



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Rekenmethode voor rangeer- handelingen spoorwegemplacementen

Als bedoeld in artikel 2.1 onder C van het Bevi

Versie 1.2
12 april 2021

Colofon

© RIVM 2021

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

Contact:

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM)
Centrum Veiligheid
Postbus 1
3720 BA Bilthoven

Helpdesk Safeti-NL
Safeti-NL@rivm.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding—4
1.1	Achtergrond—4
1.2	Leeswijzer—4
1.3	Informatie—5
2	Juridisch kader—6
2.1	Huidige Toepassingsgebied—6
2.2	Beleidsvernieuwing externe veiligheid emplacementen—6
2.3	De verbindende contour—6
3	Modellering—8
3.1	Type emplacementen—8
3.2	Vervoersgegevens—9
3.2.1	Wijze van vervoer—9
3.2.2	Stofcategorieën en voorbeeldstoffen—9
3.2.3	Overige gevaarlijke stoffen—10
3.2.4	Dag/nachtverdeling—10
3.3	Scenario's en faalfrequenties—11
3.3.1	Interactie tussen treinen tijdens aankomst of vertrek (A/V)—11
3.3.2	Interactie tussen een aankomende of vertrekkende trein en een rangeerdeel (ITR)—12
3.3.3	Eenzijdig ongeval—12
3.3.4	Locwisselen en/of kopmaken—13
3.3.5	Samenstellen van een trein door middel van samenstellen/splitsen en plaatsen—13
3.3.6	Omhalen—13
3.3.7	Overstand—14
3.4	Uitstromingen—15
3.5	Ontstekingskansen—16
3.6	Ongevalslocatie—17
4	Rapportage—19
4.1	Basisgegevens—19
4.2	Parameters en invoergegevens—19
5	Verantwoording—20
5.1	Hoofdstuk 1 Inleiding—20
5.2	Hoofdstuk 2 Juridisch kader—20
5.3	Hoofdstuk 3 Modellering van spoorwegemplacementen—20
5.4	Hoofdstuk 4 Rapportageplicht—29
5.5	Wijzigingen ten opzichte van de vorige versie van de rekenmethode—29
Referenties—31	

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Spoorwegemplacementen zijn een begrensde deel van de spoorinfrastructuur waar, naast eventuele andere activiteiten (bijv. reinigen reizigersmaterieel), rangeerhandelingen worden verricht aan reizigers- en/of goederentreinen. Voor omgevingsveiligheid zijn de spoorwegemplacementen van belang waar handelingen worden verricht aan goederentreinen met gevaarlijke stoffen.

Het vervoer van gevaarlijke stoffen over het spoor leidt tot risico's voor de omgeving. Om deze risico's goed en eenduidig in kaart te brengen zijn rekenmethoden ontwikkeld. De risico's van het spoor hebben betrekking op het doorgaande vervoer en de rangeerhandelingen. Voor beide zijn aparte rekenmethoden ontwikkeld. In dit document wordt de rekenmethode voor het rangerend vervoer op spoorwegemplacementen beschreven. Deze rekenmethode richt zich op de handelingen die op spoorwegemplacementen plaatsvinden: het aankomen en vertrekken van treinen, locwissel, kopmaken, samenstellen, splitsen, omhalen, plaatsen en overstand van wagens en treinen. De risico's voor het doorgaande vervoer worden beschreven in de Handleiding Risicoanalyse Transport (HART) [1].

In dit document worden de scenario's en faalfrequenties beschreven die nodig zijn voor het uitvoeren van een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) voor spoorwegemplacementen.

De veiligheid in de omgeving van een spoorwegemplacement wordt bepaald door:

- de aard en omvang van de gevaarlijke stoffen;
- de aard en omvang van de handelingen die er plaatsvinden;
- de locatie waar potentiële ongevalsscenario's kunnen plaatsvinden;
- de omgeving van het emplacement zoals de bevolkingsdichtheid.

Het is daarom van belang om inzicht te hebben in de activiteiten zowel op het spoorwegemplacement als in de omgeving ervan.

Dit document beschrijft de huidige geldende rekenmethode. Ten opzichte van de eerder beschikbaar gestelde rekenprotocol [2], is de rekenmethode aangevuld met de voorstellen die zijn gedaan om te komen tot een zo robuust mogelijke rekenwijze [3]. Dit betekent: zo veel mogelijk invoerparameters generiek hanteren als dat mogelijk is en een uniforme wijze van locatiekeuze voor de optredende scenario's.

Overige nieuwe ontwikkelingen en inzichten zijn in dit document nog niet meegenomen. Deze nieuwe ontwikkelingen en inzichten worden aangegeven in Hoofdstuk 5 (Verantwoording) en zullen bij een herziening van de rekenmethode opnieuw worden beschouwd.

1.2 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt kort ingegaan op de wet- en regelgeving, voor zover van belang voor de toepassing van de rekenmethode emplacements. In hoofdstuk 3 worden de ongevalsscenario's en specifieke uitgangspunten per scenario beschreven. Hoofdstuk 4 geeft een overzicht van de onderdelen die in een QRA rapport voor spoorwegemplacementen moeten worden opgenomen. In hoofdstuk 5 is, waar nodig, een verantwoording opgenomen van gebruikte parameters en gegevens en wordt ook de relatie met en de verhouding tot eerdere

rekenmethoden en het Basisnet behandeld. In de verantwoording is ook opgenomen op welke punten de rekenmethode verbeterd kan worden.

