

Leidraad Scenarioanalyse Ongevallen in Tunnels

**Deel 1: Wegtunnels
Mei 2004**

**COB
Bouwdienst Rijkswaterstaat**

Colofon

Leidraad Scenarioanalyse Ongevallen in Tunnels
Deel 1: Wegtunnels

Projectteam Leidraad Scenarioanalyse

D. de Weger (projectleider)	(Bouwdienst Rijkswaterstaat)
A. de Roos	(Bouwdienst Rijkswaterstaat)
A. van Waterschoot	(Bouwdienst Rijkswaterstaat)
S.N. Jonkman	(Bouwdienst Rijkswaterstaat)
C. van der Vliet	(Bouwdienst Rijkswaterstaat)
B.A. van den Horn	(Bouwdienst Rijkswaterstaat)

Uitvoeringscommissie Leidraad Scenarioanalyse

E.W. Worm (voorzitter)	(Bouwdienst Rijkswaterstaat)
M. Baan Hofman	(Holland Railconsult)
I. van Berkel	(CUR-COB)
M. Bökkerink	(Min. BZK)
N. Bravenboer	(Randstad Rail)
W. Brouwer	(Min. BZK)
A. Griffioen	(Min. BZK)
H. Heesterbeek	(Holland Railconsult)
J. Hoeksma	(Bouwdienst Rijkswaterstaat)
R. Joosten	(Randstad Rail)
M.M. Kruiskamp	(Bouwdienst Rijkswaterstaat)
H. Kuijlen	(ProRail)
J. van Opijnen	(CUR-COB)
A.J. van der Padt	(RWS-HK)
B.P. Rigter	(Bouwdienst Rijkswaterstaat)
N. Rosmuller	(NIBRA)
P. van der Torn	(Nederlands Instituut voor Urgentiegeneeskunde)
T. van Vliet	(TNO Technische Menskunde)

Datum publicatie

Mei 2004

De Leidraad Scenarioanalyse Ongevallen in Tunnels is Deel B2 van de integrale veiligheidsfilosofie van het Steunpunt Tunnelveiligheid. De Leidraad Scenarioanalyse voor Tunnels vormt samen met Deel B1 (de kwantitatieve risicoanalyse) het onderdeel veiligheidsbeschouwingen (deel B).

Registratienummers

ISBN 90 – 77374 – 03 – 5
COB J304 – W – 04 – 130
RWS 4818 – 2004 – 0103

Auteursrechten

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de COB.

Het is toegestaan overeenkomstig artikel 15a Auteurswet 1912 gegevens uit deze uitgave te citeren in artikelen, scripties en boeken, mits de bron op duidelijke wijze wordt vermeld, alsmede de aanduiding van de maker, indien deze in de bron voorkomt. " 'Leidraad Scenarioanalyse Ongevallen in Tunnels, deel 1: Wegtunnels', versie mei 2004, Stichting COB, Gouda. "

Aansprakelijkheid

COB en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht bij het samenstellen van deze uitgave. Nochtans moet de mogelijkheid niet worden uitgesloten dat er toch fouten en onvolledigheden in deze uitgave voorkomen. Ieder gebruik van deze uitgave en gegevens daaruit is geheel voor eigen risico van de gebruiker en COB sluit, mede ten behoeve van al degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van deze uitgave en de daarin opgenomen gegevens, tenzij de schade mocht voortvloeien uit opzet of grove schuld zijdens COB en/of degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt.

Voorwoord

Voor het uitvoeren van probabilistische risicoanalyses op het gebied van de externe veiligheid zijn in de afgelopen jaren goed onderbouwde handleidingen ontwikkeld. Het standaardwerk voor de kwantitatieve risicoanalyse (externe veiligheid) in Nederland is het Paarse Boek.

Naast de kwantitatieve risicoanalyse is er de laatste tijd echter een groeiende behoefte aan een methodiek voor deterministische risicoanalyse: de scenarioanalyse.

De voorliggende 'Leidraad Scenarioanalyse voor Ongevallen in Tunnels, Deel 1: Wegtunnels' vormt de eerste stap op weg naar een gestandaardiseerde methodiek voor scenarioanalyse. Deze leidraad is ontwikkeld door het Steunpunt Tunnelveiligheid (RWS/BD) in opdracht van het Centrum voor Ondergronds Bouwen (COB).

De inhoud van deze Leidraad Scenarioanalyse voor Wegtunnels zal regelmatig worden geëvalueerd en indien nodig bijgesteld aan de hand van de praktijkervaringen, voortschrijdende inhoudelijke inzichten en eventuele ontwikkelingen op het gebied van wet- en regelgeving. Binnen redelijke termijn zal – met inachtneming van de aanpassingen in het eerste deel – een integrale rapportage 'Leidraad Scenarioanalyse Ongevallen in Tunnels' worden gepresenteerd.

Voor nu gaat onze dank uit naar de vele deskundigen die een bijdrage hebben geleverd aan de totstandkoming van deze 'Leidraad Scenarioanalyse voor Ongevallen in Tunnels, Deel 1: Wegtunnels'.

Han Admiraal
Programmadirecteur COB

Evert Worm
Voorzitter Uitvoeringscommissie

Inhoud

1	Inleiding	7
1.1	De Leidraad Scenarioanalyse voor wegtunnels	7
1.2	Leeswijzer	8
1.3	Terugkoppeling gebruikerservaringen	8
2	Begrippen	9
3	Aanpak scenarioanalyse	10
3.1	Scenarioanalyse	10
3.2	Afbakening	11
3.3	Aanpak	12
4	Scenarioanalyseteam	13
4.1	Inleiding	13
4.2	Instructies	13
5	Toetscriteria (stap 0)	15
5.1	Inleiding	15
5.2	Instructies	15
6	Beschrijving tunnelsysteem (stap 1)	17
6.1	Inleiding	17
6.2	Instructies	18
7	Selectie relevante scenario's (stap 2)	19
7.1	Inleiding	19
7.2	Instructies	20
8	Uitwerking scenario's (stap 3)	23
8.1	Inleiding	23
8.2	Instructies	24
9	Toets en beoordeling (stap 4)	26
9.1	Inleiding	26
9.2	Instructies	26

1 Inleiding

1.1 De Leidraad Scenarioanalyse voor wegtunnels

Bij de aanleg van tunnels en overkapt constructies speelt het aspect veiligheid een steeds belangrijker rol in het bestuurlijke proces. Steeds meer ontstaat het inzicht, dat vanaf het prille begin van een nieuwbouwproject moet worden gekeken naar de veiligheid van een object. Daarbij gaat het enerzijds om de interne veiligheid van tunnelgebruikers (aanwezigen in de tunnel zoals weggebruikers, onderhoudsmedewerkers en hulpverleners) en anderzijds de externe veiligheid van omwonenden.

Ten tijde van het schrijven van deze Leidraad wordt een Wet Aanvullende Regels Tunnelveiligheid verwacht (Wet ART, zie bijlagenrapport voor toelichting). In deze Wet zal, zoals het zich nu laat aanzien, onder meer worden vastgelegd dat voor iedere tunnel een kwantitatieve risicoanalyse en een deterministische scenarioanalyse uitgevoerd moeten worden¹. Deze Leidraad Scenarioanalyse geeft richtlijnen voor het uitvoeren van dergelijke scenarioanalyses voor wegtunnels.

