannames volgen de gebruikscondities. Met

het documenteren van de ontwerpbeslissingen, hun gevolgen en de resterende risico's is een relatie gelegd naar het operationele veiligheidsmanagement van de beheerder. Hiermee wordt de stap gezet naar de 'Operating Envelope' van het object en het categoriseren van tunnels en ondergrondse objecten.

Kennislacunes en ontwikkeling
Uit het bovenstaande komt naar voren dat in de uitwerking van het project Spoorzone Delft een aantal kennislacunes nader moeten worden ingevuld. Het betreft:
- Gedetailleerde kennis en inzicht in de bezwijkmechanismen en hun gevolgen die zich in de detaillering van de eindvariant kunnen voordoen.
- Een nadere analyse en uitwerking van de andere maatgevende scenario'; die in de analyse naar voren zijn gekomen,, met name scenario's 3, 4 en 5 (zie hoofdstuk 3).

Slotopmerking is dat, zoals in de MER-procedure de besluitvorming ondersteund wordt door het instrument van de QRA, kan bij grote infrastructuurprojecten als de Spoorzone Delft de besluitvorming van de VER ondersteund worden met de gecombineerde inzet van QRA en scenarioanalyse. De aanpak bij de Spoorzone delft heeft daarbij een unieke voortrekkersrol gespeeld. Dit stramien verdient nadere ontwikkeling.

7 TOT SLOT

Het project Spoorzone Delft heeft door middel van het functioneren van de werkgroep integrale veiligheid qua projectmanagement een voortrekkersrol kunnen spelen in het vroegtijdig op inhoudelijk niveau ontwikkelen en beoordelen van het beoogde veiligheidsconcept en de afweging van varianten.

Belangrijk wintpunt vormde de bundeling van inhoudelijke kennis en expertise aangaande veiligheid enerzijds en de concrete terugkoppeling en kennisinteractie met de ontwerpers anderzijds

In dit kader kan een aantal veiligheidsinvalshoeken worden onderscheiden die specifiek zijn uitgevoerd ter ondersteuning van de besluitvorming over het project:

- scenarionanalyse ter beoordeling en trechtering van 14 tot 5 varianten in de eerste planfase;
- selectie en beoordeling van een vijftal tunnelvarianten op basis van concrete scenario's voor station, tunnel, stationsomgeving, bouwfase en hulpverlenings-organisatie;
- ALARA- beschouwing van maatregelpakketten op kwalitatieve wijze;
- kwantitatieve toetsing aan de wettelijke normstelling en beoordeling van de korte en lange tunnelvarianten inzake intern- en extern veiligheidsniveau;
- kwantitatieve gevoeligheidsanalyse en beoordeling van de effectiviteit van (aanvullende) veiligheidsvoorzieningen;
- beschouwing van de constructieve effecten van incidenten met vervoer van gevaarlijke stoffen op boven c.q. direct naastgelegen bebouwing;

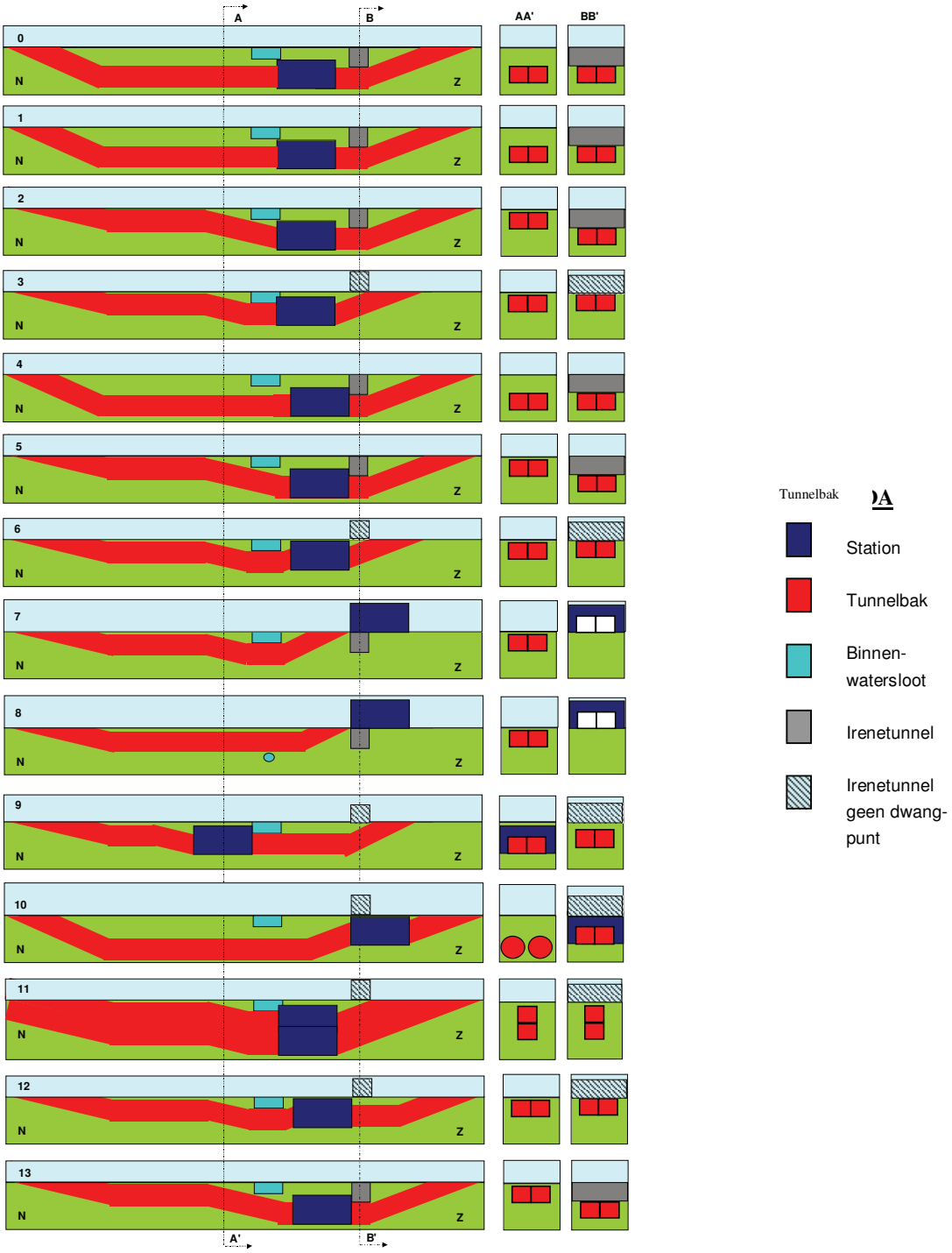
Deze integrale en systematische veilgheidsaanpak van de bepalende veiligheidsthema's in een vroeg planstadium sluit defacto aan bij de beoogde VER-doelstellingen van de werkgroep.