1.3 Informatie

Hoewel de rekenmethode spoorwegemplacementen zo zorgvuldig mogelijk is opgesteld, kunnen er in de praktijk situaties optreden waarin de toepassing hiervan tot vragen kan leiden. Daarom is er een Helpdesk (te benaderen via het e-mailadres safeti-nl@rivm.nl) ingericht voor het beantwoorden van vragen met betrekking tot deze rekenmethode en het rekenpakket Safeti-NL. Ook is er een website (<https://www.rivm.nl/Omgevingsveiligheid>) waar relevante informatie wordt gepubliceerd.

2 Juridisch kader

2.1 Huidige Toepassingsgebied

Spoorwegemplacementen vallen onder het toepassingsgebied van het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) volgens artikel 2, eerste lid, onder c van dit besluit. Niet op alle spoorwegemplacementen in Nederland worden handelingen verricht met treinen met gevaarlijke stoffen. Bijlage 3 van de Regeling externe veiligheid inrichtingen (Revi) geeft een overzicht van de spoorwegemplacementen die onder Bevi vallen. Voor de definitie van gevaarlijke stoffen verwijst Bevi naar de begripsbepaling zoals opgenomen in de Wet vervoer gevaarlijke stoffen (Wvgs). Op basis van die begripsbepaling zijn radioactieve stoffen (UN gevaarsklasse 7) uitgesloten van het toepassingsgebied.

In artikel 7 van de Revi is de toepassing van het softwarepakket Safeti-NL en de Handleiding Risicoberekeningen Bevi [4] voorgeschreven voor het vaststellen van het plaatsgebonden risico (PR) en het groepsrisico (GR) voor de inrichtingen die vallen onder het Bevi.

De voorliggende rekenmethode spoorwegemplacementen is een uitwerking van hoofdstuk 6 van module C van de Handleiding Risicoberekeningen Bevi en daarmee integraal onderdeel van die handleiding.

Verdere informatie over het Bevi, Revi en het gebruik van afwijkende invoergegevens en rekenmethodiek kunt u vinden in Module A van de Handleiding Risicoberekeningen Bevi.

2.2 Beleidsvernieuwing externe veiligheid emplacements

Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat werkt aan een beleidsvernieuwing voor externe veiligheid bij emplacements. De voorgenomen beleidsvernieuwing houdt onder andere in dat de risico's vanwege het rangeren met gevaarlijke stoffen op emplacements onderdeel gaan uitmaken van de risicoplafonds voor het Basisnet. Het onderbrengen van de externe veiligheidsrisico's van deze emplacements onder het regime van het Basisnet heeft tevens tot gevolg dat voor deze emplacements onder de omgevingswet de aandachtsgebieden met vaste afstanden van het Basisnet gaan gelden. Daarmee hangt samen een ontwerpbesluit tot wijziging van het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl) en het Besluit activiteiten leefomgeving (Bal). De wijziging van het Bkl vloeit voort uit de beleidsbeslissing om de externe veiligheidsrisico's van een emplacement onder te brengen bij de risico's van het vervoer over het basisnet. De aanwijzing van een aparte activiteit Spoorwegemplacementen in het Bkl met afstanden voor het plaatsgebonden risico en voor de aandachtsgebieden is dan niet meer nodig.

Tot het moment van inwerkingtreding van de nieuwe Omgevingswet en daarin de hierboven genoemde beleidsvernieuwing is opgenomen, blijft de voorliggende rekenmethode voor de spoorwegemplacementen van kracht.

2.3 De verbindende contour

Naast de risico's van de rangeerhandelingen op emplacements zijn er ook risico's van het doorgaande vervoer van gevaarlijke stoffen over en/of langs de emplacements. Hiervoor is het Basisnet ontwikkeld. Er is groei van het vervoer van gevaarlijke stoffen mogelijk tot aan de in het Basisnet opgenomen

risicoplafonds. Bij het toelaten van ruimtelijke ontwikkelingen langs het Basisnet moet het lokaal bevoegd gezag deze risicoplafonds in acht nemen. De risico's van het doorgaande vervoer worden berekend met de Handleiding Risicoanalyse Transport (HART) en het rekenprogramma RBMII (RisicoBerekeningsMethodiek II).

Om de risico's van doorgaand vervoer en emplacements gezamenlijk in beeld te brengen, is beleidsmatig gekozen voor de 'verbindende PR-contour'[5]. De grootste 10^{-6} PR-contouren van doorgaand vervoer over of langs spoorwegemplacementen en van rangeerhandelingen op spoorwegemplacementen worden met elkaar verbonden om zodoende de 'verbindende PR-contour' te krijgen. De verbindende 10^{-6} contour wordt als maatgevend beschouwd voor de risico's van de handelingen en het doorgaand vervoer op een emplacement.

3 Modellerings

In module B van de Handleiding Risicoberekeningen Bevi (HRB) zijn aanwijzingen en adviezen voor het berekenen van risicocontouren beschreven die relevant zijn voor alle categorieën van inrichtingen die vallen onder het Bevi. Dit betreft informatie over modelparameters en technische documentatie.

Voor spoorwegemplacementen is een specifiekere modellering uitgewerkt in aanvulling op de algemene voorschriften in HRB. Deze specifieke aanpak wordt in dit hoofdstuk beschreven.