Voor het uitvoeren van kwantitatieve risicoanalyses op het gebied van de externe veiligheid van industriële installaties, opslagfaciliteiten en vervoer van gevaarlijke stoffen voor omwonenden zijn in de afgelopen jaren goed onderbouwde handleidingen ontwikkeld. Het standaardwerk voor dergelijke kwantitatieve risicoanalyses in Nederland is het Paarse Boek. Dit vormt als het ware het sluitstuk van de serie Gele Boek (fysische effecten), Groene Boek (schade en slachtoffers) en Rode Boek (kansen). Voor een kwantitatieve risicoanalyse met betrekking tot de interne veiligheid van transport (van gevaarlijke stoffen) door tunnels voor tunnelgebruikers wordt momenteel door het Steunpunt Tunnelveiligheid (Rijkswaterstaat) een model ontwikkeld, waarvan wordt verwacht dat dit over enige tijd een zelfde status zal hebben als bovengenoemde handleidingen voor risicoberekeningen van de externe veiligheid voor omwonenden in het vrije veld.

De voorliggende Leidraad Scenarioanalyse beschrijft de binnen het Steunpunt Tunnelveiligheid ontwikkelde methodiek voor scenarioanalyse voor wegtunnels. De Leidraad is ontwikkeld voor toepassing op een tunnelontwerp dat reeds is getoetst met behulp van een kwantitatieve risicoanalyse, waarbij de resultaten hiervan voldoen aan de op dat moment geldende eisen.

¹ Wanneer de Wet ART gereed is, zal de eerstvolgende nieuwe versie van deze Leidraad erop worden aangepast. Vooralsnog is de Veiligheidsfilosofie van het Steunpunt Tunnelveiligheid gehanteerd als kader voor de scenarioanalyse. In het bijlagenrapport is meer te vinden over de Wet ART en de Veiligheidsfilosofie.

1.2 Leeswijzer

De Leidraad Scenarioanalyse bestaat uit dit hoofddocument en een bijlagenrapport. Hoofdstukken 2 en 3 van het hoofddocument bevatten respectievelijk definities van gebruikte begrippen en een beschrijving van de voor scenarioanalyse gekozen aanpak.

Vanaf hoofdstuk 4 wordt in elk van de hoofdstukken één van de te volgen stappen bij het uitvoeren van een scenarioanalyse beschreven. Dit gebeurt in de vorm van instructies met een korte toelichting.

Het bijlagenrapport biedt toelichtingen en voorbeelden bij de instructies. De hoofdstukindeling van het bijlagenrapport correspondeert met de hoofdstukindeling van het hoofddocument.

1.3 Terugkoppeling gebruikerservaringen

Voortschrijdend (wetenschappelijk) inzicht, wijzigingen in wet- en regelgeving en gebruikerservaringen zullen leiden tot verbeteringen van de Leidraad in de toekomst.

Wij vragen u daarom uw praktijkervaring met de Leidraad Scenarioanalyse terug te koppelen met:

Bouwdienst Rijkswaterstaat
Steunpunt Tunnelveiligheid
Postbus 20.000, 3502 LA Utrecht
Tel. (030) 285 83 70
E-mail STTV@bwd.rws.minvenw.nl
www.tunnelsafety.nl
www.bouwdienst.nl

of Centrum Ondergronds Bouwen
Postbus 420
2800 AK Gouda
Tel. (0182) 540 660
E-mail cob@cur.nl
www.cob.nl

2 Begrippen

In hoofdstuk 2 van het bijlagenrapport zijn enkele benaderingen van (tunnel)veiligheid toegelicht.

Actoren en actorenanalyse

Actoren zijn partijen die, actief of passief, betrokken zijn bij het tunnelproject. Bij een actorenanalyse worden de rollen, doelstellingen en belangen van de actoren geanalyseerd om de actoren de juiste rol bij de scenarioanalyse toe te delen.

→ Hoofdstuk 4, Scenarioanalyseteam

Scenario

Een scenario wordt in deze Leidraad gedefinieerd als een reeks opeenvolgende gebeurtenissen in een tunnel. De gebeurtenissen beschrijven het verloop, de ontwikkeling en de afwikkeling van het betreffende incident door alle betrokkenen. Betrokkenen zijn onder meer de tunnelgebruikers, de tunneloperator en de hulpverleningsdiensten.

→ Hoofdstuk 7, Selectie relevante scenario's (stap 2)

Scenarioanalyse

Een scenarioanalyse is een instrument voor het objectief beschouwen van de ontwikkeling en afwikkeling van een beperkt aantal ongevalsscenario's. De scenarioanalyse geeft daarmee inzicht in enerzijds de mate waarin het tunnelsysteem voldoet aan de gestelde veiligheidsdoelen, en anderzijds in de maatregelen die zonodig getroffen moeten worden om alsnog de gestelde veiligheidsdoelen te bereiken.

→ Hoofdstuk 3, Aanpak scenarioanalyse

Toetscriterium en toetsvariabele

Een toetscriterium geeft één of meer waarde(n) aan, gekoppeld aan één van de toetsvariabelen, waaraan het tunnelsysteem dient te voldoen.

→ Hoofdstuk 5, Toetscriteria (stap 0)

Tunnelsysteem en systeemvariabele

Het tunnelsysteem bestaat uit de tunnelconstructie zelf, de in- en externe infrastructuur, de technische voorzieningen en maatregelen en de organisatie er omheen (met name beheerder en hulpverleningsdiensten). Maatregelen hebben in het kader van de scenarioanalyse vooral betrekking op voorzieningen die bijdragen aan het voorkómen van escalatie, aan zelfredzaamheid van tunnelgebruikers en aan de organisatie van de hulpverlening.

Een systeemvariabele is een variabele, waarvan de waarde een kenmerk van het tunnelsysteem beschrijft.

→ Hoofdstuk 6, Beschrijving tunnelsysteem (stap 1)

Uitwerkingsvariabele

Uitwerkingsvariabelen zijn nodig voor het berekenen van de toetsvariabelen.

→ Hoofdstuk 8, Uitwerking scenario's (stap 3)

3 Aanpak scenarioanalyse

3.1 Scenarioanalyse

Aan een tunnelontwerp wordt als eis gesteld dat de tunnelgebruikers veilig door de tunnel kunnen reizen. Het ontwerp wordt dan ook voorzien van een pakket technische en organisatorische maatregelen dat een bepaald minimum-veiligheidsniveau moet waarborgen, de zogenaamde "basismaatregelen"². Deze basismaatregelen zijn gericht op conformiteit van het tunnelontwerp met de eisen aan de interne veiligheid. Dit is de veiligheid van de tunnelgebruikers, die wordt afgemeten aan het "groepsrisico" dat wordt vastgesteld met behulp van een kwantitatieve risicoanalyse (QRA).

Soms is het pakket basismaatregelen uit veiligheidsoogpunt voldoende. In veel gevallen zullen er echter aanvullende veiligheidsmaatregelen nodig of gewenst zijn. Om dat vast te stellen is een aanvullende analyse nodig. Een QRA verschaft weliswaar inzicht in de totale, "gemiddelde" veiligheid van een (tunnel)systeem maar niet in de wijze waarop het systeem – inclusief de organisatie eromheen – ongevallen met specifieke kenmerken kan verwerken. Denk hierbij aan grootschalige ongevallen, of aan ongevallen die zich op een complexe manier ontwikkelen.