Naast ondersteuning van de besluitvorming zijn de resultaten van de veiligheidsbeschouwingen tevens als input gebruikt voor de MER-documenten aangaande interne en externe veiligheid. Zodoende was sprake van een gesloten kennis en beoordelingskader inzake de "integrale veiligheid".

8 COLOFON

Opdrachtgever	:	Prorail
Project	:	De interne en externe veiligheid Spoorzone Delft Een integrale rapportage
Dossier	:	T0036.20.528
Omvang rapport	:	93 pagina's
Auteur	:	dr. M.J. Kuiken, ir. A. Snel, dr.ir. J.A. Stoop
Bijdrage	:	
Projectmanager	:	ir. J.W. Sip
Datum	:	april 2004
Naam/Paraaf	:	

BIJLAGE 1: 14 varianten van de spoortunnel



BIJLAGE 2: Vervoersgegevens.

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. 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. Totaal aantallen reizigerstreinen door tunnel

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

De volgende aantallen goederentreinen zijn aangehouden voor 2020:

Tabel. Totaal aantallen goederentreinen door tunnel

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

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.

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 perron:
In het model NVVP voor 2020 zijn er in de ochtend spits 5218 instappers. Dit verdeeld over (2 uur *12 stoppende treinen per uur per richting * 2 richtingen=) 48 treinen betekend een gemiddelde bezetting van het perron van 109 personen. Op de perrons zijn in de spits dus 218 personen tegelijkertijd aanwezig. De instappers zullen niet de gehele tijd tussen de treinen aanwezig zijn, echter er zullen gedurende een korte tijd ook uitstappers aanwezig zijn. Aangehouden wordt dat deze vereenvoudigingen tegen elkaar opwegen.

Met de verdeling tussen spits en dal is de bezetting van beide perrons in de daluren bepaald op 61 personen.

Personen in stationshal
Voor het aspect externe veiligheid zijn de aantallen reizigers die gedurende de gehele dag gemiddeld in de stationshal aanwezig zijn meegenomen. Daarbij is van de volgende cijfers uitgegaan:
- ochtend spits: 9.475 in- en uitstappers;
- avond spits: 8.528 in- en uitstappers;
- daluren: 19.898 in- en uitstappers;
- rest van aantal uren: geen in- en uitstappers;
- 18 uur van de dag zijn reizigers aanwezig;
- de reizigers verblijven gemiddeld 3 minuten in de stationshal.

In totaal gaat het dan om een aantal van 37.901 in en uitstappers. Voor externe veiligheid wordt de volgende formule gebruikt om het gemiddeld aantal personen in de stationshal te bepalen: totaal aantal in- en uitstappers * fractie verblijftijd per uur / aantal uren dat reizigers aanwezig zijn.
Voor de stationshal is uiteindelijk in de berekening uitgaan van gemiddeld circa 105 personen aanwezig, waarbij opgemerkt wordt dat:
- Geen rekening is gehouden met de aanwezigheid van verblijfsruimten in de stationshal, waarin zich eventueel gedurende de dag vele mensen kunnen bevinden. Indien hiervan sprake zal zal dit opgenomen dienen te worden in de bebouwingsgegevens
- Het aantal aanwezige reizigers in de stationshal zal fluctueren. In de spits en direct in aansluiting op aankomst en vertrek van treinen zal het aantal kortstondig

aanzienlijk hoger kunnen zijn dan de gemiddelde waarde. In lijn met de rekenmodellering van externe veiligheid, waarin slechts met dag en nacht perioden wordt gerekend, is een berekening op basis van een gemiddelde dagwaarde acceptabel.