3.1 Type emplacements

Emplacements kunnen op basis van de bedrijfsactiviteiten onderverdeeld worden in drie typen[3, 5]. Hieronder volgt een korte beschrijving van de drie typen. Voor alle drie de typen emplacements is een voorbeeld PSU-file beschikbaar voor de berekeningen in Safeti-NL.¹

Type 1 - Bediening van verladere

Type 1 emplacements zijn emplacements die in de directe nabijheid van de verladere liggen. Het rangeerproces op deze locaties is nauw verweven met het transport van rangeerdelen (een loc met 1 of meerdere wagons) van en naar de locatie van deze verlader. De procesvoering op deze locaties kenmerkt zich door relatief lange overstandstijden en relatief veel handelingen per trein.

Type 2 - Kopmaken/locwisselen

Type 2 emplacements zijn emplacements waar uitsluitend sprake is van kopmaken en waar geen andere rangeerhandelingen plaatsvinden. De wachttijden zijn daardoor relatief kort (gemiddeld 1 uur). De handeling gebeurt slechts 1 keer per trein.

Type 3 - Rangeren langs de route

Type 3 emplacements zijn emplacements waar de procesvoering identiek is aan type 1, echter er is geen directe verbinding met nabij gelegen bedrijven. Treinen uit verschillende richtingen komen aan op deze locatie, en worden bijvoorbeeld gecombineerd of gewijzigd van samenstelling op basis van de bestemming van de trein of treindelen. Omdat het niet gaat om bedienen van verladere maar rangeren langs de route is de overstandstijd korter en het aantal handelingen per trein beduidend lager dan bij de type 1 emplacements.

Emplacements met incidentele handelingen

Behalve de in typen 1, 2 of 3 ingedeelde locaties is er een grote groep emplacements – ca 50 – waar sprake kan zijn van eens per jaar/jaren incidentele handelingen. Deze groep emplacements is dan ook niet ingedeeld als type 1, 2 of 3.²

¹ De hier beschreven type-indeling van emplacements is een algemene indeling. Wanneer een emplacement sterk afwijkt van de hier gegeven beschrijving (bv. Kijfhoek) dan dient specifiek gerekend te worden.

² Aanvankelijk werd deze groep emplacements aangeduid als 'type 4 emplacements': emplacements waar slechts incidenteel – eens per jaar/jaren- sprake is van rangeerhandelingen.

3.2 Vervoersgegevens

3.2.1 *Wijze van vervoer*

Gevaarlijke stoffen worden op verschillende wijzen vervoerd. Voor de berekeningen worden onderscheiden:

- gasketelwagens voor het vervoer van vloeibaar gemaakte gassen;
- vloeistofketelwagens voor het vervoer van vloeistoffen of gesmolten stoffen;
- containerdraagwagens voor het vervoer van o.a. tankcontainers en transporttanks.

In de QRA moet uitgegaan worden van het transport met spoorketelwagens. Tankcontainers en transporttanks worden in de risicoanalyse meegenomen als spoorketelwagens, omdat voor tankcontainers en transporttanks geen specifieke ongevalgegevens (faalfrequenties en scenario's) bekend zijn. Vervoerscijfers worden uitgedrukt in ketelwagenequivalenten (kwe). Eén gas- en/of vloeistofketelwagen is gelijk aan één kwe en twee tankcontainers/transporttanks brandbare stof of drie tankcontainers/transporttanks giftige stof zijn gelijk gesteld aan één ketelwagenequivalent [6]. In Tabel 3-1 is dit nog eens samengevat.

Tabel 3-1 Aantal ketelwagenequivalenten (kwe) per transportmiddel

Type	Aantal ketelwagenequivalenten (kwe)
Gasketelwagen	1
Vloeistofketelwagen	1
Tankcontainer of transporttank met brandbare stof(fen)	$1/2$
Tankcontainer of transporttank met giftige stof(fen)	$1/3$

3.2.2 *Stofcategorieën en voorbeeldstoffen*

De verscheidenheid aan vervoerde stoffen over het spoor is zo groot dat een risicoanalyse per stof zeer arbeidsintensief zal zijn. Uit praktische overwegingen zijn de stoffen in een beperkt aantal stofcategorieën samengenomen en wordt in de risicoanalyse een voorbeeldstof per stofcategorie gehanteerd.

De indeling van de gevaarlijke stoffen in stofcategorieën bij spoor is gebaseerd op het gevaarsidentificatienummer (GEVI) van de stof. Deze GEVI-indeling is terug te vinden in kolom 20 in de hoofdtabel van het Reglement betreffende het internationaal spoorwegvervoer van gevaarlijke goederen (RID)[7]. De in de risicoberekening te hanteren indeling in stofcategorieën en voorbeeldstoffen zijn opgenomen in Tabel 3-2 [2].