Met name wanneer een groot beroep wordt gedaan op de mogelijkheden tot zelfredding of de effectiviteit van hulpverlening kan het zinvol zijn om een risicoanalyse uit te voeren van enkele specifieke ongevalsscenario's. Dit is wat we verstaan onder "scenarioanalyse": een risicoanalyse, waarbij het accent vooral ligt op de gevolgen van een ongeval, en in mindere mate op de kansen. Aanknopingspunten voor een scenarioanalyse worden gevonden in de zich tijdens een ongeval afspelende processen, zoals detectie en alarmering, zelfredding, en hulpverlening. Aan de hand van de verwachte slachtoffers en schade in relatie tot de ongevalsontwikkeling wordt inzicht verkregen in de prestatie van het systeem op het gebied van veiligheid en kunnen de verbetermogelijkheden worden opgespoord.

Samengevat:

Een scenarioanalyse is een analyse van de ongevalsprocessen en van de gevolgen van één of enkele ongevalsscenario's, met als doel het leveren van een bijdrage aan het veiligheidsniveau van het tunnelontwerp.

² In het kader van de Integrale Veiligheidsfilosofie van het Steunpunt Tunnelveiligheid zijn de basismaatregelen beschreven in de Veiligheidsrichtlijnen deel C (kortweg: VRC). Deze kunnen worden verkregen via www.tunnelsafety.nl

3.2 Afbakening

Uit het bovenstaande volgt datgene wat wel bij een scenarioanalyse hoort: het beschrijven van één of meer ongevalsscenario's en hun ontwikkeling, inclusief de reacties van het de technische systemen in de tunnel, de tunneloperator en/of beheerder, de tunnelgebruikers en de hulpverleningsdiensten. Voorts beschrijft een scenarioanalyse de optredende verschijnselen (brand, explosie, vrijkomen giftige stoffen) en de gevolgen daarvan voor de aanwezigen in de tunnel. Ten slotte worden de einduitkomsten van de geanalyseerde scenario's getoetst aan eerder opgestelde toetscriteria. De uitvoering van de scenarioanalyse wordt gedaan door een analyse-team (meer daarover in hoofdstuk 4).

Men kan zich scenario's voorstellen, waarbij het vermijden van slachtoffers tegen maatschappelijk aanvaardbare kosten niet mogelijk is (het zogenaamde "restrisico"). Wat in dit verband "maatschappelijk aanvaardbaar" is, is een *bestuurlijke* (politieke) beslissing, waarbij de scenarioanalyse de nodige handvatten kan bieden. Het gaat dan om een beschrijving van scenario's in termen van waarschijnlijkheid, gevolgen en mogelijkheden om maatregelen te nemen. Deze discussie over maatschappelijke aanvaardbaarheid hoort echter niet thuis in een scenarioanalyse.

Tevens kan blijken dat bepaalde aanvullingen op het pakket basismaatregelen het veiligheidsniveau aanzienlijk verhogen, maar dat deze een aanzienlijke extra investering met zich meebrengen. Ook in dat geval is er sprake van een bestuurlijke afweging die los van de scenarioanalyse moet worden gemaakt en dus buiten de verantwoordelijkheid valt van het analyseteam.

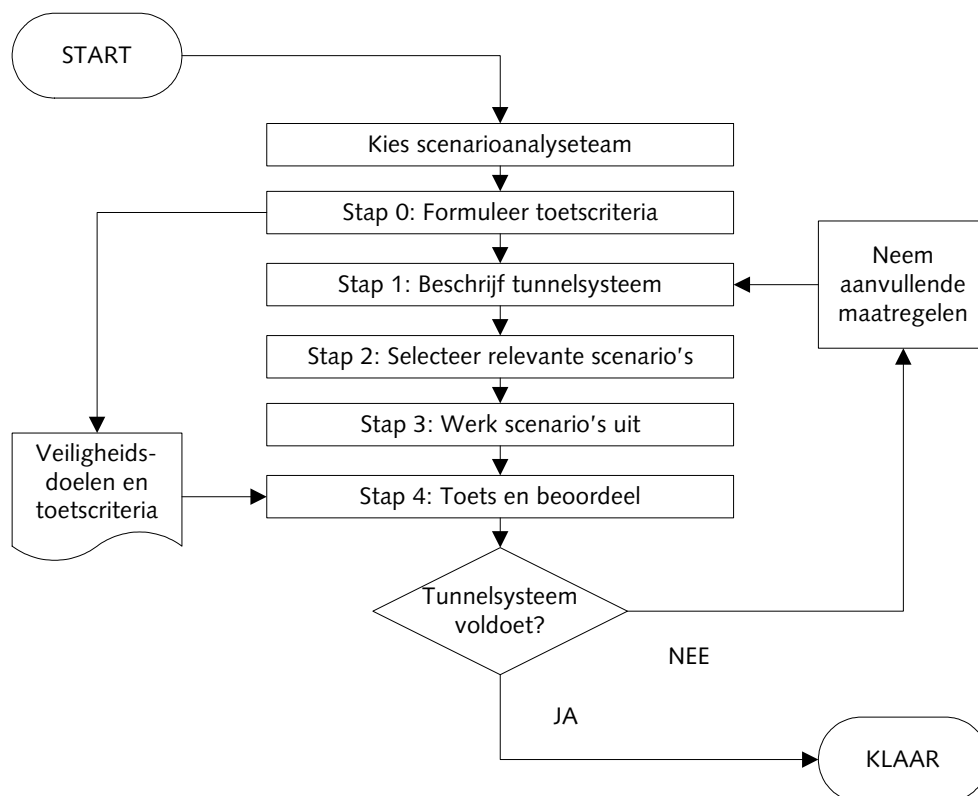
De kwantificering van effecten en schade van de scenario's is bij dit type analyse ondersteunend ten opzichte van de kwalitatieve analyse. Kwantificering wordt toegepast waar dit mogelijk maar vooral waar het nuttig is voor het bepalen van het vereiste voorzieningenniveau van de tunnel en de mogelijkheden van zelfredding en hulpverlening.

Deze Leidraad is specifiek gericht op scenarioanalyses die worden uitgevoerd ten tijde van het maken van het definitief ontwerp (tijdens de MIT-realisatiefase). In principe kan een scenarioanalyse worden uitgevoerd in iedere fase van een (tunnel)bouwproject (zie het bijlagenrapport voor een toelichting). Hierbij wordt opgemerkt dat, naarmate het ontwerpproces vordert:

- het accent meer ligt op zelfredding en hulpverlening, en minder op pro-actie en preventie;
- de scenarioanalyse specifiekere wordt;
- kwantificering van effecten en schade beter mogelijk wordt.

3.3 Aanpak

Figuur 1 toont stapsgewijze instructies voor het gebruik van de Leidraad Scenario-analyse.



Figuur 1 Te volgen stappen bij gebruik van de Leidraad Scenarioanalyse

Na het samenstellen van een analyseteam worden toetscriteria geformuleerd (stap 0, zie hoofdstuk 5). Deze toetscriteria worden afgeleid van de algemene veiligheidsdoelen van het tunnelproject.

De volgende stap is een nauwkeurige beschrijving van het tunnelsysteem (stap 1, zie hoofdstuk 6). Vervolgens wordt een reeks scenario's geselecteerd en beschreven (stap 2, zie hoofdstuk 7).