Bevolkingsgegevens
De bevolkingsgegevens, benodigd voor het berekenen van het groepsrisico bij externe veiligheid, zijn afkomstig van de gemeente Delft (huidig 2002 en nieuwbouwplannen) en zijn deels bepaald aan de hand van kentallen uit CPR 16. In de CPR 16 zijn richtlijnen opgenomen op basis waarvan een schatting gemaakt kan worden van de aanwezige bevolkingsdichtheid (Commissie Preventie van rampen door gevaarlijke stoffen, CPR 16, 1990).

In tabel I.1. en I.2. staan de gebruikte bevolkingsdichtheden voor de nieuwbouw bij respectievelijk de korte en de lange tunnel weergegeven. In afbeelding I.1. is ter illustratie de bebouwing bij de korte en lange tunnel weergegeven.

Tabel. Nieuwbouw (bevolkingsdichtheid) korte tunnel

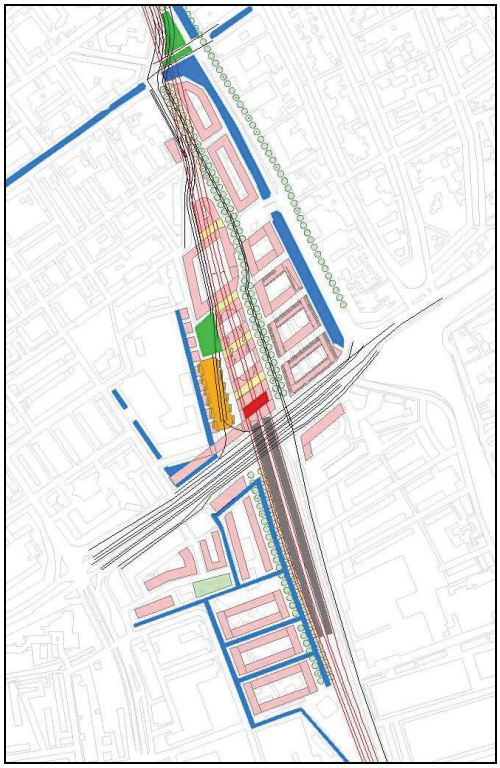
omschrijving	**bevolkingsdichtheid (personen/ha) gecorrigeerd voor verblijftijd**
Nieuwbouw Houttuinen	388
Van Leeuwenhoeksingel (korte tunnel alternatief)	262
Kantoor nr. 8	144
Nieuwbouw Coendersstraat	103
Nieuwbouw Lokomotiefpad	101
Nieuwbouw ten zuiden van Westlandseweg	139

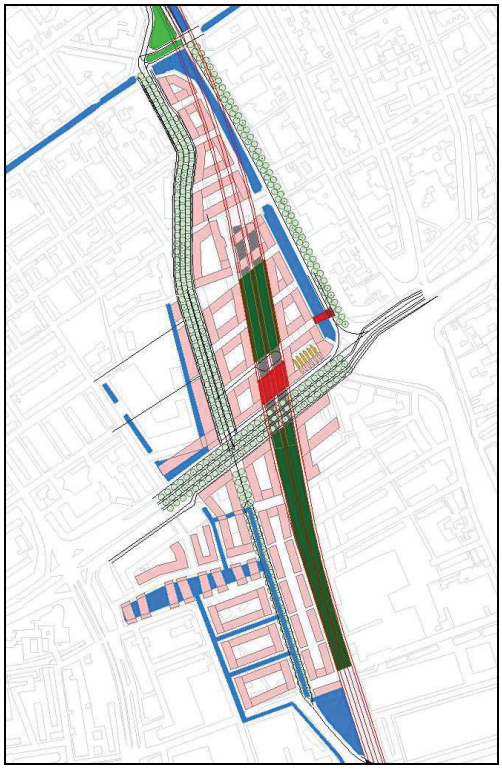
Tabel Nieuwbouw (bevolkingsdichtheid) lange tunnel

omschrijving	**bevolkingsdichtheid (personen/ha) gecorrigeerd voor de verblijftijd**
Van Leeuwenhoeksingel (lange tunnel alternatief)	290
Nieuwbouw kantoor 8	54
Nieuwbouw K5 en woningbouw 11	175
Nieuwbouw woningen 14	782
Nieuwbouw woningen 15	225
Nieuwbouw woningen 13	355
Nieuwbouw woningen 16	282

Afbeelding. Voorbeeld van bebouwing in de Spoorzone Delft

Korte tunnel **Lange tunnel**





legenda: roze is bebouwing (kantoren en woningen), rood de stationshal, donkergrijs de perrons en donkergroen het park.