Tabel 3-2 Voorbeeldstoffen per stofcategorie spoorwegemplacementen

Stofcategorie Methodiek I Spoor		Toepasbaar bij GEVI- code	Voorbeeldstof
A	Brandbaar gas	23, 239, 263	Propaan (butadieen ^(a))
B2	Giftig gas	26, 265 (excl. UN 1017), 268	Ammoniak
B3	Zeer giftig gas	265 (UN 1017)	Chloor
C3	Zeer brandbare vloeistof	X323, 33, 33 ^{*(b)} , X33*, 336 (excl. UN 1093),	Hexaan
D3 ^(c)	Giftige vloeistof	UN 1093	Acrylnitril
D4 ^(c)	Zeer giftige vloeistof	66, 663, 668, 886, (X88, X886) ^(d)	Acroleïne (fluorwaterstof ^(e))

- (a) Voor stofcategorie A is propaan de voorbeeldstof, behalve wanneer hoogkokende stoffen (bijv. UN-nr. 1011, 1012, 1055 en 1969, kookpunt tussen 0 en -12°C) vervoerd worden. Voor hoogkokende vloeistoffen is butadieen de voorbeeldstof [2].
- (b) Duidt op een eventueel derde cijfer in de GEVI-code van de stof. Hiermee wordt aangegeven dat dit derde cijfer (indien aanwezig) er niet toe doet, omdat dit het minst bepalende gevaarsaspect betreft.
- (c) Giftige en zeer giftige stoffen uit de stofcategorieën D3 en D4 met tevens brandbare eigenschappen worden alleen als giftig gemodelleerd [2]. (Let op: bij het bepalen van de kans op een warme BLEVE worden deze wagens wel (gedeeltelijk) meegerekend als brandbare vloeistof)
- (d) Er zijn stoffen die volgens de GEVI-codes onder D4 vallen, maar waarvan het werkelijke risico niet representatief wordt voorgesteld met de voorbeeldstof acroleïne. Dat kan het geval zijn wanneer het een vaste stof betreft, of wanneer het alleen acuut giftig is via ingestie of huidcontact. Dergelijke stoffen hoeven dan ook niet te worden beschouwd. De rekenmethode gaat (impliciet) alleen over schadelijke effecten na inhalatie van giftige luchtconcentraties [8].
- (e) Voor stofcategorie D4 is acroleïne de voorbeeldstof, behalve wanneer fluorwaterstof zelf wordt vervoerd [2].

3.2.3 Overige gevaarlijke stoffen

De rekenmethode is beschreven voor de transporten in bulk van gassen, vloeibaar gemaakte gassen en vloeistoffen. De rekenmethode beschrijft niet hoe de risico's van emplacementshandelingen met stoffen uit de overige gevarenklassen, waaronder ADR³ [9] gevarenklasse 1 (ontploffbare stoffen), moeten worden bepaald. In de regel vinden deze handelingen met ontploffbare stoffen slechts incidenteel plaats en zijn de risico's verwaarloosbaar. Als de risico's van handelingen met ontploffbare stoffen bij een emplacement echter niet verwaarloosbaar zijn, moet de opsteller van de QRA de risico's bepalen met een specifieke benadering.

3.2.4 Dag/nachtverdeling

Voor de dag/nachtverdeling wordt voor het spoorproces uitgegaan van de periodes 7:00-19:00, 19:00-7:00 uur.

Voor het emplacement moet de verdeling van het proces over dag/nacht en week/weekend worden gemaakt. De uitsplitsing is van belang, met name voor die situaties waarbij sprake is van bedrijvigheid in de directe omgeving van het spooremplacement waar gedurende de nacht en weekend veel minder of geen

³ ADR staat voor 'Accord européen relatif au transports international des marchandises Dangereus par Route' ofwel 'Europees verdrag betreffende het Internationaal vervoer van gevaarlijke stoffen over de weg'.

personen verblijven. Of andersom: veel woongebouwen, waar vooral 's nachts en in het weekend veel personen aanwezig zijn.

Indien er niets bekend is over de verdeling van de aantallen handelingen over dag- en nachtperiode en over de weekdays en het weekend, dan gelden de volgende standaard verhoudingen:

$$\text{dag} : \text{nacht} = \frac{1}{2} : \frac{1}{2}$$

$$\text{week} : \text{weekend} = \frac{5}{7} : \frac{2}{7}$$

3.3 Scenario's en faalfrequenties

Bij spoorwegemplacementen kunnen, als gevolg van een aantal handelingen, ongevallen optreden. Hierdoor kunnen de volgende scenario's optreden:

1. Interactie tussen treinen tijdens aankomst of vertrek (A/V)
2. Interactie tussen een aankomende of vertrekkende trein en een rangeerdeel (ITR)
3. Eenzijdig ongeval
4. Locwisselen of kopmaken
5. Samenstellen van een trein d.m.v. samenstellen/splitsen en plaatsen
6. Omhalen
7. Overstand

In de volgende paragrafen zijn deze ongevalsscenario's gedefinieerd.

3.3.1 *Interactie tussen treinen tijdens aankomst of vertrek (A/V)*

Deze interactie treedt op wanneer een aankomende of een vertrekkende trein botst met een andere trein. Daarbij wordt aankomst en vertrek als een aparte handeling gezien. Doorgaand treinverkeer op een emplacement, waarbij er geen handelingen aan de trein worden verricht, wordt niet tot een proces op een spoorwegemplacement gerekend. Bij interactie met een doorgaande trein worden de risico's van deze doorgaande trein dan ook niet tot het risico van het spoorwegemplacement gerekend. Deze worden al meegerekend in de rekenmethode voor doorgaand vervoer gevaarlijke stoffen per spoor. De risico's van de vertrekkende trein worden uiteraard wel in rekening gebracht.