De uitwerking van de aldus geselecteerde scenario's (stap 3, zie hoofdstuk 8) is uiteindelijk gericht op het toetsen van het tunnelsysteem aan de toetscriteria. Mede op basis van deze toets wordt ten slotte een oordeel gevormd over het al dan niet bereiken van de veiligheidsdoelen (stap 4, zie hoofdstuk 9).

Mogelijk blijkt uit de analyse dat niet alle veiligheidsdoelen worden bereikt. In dat geval kunnen aanvullende maatregelen worden overwogen. Deze betekenen een verandering in het tunnelsysteem. Voor het – eventueel – beoordelen van het effect hiervan worden de stappen 1 tot en met 4 opnieuw doorlopen.

4 Scenarioanalyseteam

4.1 Inleiding

De scenarioanalyse vraagt tijdens de uitvoering om een gestructureerde dialoog tussen de betrokken partijen. Om de dialoog soepel te laten verlopen is goede communicatie een essentiële randvoorwaarde. Een analyseteam is voor dit doel zeer geschikt. De kwaliteit van een scenarioanalyse wordt sterk bevorderd door in een zo vroeg mogelijk stadium een scenarioanalyseteam samen te stellen.

Door alle betrokkenen voortdurend op de hoogte te houden van en te laten meepraten over het verloop van de analyse wordt voorkomen dat na het uitvoeren van de scenarioanalyse nog discussie ontstaat over de vraag of alle relevante scenario's zijn meegenomen en of dat op de juiste manier is gebeurd.

Aanbevolen wordt, een onafhankelijke begeleidingscommissie te benoemen die – op afstand – fungeert als toetsers en klankbord voor het scenarioanalyseteam³.

De beslissende rol is in veel gevallen weggelegd voor de vergunningverlener (het bevoegd gezag).

De instructies in paragraaf 4.2 dienen door of namens de projectleider van het tunnelproject te worden uitgevoerd.

4.2 Instructies

1. *Houd rekening met en maak gebruik van bestaande afspraken over de bij de veiligheidsbeschouwingen te betrekken partijen.*

Een scenarioanalyse, zoals in deze Leidraad beschreven, wordt uitgevoerd als het project al enige tijd loopt. Bij de meeste projecten is er wel sprake van een bestaande overleggroep waarin veiligheidsaspecten worden besproken, of zijn er afspraken gemaakt over de bij de analyse te betrekken partijen. Bij de scenarioanalyse kan men hiervan gebruik maken.

2. *Voer vooraf een actorenanalyse uit om inhoudelijke kwaliteit en draagvlak voor de oplossingen te krijgen.*

Bij een scenarioanalyse dienen de verschillende partijen vertegenwoordigd te zijn die bij het tunnelbouwproces zijn betrokken (de actoren). Er kan grote winst worden behaald door vooraf een actorenanalyse uit te voeren. Hiermee wordt beoogd te voorkomen dat na het uitvoeren van de scenarioanalyse nog discussie ontstaat over de vraag of alle relevante scenario's zijn meegenomen en over de mate en manier van uitwerking.

Voor nadere toelichting en een voorbeeld: zie hoofdstuk 4 van het bijlagenrapport.

³ Hier wordt NIET bedoeld de expertgroep conform deel A van de Beleidsnota Tunnelveiligheid. De expertgroep brengt weliswaar een zwaarwegend advies uit, doch doet dit op basis van alle voorhanden zijnde voor het project relevante analyses, waaronder een afgeronde scenarioanalyse.

3. *Beschrijf de taken, verantwoordelijkheden en bevoegheden van het scenario-analyseteam.*

Vooraf moet worden nagedacht over de rol van het scenarioanalyseteam in relatie tot die van het projectteam en de eventuele begeleidingscommissie. Beslist het scenarioanalyseteam zelf over zaken als de toetscriteria en de te selecteren scenario's, dan zal dit een andere teamsamenstelling tot gevolg hebben dan indien dit niet het geval is.

Als besloten is tot het instellen van een begeleidingscommissie, beschrijf dan ook haar taken en de relatie met de expertgroep zoals bedoeld in deel A van de Beleidsnota Tunnelveiligheid.

Voor nadere toelichting en een voorbeeld: zie hoofdstuk 4 van het bijlagenrapport.

4. *Formeer het scenarioanalyseteam (en desgewenst de begeleidingscommissie) en geef het de opdracht voor een scenarioanalyse.*

Bij het samenstellen van een scenarioanalyseteam en een begeleidingscommissie kunnen, benevens het gestelde onder de voorgaande instructies, de volgende vuistregels worden gehanteerd:

- a) in scenarioanalyseteam en begeleidingscommissie gezamenlijk zijn in ieder geval vertegenwoordigers van de initiatiefnemer en de beslissers vertegenwoordigd;
- b) denk vooraf na over de bijdrage van de politieke en de publieke tribune. Doel van het betrekken van deze partijen: voldoende inspraak, creëren draagvlak, vermijden van principiële discussies later in het proces;
- c) het is van belang om de argumenten voor het al dan niet uitnodigen van bepaalde partijen helder te maken. Dit komt de transparantie van het proces ten goede.

5 Toetscriteria (stap 0)

5.1 Inleiding

In deze stap wordt afgesproken aan welke toetscriteria het tunnelsysteem moet voldoen teneinde de achterliggende veiligheidsdoelen te bereiken.

In de huidige regelgeving is nog geen volledige reeks eisen aan tunnelveiligheid beschikbaar. Wel zijn er vele ontwikkelingen gaande op dit gebied, die uiteindelijk moeten leiden tot eenduidige eisen (Wet ART, zie het bijlagenrapport). Wanneer deze eisen beschikbaar zijn, kunnen zij worden gebruikt als grondslag van de toetscriteria voor de scenarioanalyse.

Vooralsnog biedt dit hoofdstuk richtlijnen voor het zelf formuleren van veiligheidsdoelen en toetscriteria.

5.2 Instructies

1. *Formuleer de veiligheidsdoelen.*

Zolang er geen algemeen geldende richtlijnen zijn (zie bijlagenrapport voor toelichting), moeten de veiligheidsdoelen binnen het project worden geformuleerd alvorens men aan de scenarioanalyse kan beginnen.

Gezien het belang van de veiligheidsdoelen wordt aanbevolen om de doelen te formuleren in overleg met (een vertegenwoordiger van) het projectteam (van het overkoepelende tunnelproject) en de eventuele begeleidingscommissie.

2. *Benoem voor elk veiligheidsdoel de relevante toetsvariabelen.*

Elk van de veiligheidsdoelen wordt meetbaar gemaakt met behulp van één of meer toetscriteria. Een toetscriterium geeft één of meer waarde(n) aan, gekoppeld aan één van de toetsvariabelen, waaraan het tunnelsysteem dient te voldoen.

Een toetscriterium kan bijvoorbeeld bestaan uit een grenswaarde van een toetsvariabele, die niet mag worden over- of onderschreden. In het uitwerkingsstadium van de scenarioanalyse zullen waarden worden bepaald voor elk van de toetsvariabelen.

Om op basis van veiligheidsdoelen toetscriteria te kunnen formuleren, moeten eerst toetsvariabelen worden gekoppeld aan elk van de veiligheidsdoelen.

3. Vul in de toetstabel (Tabel 1) toetscriteria in voor elk van de toetsvariabelen. Maak hierbij gebruik van de voorbeelden uit het bijlagenrapport en / of eerder uitgevoerde scenarioanalyses.