Tabel 3-3 Scenario's voor interactie tussen treinen tijdens aankomst of vertrek (A/V)

Scenario	Stof categorie	Frequentie (per wagen)		
		NCBG	ATB-EG	ATB-vv en ERTMS
1. Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	C3	$1,0 \times 10^{-9}$	$1,1 \times 10^{-10}$	$3,3 \times 10^{-11}$
	Overige	$1,0 \times 10^{-10}$	$1,1 \times 10^{-11}$	$3,3 \times 10^{-12}$
2. Vrijkomen van de gehele inhoud uit een 3 inch (76,2 mm) aansluiting	C3	$1,5 \times 10^{-9}$	$1,7 \times 10^{-10}$	$5,0 \times 10^{-11}$
	Overige	$1,5 \times 10^{-10}$	$1,7 \times 10^{-11}$	$5,0 \times 10^{-12}$

In de frequenties wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende veiligheidsmaatregelen die de kans op een ongeval kunnen reduceren, namelijk:

- NCBG (niet centraal bediend gebied). Een aantal emplacementen is (deels) niet aangesloten op ATB-EG, ATB-vv of ERTMS. Dit is het niet centraal bediend gebied.

- ATB-EG (Automatische TreinBeïnvloeding Eerste Generatie).
- ATB-vv (Automatische TreinBeïnvloeding verbeterde versie).
- ERTMS (European Rail Traffic Management System). De effectiviteit van ERTMS voor emplacementshandelingen is nog niet onderzocht. Voor ERTMS worden dezelfde frequenties aangehouden als voor ATB-vv.

3.3.2 *Interactie tussen een aankomende of vertrekkende trein en een rangeerdeel (ITR)*

Deze interactie treedt op wanneer een aankomende of vertrekkende trein op het spoorwegemplacement botst met een rangerende locomotief (met of zonder wagens). Een rangeerdeel is een trein of een gedeelte van een trein dat geen deel uit maakt van de dienstregeling.

Tabel 3-4 Scenario's voor interactie tussen aankomende of vertrekkende trein en een rangeerdeel

Scenario	Stof categorie	Frequentie (per wagen)	
		Geen ATB-vv	ATB-vv
1. Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	C3	$4,2 \times 10^{-9}$	$1,9 \times 10^{-9}$
	Overige	$4,2 \times 10^{-10}$	$1,9 \times 10^{-10}$
2. Vrijkomen van de gehele inhoud uit een 3 inch (76,2 mm) aansluiting	C3	$6,4 \times 10^{-9}$	$2,8 \times 10^{-9}$
	Overige	$6,4 \times 10^{-10}$	$2,8 \times 10^{-10}$

Het scenario interactie tussen aankomende of vertrekkende trein en een rangeerdeel vind plaats bij lage snelheid. Het onderscheid tussen ATB-EG en NCBG is daardoor niet relevant. In de frequenties wordt onderscheid gemaakt tussen emplacements met en zonder ATB-vv.

3.3.3 *Eenzijdig ongeval*

Het betreft hier de kans dat een trein of rangeerdeel ontspoord tijdens rangeerhandelingen of bij aankomst/vertrek op het spoorwegemplacement. Ook een botsing met een stootjuk hoort thuis bij deze omschrijving. Hierbij is geen sprake van een interactie (botsingsincident) met een andere trein of rangeerdeel. Dit scenario wordt alleen relevant geacht voor zeer brandbare vloeistoffen. Brandbare en giftige gassen als ook giftige vloeistoffen worden vervoerd in sterke wagens. Uitgangspunt is dat sterke wagens, vanwege de lage snelheid op emplacements en de afwezigheid van scherpe voorwerpen die kunnen zorgen voor penetratie, bij kantelen niet lek raken[10].

Tabel 3-5 Scenario's voor eenzijdig ongeval

Scenario	Stof categorie	Frequentie (per wagen)
1. Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	C3	$5,5 \times 10^{-9}$
	Overige	-
2. Vrijkomen van de gehele inhoud uit een 3 inch (76,2 mm) aansluiting	C3	$8,3 \times 10^{-9}$
	Overige	-

3.3.4 *Locwisselen en/of kopmaken*

Bij dit rangeerproces gaat het om het af- en aankoppelen van een locomotief bij een trein. De locomotief kan hierbij worden afgekoppeld aan de ene kant van de trein en, rijdend via spoorwegemplacementsporen, aan de andere zijde van de trein weer worden aangekoppeld. Af- en aankoppelen kan ook aan dezelfde kant plaatsvinden.

Tabel 3-6 Scenario's voor locwissel of kopmaken

Scenario	Stof categorie	Frequentie (per wagen)
1. Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	C3	$1,0 \times 10^{-10} \times N_{Lk}$
	Overige	$1,0 \times 10^{-11} \times N_{Lk}$
2. Vrijkomen van de gehele inhoud uit een 3 inch (76,2 mm) aansluiting	C3	$1,5 \times 10^{-10} \times N_{Lk}$
	Overige	$1,5 \times 10^{-11} \times N_{Lk}$

N_{Lk} aantal keer locwissel per trein tijdens locwissel/kopmaken

3.3.5 *Samenstellen van een trein door middel van samenstellen/splitsen en plaatsen*

Bij dit rangeerproces gaat het om het samenstellen van een trein uit wagens van meerdere treinen. Hierbij worden zowel wagens als locomotieven aan- en afgekoppeld door deze bij lage snelheid en gecontroleerd tegen elkaar aan te plaatsen. Het splitsen en weer aan elkaar plaatsen van rangeerdelen wordt opgevat als een locwissel. De frequentie van locwissel wordt hier toegepast.

Tabel 3-7 Scenario's voor samenstellen van een trein door middel van samenstellen/splitsen en plaatsen

Scenario	Stof categorie	Frequentie (per wagen)
1. Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	C3	$1,0 \times 10^{-10} \times N_{Ls}$
	Overige	$1,0 \times 10^{-11} \times N_{Ls}$
2. Vrijkomen van de gehele inhoud uit een 3 inch (76,2 mm) aansluiting	C3	$1,5 \times 10^{-10} \times N_{Ls}$
	Overige	$1,5 \times 10^{-11} \times N_{Ls}$

N_{Ls} aantal keer locwissel per trein tijdens samenstellen/plaatsen

3.3.6 *Omhalen*

Bij dit scenario wordt een gehele trein of een groot deel van de trein met loc en meerdere wagens losgekoppeld en verplaatst naar een ander spoor. Dit komt voor als een trein na samenstellen naar een vertrekspoor moet worden gerangeerd of incidenteel, als een defecte wagen uit een trein moet worden gehaald. Hierbij kan tijdens de rangeerbeweging sprake zijn van een ongeval (botsing of ontsporing) ter hoogte van een wissel.

Tabel 3-8 Scenario's voor omhalen

Scenario	Stof categorie	Frequentie (per wagen)
1. Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	C3	$4,24 \times 10^{-9}$
	Overige	$4,24 \times 10^{-10}$
2. Vrijkomen van de gehele inhoud uit een 3 inch (76,2 mm) aansluiting	C3	$6,36 \times 10^{-9}$
	Overige	$6,36 \times 10^{-10}$

3.3.7

Overstand

Bij overstand zijn er twee faaloorzaken mogelijk: intrinsiek falen en falen als gevolg van blootstelling aan warmtestraling. Er is sprake van 'intrinsiek falen' tijdens overstand wanneer op het spoorwegemplacement een stilstaande wagen met gevaarlijke stoffen 'spontaan' faalt en daarbij inhoud verliest. Dit scenario wordt niet in deze rekenmethode meegenomen voor een trein die alleen het spoorwegemplacement aandoet, een tijdje stil staat zonder emplacementshandelingen en weer door rijdt. Deze trein wordt tot het doorgaande vervoer gerekend [11].

Een ketelwagen kan tijdens overstand bezwijken als gevolg van een blootstelling aan warmtestraling door brand. Het betreft een domino-effect. Dit warme BLEVE scenario is van toepassing op ketelwagens met een vloeibaar gemaakt brandbaar, of giftig gas wanneer zij worden aangestraald door een plasbrand die is ontstaan vanuit een ketelwagen brandbare vloeistof. Dit zal voornamelijk de stofcategorie zeer brandbare vloeistoffen (C3) betreffen maar ook ketelwagens met giftige vloeistoffen (D3, D4) die tevens brandbaar zijn (bijvoorbeeld acrylnitril of acroleïne) dienen hier te worden meegenomen. Het ontstaan van een 'warme' BLEVE door een fakkel van een brandbaar gas (zgn. snijbrandersscenario), of als gevolg van een brand van een brandbare niet gevaarlijke stof (bijv. een wagen met hout), wordt qua kans namelijk veel minder waarschijnlijk geacht.

Als de stofcategorieën brandbaar of giftig gas en brandbare vloeistof gelijktijdig aanwezig kunnen zijn op het emplacement, dan is het van belang te weten of wagens van beide categorieën zich in elkaars nabijheid kunnen bevinden omdat zich alleen dan een warme BLEVE kan voordoen. Onder nabijheid wordt daarbij verstaan in verschillende treinen op naast elkaar liggende sporen. Daarbij is de plaats op het emplacement waar dit kan gebeuren tevens van belang in verband met de bepaling van de ongevallocaties. De kans dat een gaswagen en een wagen zeer brandbare vloeistof naast elkaar staan in dezelfde trein wordt verwaarloosbaar geacht vanwege het warme BLEVE convenant.

Tabel 3-9 Scenario's voor overstand

Scenario	Stof categorie	Frequentie (per jaar)
1. Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	C3	$5 \times 10^{-7} \times N \times (t/t_0)$
	Overige	$5 \times 10^{-7} \times N \times (t/t_0)$
2. BLEVE door brand	A en B2	$3,1 \times 10^{-7} \times N_{BVL} \times N_{BGS} \times (t_{BGS}/t_0) \times (A_p/A_{tot}) \times R$

N totaal aantal wagens met gevaarlijke stoffen per stofcategorie per jaar

t gemiddelde verblijftijd (uur) van een ketelwagen op een emplacement

t₀ aantal uren (8760 uren) in een jaar

N_{BVL} aantal wagens met zeer brandbare vloeistof (BVL) per jaar, Hierbij dienen wagens met giftige stoffen (stofcategorie D3 en D4) die tevens brandbaar zijn te worden meegeteld.