In het bijlagenrapport zijn verdere handreikingen opgenomen voor het formuleren van veiligheidsdoelen, toetsvariabelen en toetscriteria.

Eindresultaat van stap 0: Toetscriteria

Een toetstabel waarin veiligheidsdoelen, toetsvariabelen en toetscriteria zijn ingevuld (zie Tabel 1).

Tabel 1 Toetstabel

Veiligheidsdoel	Toetscriterium	(de overige kolommen worden in stap 4 ingevuld: zie hoofdstuk 9.)
Toetsvariabele		
.....		
Veiligheidsdoel 1		
Toetsvariabele 1.1	Criterium 1.1 Bijvoorbeeld: mag niet groter zijn dan	
Toetsvariabele 1.2	Criterium 1.2 Bijvoorbeeld: moet gelijk zijn aan a of aan b	

6.2 Instructies

1. *Kies de systeemvariabelen die het tunnelsysteem beschrijven. Toets de reeks systeemvariabelen aan de toetsvariabelen.*

Het inzicht in het veiligheidsniveau wordt in belangrijke mate bepaald door de keuze van de systeemvariabelen. Een systeemvariabele is een variabele, waarvan de waarde een kenmerk van het tunnelsysteem beschrijft.

Systeemvariabelen hebben bijvoorbeeld betrekking op de tunnelconstructie (o.a. aantal kokers, dwarsverbindingen, vluchtdeuren), de inrichting (o.a. verlichting, ventilatie, blusvoorzieningen) en de organisatie (o.a. de tunnel operator, hulpdiensten).

Wanneer een reeks systeemvariabelen is gekozen, moet worden getoetst of nu alle systeemvariabelen in de beschrijving zijn opgenomen, die van belang zijn om te beoordelen of het tunnelsysteem voldoet aan de toetscriteria.

In hoofdstuk 6 van het bijlagenrapport staat een overzicht van mogelijke systeemvariabelen. Afhankelijk van de projectspecifieke omstandigheden kunnen andere systeemvariabelen van belang zijn. Het scenarioanalyseteam moet dan ook afwegen of andere systeemvariabelen (dan die in de bijlage) in de analyse beschouwd moeten worden.

2. *Bepaal zo volledig mogelijk alle waarden van de systeemvariabelen. Beschrijf hierbij de gebruikte literatuur en geef duidelijk aan waar sprake is van aannames en/of onzekere factoren, zoals aangegeven in Figuur 2. Vul de resultaten in in de systeembeschrijving (Tabel 2).*

Maak bij het invullen van de systeembeschrijving zoveel mogelijk gebruik van reeds bestaande documenten, tekeningen en dergelijke. Belangrijke bronnen zijn: het tunnelontwerp, het projectteam en projectdocumenten.

Afhankelijk van het moment in de ontwerpfase van het tunnelbouwproject zullen niet alle systeemvariabelen al bekend of vastgesteld zijn. Mogelijk moeten aannames worden gedaan.

Eindresultaat van stap 1: beschrijving tunnelsysteem

Een ingevulde systeembeschrijving (zie Tabel 2).

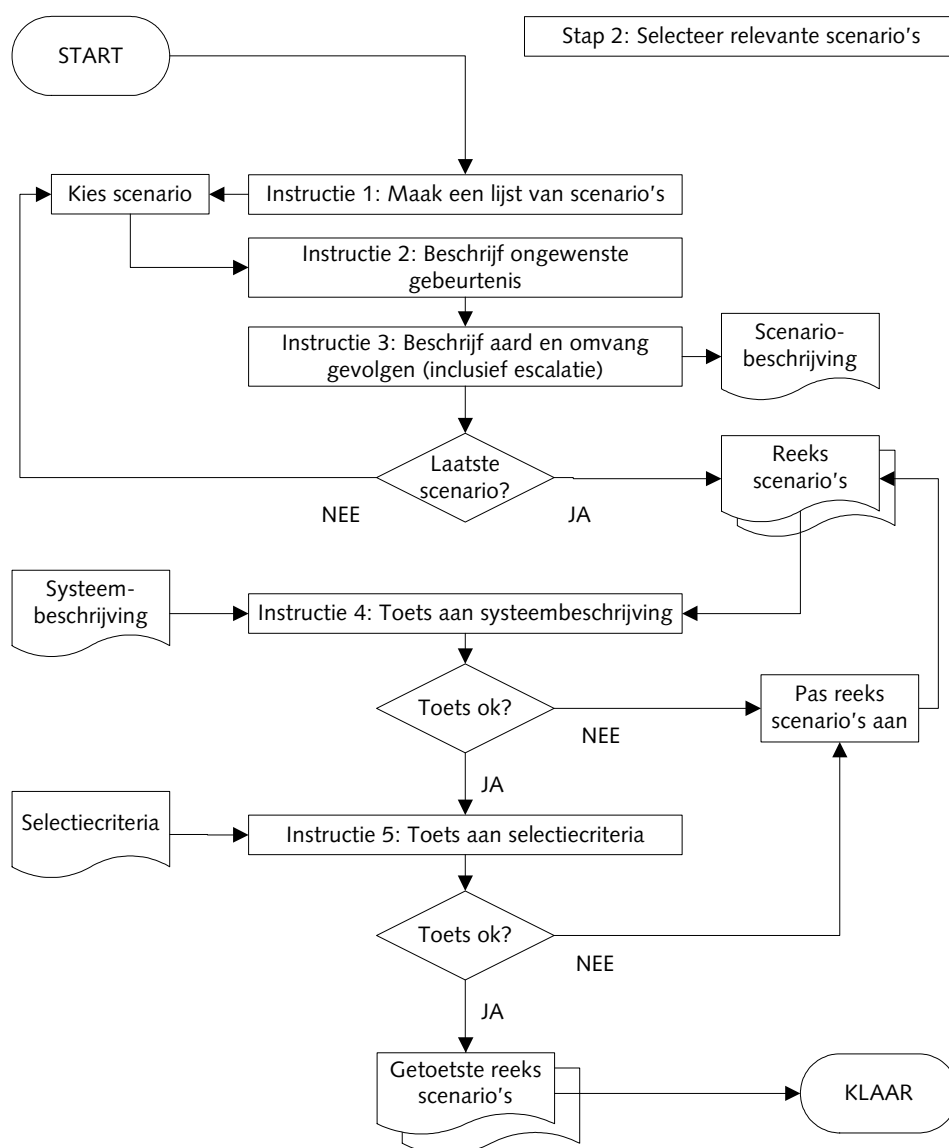
Tabel 2 Systeembeschrijving

Systeemvariabele	Waarde	Aanname (bron)	Opmerkingen
[variabele]	[waarde]	[indien van toepassing: aanname + bronvermelding]	[opmerkingen, indien relevant]

7 Selectie relevante scenario's (stap 2)

7.1 Inleiding

In een scenarioanalyse wordt een beperkt aantal relevante scenario's beschouwd. De reeks scenario's dient representatief te zijn voor de te beschouwen systeemvariabelen van het tunnelontwerp. Niet geanalyseerde systeemvariabelen kunnen leiden tot een te optimistische beoordeling. Figuur 3 toont het proces om gestructureerd tot scenariokeuzes te komen.



Figuur 3 Stappenplan scenarioselectie

7.2 Instructies

1. *Maak in eerste instantie gebruik van het Tunnelboekje voor zwaailichten⁴ voor de keuze van de te analyseren scenario's.
Maak een afweging of extra scenario's moeten worden toegevoegd.*

De reeks scenario's moet ten minste bestaan uit één scenario per categorie ongevalsontwikkeling (zie Tabel 3). In het bijlagenrapport staat een overzicht met voorbeelden van scenario's.