N_{BGS} aantal BLEVE-gevoelige gasketelwagens (stofcategorie A en B2) per jaar (Een warme BLEVE van stofcategorie B3 (chloor) wordt niet aannemelijk geacht omdat chloorwagens niet mogen overstaan op een emplacement)

t_{BGS} gemiddelde verblijftijd (uur) van BLEVE-gevoelige gasketelwagens op het spoorwegemplacement per keer

A_p plasoppervlak van een brand (600 m²)

A_{tot} dat deel van het emplacementsoppervlak waar BLEVE door brand kan optreden (m²)

R repressiefactor (0,1), afkomstig uit [12]

3.4 Uitstromingen

De relevante uitstromingen die kunnen plaatsvinden als gevolg van een ongeval bij emplacementen worden gemodelleerd met de volgende standaardscenario's:

- Instantaan (in één keer) vrijkomen van de gehele inhoud;
- Vrijkomen van de gehele inhoud uit een 3 inch (76,2 mm) aansluiting (continue uitstroming).
- Warme BLEVE: Dit scenario is alleen relevant bij gelijktijdige overstand van wagens met zeer brandbare vloeistof (stofcategorie C3) en brandbaar- of giftig gas (stofcategorie A,B2). Een warme BLEVE is het instantaan vrijkomen van de gehele tankinhoud bij verhoogde temperatuur en druk als gevolg van het aanstralen van een ketelwagen met brandbaar gas A of giftig gas B2 door een plasbrand, waardoor de wagen verzwakt en bezwijkt bij de oplopende druk.

Een overzicht van de standaard modelparameters voor de verschillende scenario's is opgenomen in Tabel 3-10 en in de Handleiding Risicoberekeningen Bevi, module B [4].

Tabel 3-10 Overzicht van modelparameters voor de verschillende scenario's

Scenario	Stof categorie	Modelparameters
1. Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	C3, D3, D4	Plasoppervlakte 600 m ² *
	A, B2	Tankinhoud 50 ton
	B3	Tankinhoud 55 ton
2. Vrijkomen van de gehele inhoud uit een 3 inch (76,2 mm) aansluiting	C3, D3, D4	Plasoppervlakte 300 m ² *
	A, B2	Tankinhoud 50 ton
	B3	Tankinhoud 55 ton
3. Warme BLEVE **	A	Tankinhoud 50 ton Propana faaldruk 19,5 barg Butadieen faaldruk 10 barg
	B2	Tankinhoud 50 ton Faaldruk 21,7 barg

* De tankinhoud van een vloeistofketelwagen kan circa 80 m³ bedragen, maar is bij het modelleren van de scenario's minder belangrijk, omdat er gerekend wordt met vaste plasoppervlakken, namelijk 600 m² voor een instantane uitstroom en 300 m² voor een continue uitstroom [2, 13].

** Een warme BLEVE van stofcategorie B3 (chloor) wordt niet aannemelijk geacht omdat chloorwagons niet mogen overstaan op een emplacement.

3.5 Ontstekingskansen

Naast de frequentie van het instantaan vrijkomen en continue uitstroming is voor brandbare stoffen ook de ontstekingskansen van belang. In Tabel 3-11 is weergegeven wat de ontstekingskansen zijn van een brandbaar gas en zeer brandbare vloeistof en hoe deze is verdeeld tussen directe ontsteking en vertraagde ontsteking voor een continue en instantane uitstroming.

Tabel 3-11 Overzicht van ontstekingskansen van een brandbaar gas en zeer brandbare vloeistof

Stofcategorie	P _{ontsteking}			
	Instantaan direct	Instantaan vertraagd*	Continu direct	Continu vertraagd*
A Brandbaar gas	0,8	0,2	0,5	0,5
C3 Zeer brandbare vloeistof	0,25	0	0,25	0

* De kans op vertraagde ontsteking bij grootste wolkomvang geldt voor de berekening van het plaatsgebonden risico. In de berekening van het groepsrisico wordt gerekend met alle aanwezige ontstekingsbronnen, inclusief de ingevoerde populatie.

3.6 Ongevalselocatie

De vastgestelde ongevalsscenario's moeten voor de QRA nog gekoppeld worden aan de plaats of plaatsen op het spoorwegemplacement, waar ze kunnen optreden. Deze ongevalslocaties zijn afhankelijk van de lay-out van het spoorwegemplacement en het gebruik ervan. Het is lastig om voor de keuze van de ongevalslocatie een precieze instructie te geven. Vaak zal de uitvoerder van de risicostudie, in overleg met bijvoorbeeld de exploitant samen met andere betrokkenen de locaties moeten vaststellen. Het is van belang om de keuze van de ongevalslocaties in de rapportage van de berekening toe te lichten. Als uitgangspunt gelden de algemene aanwijzingen voor de ongevalslocaties zoals opgenomen in Tabel 3-12. Indien er afwijkende of meer specifieke ongevalslocaties worden toegepast in de berekening dan moet dat ook aantoonbaar technisch geborgd zijn.

Tabel 3-12: algemene aanwijzingen ongevalslocaties.