Tabel 3 *Categorieën ongevalsontwikkeling*

Categorie	
A	Pech, uitsluitend materiële schade (UMS), obstakel op rijbaan
B	Botsing met letsel
C	Kleine brand
D	Grote brand
E	Vrijkomen van giftige stoffen
F	Explosie

2. *Beschrijf voor elk scenario eerst de reeks van gebeurtenissen, leidend tot het incident.*

Beschrijf hierbij in algemene termen de aard van het incident. Geef bovendien een indicatie van de te verwachten aanwezigen op het moment van het incident (soort en globaal aantal voertuigen).

Houd bij het beschrijven van de gebeurtenissen rekening met de verwachte mate van escalatie in het scenario. Of escalatie optreedt, is voor een groot deel afhankelijk van de in de tunnel aanwezige voorzieningen en maatregelen.

Een incident "kettingbotsing met letsel" kan bijvoorbeeld een geëscaleerd pechgeval zijn. Misschien is in dit scenario de operator even afgeleid, waardoor hij de rijstrook te laat afkruist. Het pechgeval en de onoplettendheid van de operator en de achteropkomende weggebruiker(s) vormen dan de aanleiding voor het te analyseren incident. Dit incident hoort thuis in categorie B.

Daarentegen kan een pechgeval worden afgewikkeld zonder dat verdere escalatie optreedt. In dat geval wordt het incident "pech" ondergebracht in categorie A.

Meer informatie over escalatie staat in het bijlagenrapport.

⁴ Het Tunnelboekje voor zwaailichten (zie www.tunnelsafety.nl) bevat een lijst met standaard scenario's, die op basis van een drietal eerdere studies is samengesteld.

3. *Beschrijf voor elk scenario globaal de aard en omvang van de gevolgen van het incident.*

Orde-groottes van de aard en omvang van de uiteindelijke gevolgen worden ingeschat:

- omvang van letsel;
- omvang van materiële schade;
- hoeveelheid vrijgekomen gevaarlijke stoffen bij uitstromingsscenario's;
- omvang van een brand in geval van brandscenario's.

4. *Toets elk scenario afzonderlijk én de complete reeks aan de systeemvariabelen (en aan de toetsvariabelen).*

Bij een juist gekozen reeks scenario's worden alle systeemvariabelen betrokken, die van belang zijn om te beoordelen of het tunnelsysteem voldoet aan de toetscriteria. Van elke systeemvariabele uit de systeembeschrijving moet dus beoordeeld worden of deze in minimaal één van de scenario's betrokken wordt. Als niet alle systeemvariabelen door de reeks scenario's worden afgedekt, dan moet de reeks aangepast worden en opnieuw getoetst.

De systeembeschrijving zelf is in stap 1 reeds getoetst op basis van de toetsvariabelen. Daarom wordt ervan uitgegaan dat met het doorstaan van de toets aan de systeembeschrijving, de reeks scenario's tevens invulling geeft aan alle toetsvariabelen.

5. *Toets elk scenario afzonderlijk én de complete reeks aan drie generieke selectiecriteria.*

In veel gevallen zal de reeks scenario's in dit stadium de toets aan de hierna beschreven criteria doorstaan. Is dit niet het geval, dan moet de reeks worden bijgesteld en opnieuw getoetst aan de systeemvariabelen en de selectiecriteria.

criterium 1: reëel en waarschijnlijk

De scenario's moeten voor het tunnelsysteem en haar omgeving vóór alles *mogelijk* zijn. Daarnaast speelt de waarschijnlijkheid van optreden een rol. Of een scenario moet worden beschouwd in de analyse, moet door het analyseteam worden vastgesteld, eventueel in overleg met de begeleidingscommissie. Vragen die hierbij een rol spelen zijn: wat voegt dit scenario nog toe aan de analyse? Wat zijn de consequenties van dit scenario voor het veiligheidsniveau? Hoe effectief zijn de eventuele maatregelen? Consensus over deze vragen is essentieel.

criterium 2: functioneel en doelmatig

Functionaliteit houdt ook in dat de reeks scenario's de grenzen van het systeem moet verkennen: worden alle (aanwezige, wenselijke of zelfs voorstelbare) maatregelen en voorzieningen aangesproken? En worden ze zover 'getest' dat een verbetering van het veiligheidsniveau wordt bereikt?

Voor de evaluatie van het aspect zelfredding is het scenario 'pech op de vluchtstrook' van minder belang – hier zal de scenariocategorie "grote brand" eerder maatgevend zijn. Het pechscenario is echter wel relevant voor analyse en optimalisatie van detectie- en communicatiesystemen, alsmede voor de analyse van het mi-

tigerend vermogen van het systeem: kan in dit scenario escalatie worden voorkomen of niet?

Doelmatigheid houdt hierbij in, dat met zo min mogelijk middelen wordt beantwoord aan de veiligheidsdoelen. Hiermee wordt mede bedoeld de kosteneffectiviteit van de maatregelen en voorzieningen.

Criterium 3: representatief en evenwichtig

De uiteindelijke verzameling te beschouwen scenario's moet alle voorstelbare scenario's goed representeren. Deze selectie moet dan ook breed en evenwichtig zijn: kleine en grote scenario's, botsingen en branden, etc.

Eindresultaat van stap 2: selectie relevante scenario's

Een getoetste reeks scenario's met daarin per scenario:

- een korte beschrijving van het incident (inclusief eventuele aanleiding);
- een indicatie van de aanwezigen en omstandigheden ten tijde van optreden van het incident;
- een indicatie van de ontwikkeling van het incident;
- een indicatie van de aard en omvang van de gevolgen.

De scenario's kunnen worden beschreven in de vorm van een scenariotabel (zie Tabel 4). In de tabel zijn de bij instructie 2 genoemde voorbeelden opgenomen.

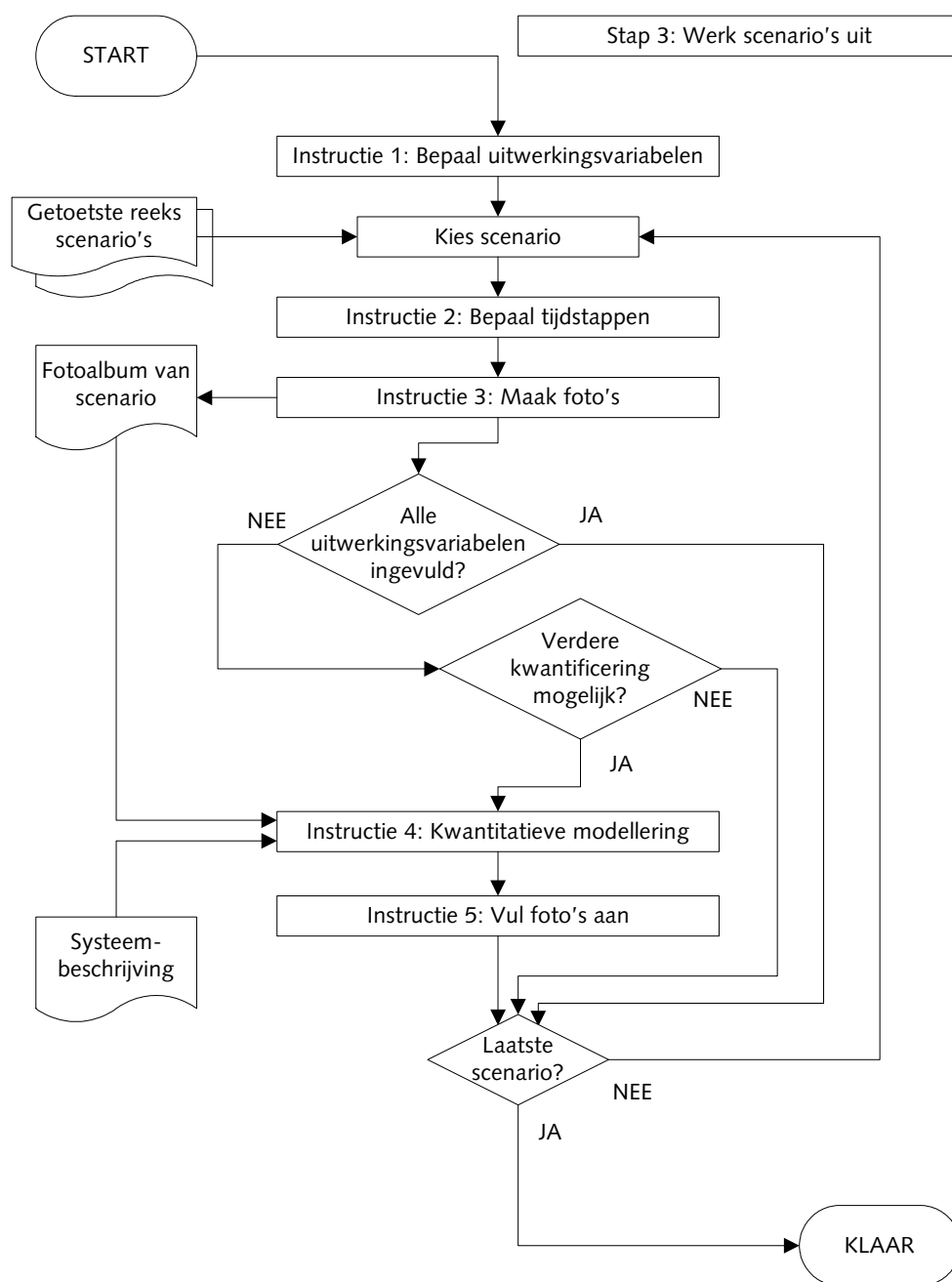
Tabel 4 Scenariotabel

Categorie		Beschrijving incident	Aanwezigen	Bijzonderheden
		Voorbeeld	Voorbeeld	Voorbeeld
A	Pech, UMS, obstakel op rijbaan	Vrachtauto met bandenpech.	Verkeersintensiteit: voertuigen per uur 90% personenauto's en 10% vrachtverkeer	Ochtendspits Pechgeval zonder verdere materiële schade of letsel.
B	Botsing met letsel	Kettingbotsing: achteropkomend verkeer botst op personenauto met pech (dus geëscaleerd pechgeval). 12 betrokken voertuigen waaronder 2 vrachtauto's.	Verkeersintensiteit: voertuigen per uur 85% personenauto's en 15% vrachtverkeer	Overdag (geen spits) Geen doden; 6 à 10 letselgevallen. Materiële schade.
C	Kleine brand			
D	Grote brand			
E	Vrijkomen van giftige stoffen			
F	Explosie			

8 Uitwerking scenario's (stap 3)

8.1 Inleiding

De uitwerking van de scenario's behelst kwalitatieve en kwantitatieve analyse. De resultaten van de uitwerking van de scenario's bestaan uit een reeks ongevalsbeschrijvingen, die onder meer een lijst bevatten met geheel of gedeeltelijk gekwantificeerde uitwerkingsvariabelen. Figuur 4 toont het proces om de scenario's uit te werken.



Figuur 4 Stappenplan uitwerken scenario's

8.2 Instructies

1. *Bepaal welke uitwerkingsvariabelen bekeken moeten worden om een invulling te kunnen geven aan de toetsvariabelen*

Uitwerkingsvariabelen zijn nodig voor het berekenen van de toetsvariabelen. Er is altijd een relatie tussen de toetsvariabelen en de uitwerkingsvariabelen. In het meest eenvoudige geval is de toetsvariabele gelijk aan één van de uitwerkingsvariabelen, bijvoorbeeld de toetsvariabele 'aantal doden' in een scenario 'ongeval geen brand zijnde'. In een complexer geval is de toetsvariabele een functie van meerdere uitwerkingsvariabelen. Zo is bijvoorbeeld de toetsvariabele 'aantal gewonden' in een scenario 'vrachtwagen met ladingbrand' onder meer afhankelijk van de uitwerkingsvariabelen 'aantal voertuigen in de tunnel', 'ventilatiecapaciteit' en 'detectietijd van het ongeval'.

2. *Kies één voor één de scenario's en bepaal de tijdstappen.*

Elk scenario wordt uitgewerkt in meerdere tijdstappen. Het aantal stappen verschilt per scenario en kan vrij worden bepaald. De belangrijkste tijdstappen zijn weergegeven in Tabel 5.

Tabel 5 *Tijdstappen voor uitwerking*

Tijdstap	
0	aanloop en / of verstoring;
10	incident;
20	detectie en/of melding en/of start zelfredding;
30	start interne hulpverlening;
40	start externe hulpverlening;
50	einde.

Deze nummering kan met de nodige flexibiliteit worden gehanteerd. Soms vindt een verstoring zonder vooraankondiging plaats (tijdstap 0 wordt dan "verstoring"); soms zal er een in de tijd af te bakenen aanloop van gebeurtenissen plaats kunnen vinden.

Als het nodig is om tussenstappen in te voegen, kunnen deze worden genummerd binnen de tientallen (zie het voorbeeld in bijlage 8).

3. *Maak een 'foto' van elke tijdstap. Voeg de foto's samen tot een 'fotoalbum' van het scenario.*

Van elke tijdstap van het scenario wordt een zogenaamde foto gemaakt.

Deze foto bestaat uit:

- een indicatie van de tijdstap (nummer, omschrijving en tijdstip);
- een beschrijving van de gebeurtenissen in de tijdstap en van de maatregelen die op dat tijdstip zijn genomen door de operator en de hulpdiensten;
- een grafische weergave van de situatie in de tunnel(buis);
- een overzicht van de status van het tunnelsysteem aan de hand van de uitwerkingsvariabelen.

In dit stadium beperkt de kwantificering van uitwerkingsvariabelen zich tot inschattingen en – mogelijk – aannames. Door gebruikmaking van de kennis en expertise in het scenarioanalyseteam (begeleidingscommissie) en eventuele ingeschakelde derden kan men voor vele uitwerkingsvariabelen tot betrouwbare inschattingen komen.

Door het bijeenvoegen van de foto's tot een fotoalbum ontstaat een volledig beeld van het verloop van het scenario.

Zie het bijlagenrapport voor voorbeelden van fotoalbums.

4. *Maak gebruik van modellen voor verdere kwantificering, indien noodzakelijk en indien mogelijk.*

Bij het maken van het fotoalbum is tot op zekere hoogte al een kwantificering uitgevoerd. Nu moet worden nagegaan of deze uitwerking reeds voldoende informatie biedt om de waarden van de toetsvariabelen in te vullen. Men dient hierbij tevens een afweging te maken, hoe groot de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van de gegevens moet zijn om dit te kunnen doen.

Indien globale kwantificering van een uitwerkingsvariabele niet afdoende blijkt, kan worden besloten tot een gedetailleerde kwantificering. Het bijlagenrapport toont een aantal mogelijkheden voor het gedetailleerd bepalen van uitwerkingsvariabelen.

5. *Vul de foto's danwel het fotoalbum aan met de informatie die is verkregen bij de kwantitatieve uitwerking.*

De door middel van kwantitatieve uitwerking verkregen waarden van uitwerkingsvariabelen kunnen worden verwerkt in het fotoalbum of de fotoalbums.

Eindresultaat van stap 3: uitwerking scenario's

Voor elk scenario een fotoalbum met voor alle uitwerkingsvariabelen ingevulde waarden.

9 Toets en beoordeling (stap 4)

9.1 Inleiding

De laatste stap in de scenarioanalyse is bedoeld om vast stellen of het tunnelsysteem voldoet aan de in Stap 0 opgestelde toetscriteria, en of de veiligheidsdoelen worden bereikt.

In eerste instantie worden bij deze stap de in stap 3 gevonden waarden van de uitwerkingsvariabelen gebruikt, om de waarden van de toetsvariabelen in te vullen en vervolgens te toetsen aan de toetscriteria uit stap 0.

Vervolgens wordt teruggegrepen op de in stap 0 geformuleerde veiligheidsdoelen. De beoordeling of deze doelen worden bereikt, kan niet uitsluitend worden gebaseerd op de resultaten van de toets van de waarden aan de toetscriteria, vooral omdat tijdens het uitvoeren van de scenarioanalyse diverse aannames zijn gedaan.

9.2 Instructies

1. *Vul de in stap 3 bepaalde waarden van de toetsvariabelen in in de toetstabel.*

In stap 0 zijn de veiligheidsdoelen, toetsvariabelen en toetscriteria ingevuld in een toetstabel (Tabel 1). Voor elke toetsvariabele en voor elk scenario worden nu de waarden ingevuld in de tabel (zie Tabel 6). Deze waarden worden afgeleid uit de in stap 3 gemaakte fotoalbums.

2. *Toets elke waarde aan het bijbehorende toetscriterium en vul Tabel 6 verder in.*

Bij de toets van een waarde aan een toetscriterium kunnen zich drie situaties voordoen:

JA De waarde voldoet aan het toetscriterium.

NEE De waarde voldoet niet aan het toetscriterium.

? Het is onbekend of de waarde aan het toetscriterium voldoet, omdat bijvoorbeeld niet alle systeemgegevens bekend zijn.

Tabel 6 Toetstabel

Veiligheidsdoel	Toetscriterium	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Toetsvariabele		Waarde	Voldoet?	Waarde? Voldoet? Etc.
Zie hoofdstuk 5	Idem	Zie instructie 1	Zie instructie 2 Ja / nee / ?	

3. *Evalueer de resultaten: beoordeel per veiligheidsdoel of dit bereikt wordt. Gebruik hierbij de ingevulde toetsingstabel.*

Tracht bij deze stap eerst in het team per veiligheidsdoel een door allen gedragen oordeel te vormen. Tracht bovendien bij het rapporteren ervan zo goed mogelijk inzichtelijk te maken welke conclusies en aanbevelingen waarop zijn gebaseerd. Be-doeld worden hier de veiligheidsdoelen, waarvan in stap 0 de toetscriteria zijn afgeleid. Daar, waar het team niet tot een eensluidend oordeel kan komen, moeten de discussiepunten worden aangegeven. Hierover zal in een later stadium besluitvor-ming moeten plaatsvinden.

Bij deze beoordeling wordt per veiligheidsdoel:

- a) besproken hoe omgegaan moet worden met de resultaten van de toets aan de toetscriteria;
- b) beoordeeld of de toetscriteria (in stap 0) volledig inzicht geven in het bereiken van het veiligheidsdoel (toets achteraf: zijn de juiste toetscriteria gebruikt?);
- c) een discussie gepresenteerd over de gedane aannames in de systeembeschrijving en in het verloop van de scenario's en de onzekerheden in die aannames;
- d) uiteindelijk beoordeeld of het veiligheidsdoel zelf wordt bereikt.

Ad a) Als niet aan alle toetscriteria wordt voldaan of er staan nog vraagtekens, moet worden beoordeeld of, ondanks dat, toch het achterliggende veiligheidsdoel wordt bereikt.

Ad b) Vervolgens kan het voorkomen, dat gaande het proces duidelijk is geworden, dat de gehanteerde toetscriteria ontoereikend zijn om een volledig beeld te krijgen⁵. Ook dit dient in deze laatste stap van de scenarioanalyse aan de orde te komen.

Ad c) Hierbij kan sprake zijn van de volgende aannames:

- voor benodigde systeemvariabelen, waarvan de waarde onbekend was, zijn aannames gedaan omtrent de nadere invulling van maatregelen en voorzieningen;
- voor de ontwikkeling van scenario's zijn aannames gedaan omtrent de te verwachten uitwerking van maatregelen en voorzieningen (deze kunnen bepalend zijn voor het al dan niet escaleren van een incident);
- bij de uitwerking zijn aannames gedaan omtrent de aanwezigheid in de tunnel en diverse andere variabelen die benodigd zijn bij eventuele kwantitatieve modellering.

Mogelijk is tijdens de analyse gebleken, dat één of meer van deze aannames aanleiding zijn voor discussie⁵. In dit onderdeel van de beoordeling kan hier nader op ingegaan worden.

Ad d) Uiteindelijk zal het scenarioanalyseteam, gebruikmakend van de in het team aanwezige deskundigheid en ervaring, een eerlijke afweging moeten maken of inderdaad alle veiligheidsdoelen worden bereikt.

⁵ Mogelijk is al in een eerder stadium naar aanleiding van zo'n constatering de analyse verfijnd.

4. *Beoordeel hoe moet worden omgegaan met veiligheidsdoelen die niet worden bereikt, en met twijfelgevallen.*

Of en in welke mate aanvullende maatregelen worden verkend, en door wie, is vastgelegd ten tijde van het samenstellen van het scenarioanalyseteam (en eventueel de begeleidingscommissie).

Afhankelijk van de opdracht aan het scenarioanalyseteam kunnen de volgende strategieën worden gekozen:

- zelf aanvullende maatregelen bedenken en deze analyseren door terug te gaan naar stap 1 van de scenarioanalyse; dit opnemen als aanbevelingen (incl de 'opbrengst', dat wil zeggen: wordt met die maatregel het doel wel bereikt?);
- zelf aanvullende maatregelen bedenken en die vermelden als aanbevelingen, maar niet nader analyseren;
- geen aanvullende maatregelen bedenken.

Met behulp van de systeembeschrijvingstabel (zie Tabel 2) kan eenvoudig worden vastgesteld welke systeemonderdelen en -variabelen voor verbetering in aanmerking komen.

Eindresultaat van stap 4: toets en beoordeling

Een beoordeling van alle veiligheidsdoelen op basis van

- de toetscriteria en de resultaten van de uitwerking van de scenario's (toetsstabel);
- kennis en expertise van betrokkenen;
- overleg;

eventueel aangevuld met discussiepunten en met aanbevelingen inzake doelen waarover is geconcludeerd dat deze niet worden bereikt.