Scenario	Locatie
1. Interactie tijdens aankomst/vertrek	<p>Aan het begin en eind van het spoorwegemplacement.</p> <p>De scenario's worden toegekend aan de wissels die het spoorwegemplacement met het doorgaand vervoer verbinden. Indien sprake is van meerdere wissels die in elkaars nabijheid liggen, kunnen deze in de modellering gebundeld worden tot 1 ongevalspunt. Voor het verdelen van de faalfrequentie gelden de volgende richtlijnen:</p> <ul style="list-style-type: none"> In het algemeen zijn spoorwegemplacementen aan twee kanten verbonden met het doorgaand vervoer. Eerst wordt de frequentie evenredig met de goederenstroom verdeeld over beide kanten van het spoorwegemplacement. Wanneer bijvoorbeeld goederentreinen van een bepaalde stofcategorie aan één en dezelfde kant aankomen en vertrekken, wordt de faalfrequentie volledig toegekend aan die kant van het spoorwegemplacement. Wanneer de goederenstroom aan beide kanten van het spoorwegemplacement even groot is, wordt aan elke kant de helft van de faalfrequentie toegekend. Aan elke kant van het spoorwegemplacement wordt vervolgens de faalfrequentie evenredig verdeeld over de aanwezige wissels tussen het doorgaand vervoer en het spoorwegemplacement.
2. Interactie met rangeerdelen tijdens aankomst/vertrek	<p>Is afhankelijk van het rangeerproces op het spoorwegemplacement tijdens aankomst/vertrek. Mogelijke interactiepunten liggen tussen het doorgaand vervoer en het aankomst- en vertrekspoor. Hiervoor moet gekeken worden naar de bewegingen van rangeerdelen over het spoorwegemplacement ten tijde van aankomst/vertrek van treinen en naar de locatie van de wissels waarover de bewegingen van treinen/rangeerdelen plaats kunnen vinden. Met onderbouwing kunnen meerdere wissels in elkaars nabijheid in de modellering gebundeld worden tot 1 ongevalspunt.</p>
3. Eenzijdige ongevallen	<p>Op de locaties, zoals wissels en spooreinden, waar trein(delen) tijdens rangeerhandelingen of bij aankomst en vertrek eenzijdig kunnen ontsporen of botsen met een stootjuk.</p>
4. Locwisselen/kopmaken	<p>Locaties waar het aankoppelen van een locomotief plaatsvindt. Veelal betreft het een spoor waarvandaan na het locwisselen/kopmaken weer vertrokken wordt.</p>

5. Samenstellen/splitsen en plaatsen	<i>Lijnbron in het midden van de spoorbundel⁴. Indien sprake is van meerdere spoorbundels, modelleer dan een aparte lijnbron per spoorbundel. Hierbij wordt de faalfrequentie gelijkmatig verdeeld over de spoorbundels, tenzij de specifieke bedrijfssituatie aanleiding geeft tot een andere verdeling.⁵</i>
6. Omhalen	<i>Ter hoogte van de wissellocaties.</i>
7. Intrinsiek falen	Lijnbron in het midden van de spoorbundel waar de wagens staan opgesteld.
8. BLEVE door brand	Lijnbron in het midden van de spoorbundel waar sprake is van gelijktijdige overstand van categorie A (brandbaar gas) en C (zeer brandbare vloeistof).

⁴ Een spoorbundel heeft een wisselingang en een wisseluitgang. De tussenliggende sporen behoren tot de spoorbundel. Wordt de wisselingang niet genomen dat wordt langs de spoorbundel afgereden.

⁵ Het rekenen aan Kijfhoek conform deze methodiek vereist meer aandacht mede vanwege het rangeerproces met behulp van de rangeerheuvel en het mechanisch bijdruksysteem. Daarnaast heeft Kijfhoek ruim 40 sporen die als 1 spoorbundel worden gezien. Dat betekent dat op enkele punten meer maatwerk is vereist. In een apart project is de QRA van Kijfhoek nader uitgewerkt [14. Antea group, *Verbindende contour Kijfhoek; Emplacementenproject, 20 januari. 2021.*]

4 Rapportage

Over de risicoanalyse dient zo gerapporteerd te worden dat de berekening reproduceerbaar is en de conclusies herkenbaar zijn. De rapportage moet voldoen aan de algemene richtlijnen die beschreven staan in het hoofdstuk "Technische documentatie" van de Handleiding Risicoberekeningen Bevi [4].

De volgende informatie is aanvullend nodig om een risicoberekening te controleren/reproduceren.

4.1 Basisgegevens

- Het vervoer gevaarlijke stoffen voor baanvak en/of emplacement, uitgesplitst naar stofcategorieën en de herkomst van deze gegevens. Voor baanvakken is relevant: de stoffen/stofcategorieën, de richting van het vervoer en de combinatie zeer brandbare vloeistof en brandbaar gas.
- Per stofstroom een beschrijving van de handelingen op het emplacement, danwel gegevens met betrekking tot het doorgaande vervoer. Onder handelingen wordt verstaan: de rangeerhandelingen zoals locwisselen, splitsen, samenstellen, omhalen, etc.
- Welk deel van de gevaarlijke stoffen overdag danwel 's nachts verwerkt wordt; verhouding weekdays-weekend.
- Een beschrijving en tekening van de sporenlay-out en een onderbouwde beschrijving van de vastgestelde ongevalslocaties.
- Indien gemotiveerd afgeweken is van de voorbeeldstof, dan moet de fysische informatie van de betreffende stof worden toegevoegd (inclusief de probitfunctie).

4.2 Parameters en invoergegevens

Alle invoergegevens die in de berekeningen zijn toegepast door de gebruiker dienen te worden verantwoord.

Afwijkingen: alle onderdelen (parameters of modelleringuitgangspunten) die afwijken van dit rekenvoorschrift en de voorbeeldstudies dienen expliciet beschreven en onderbouwd te worden.

5 Verantwoording

In dit hoofdstuk is een verantwoording opgenomen bij de verschillende hoofdstukken van de rekenmethode.

5.1 Hoofdstuk 1 Inleiding

Deze rekenmethode heeft als doel om de huidige concept rekenregels eenduidig vast te leggen en beschikbaar te maken. De initiële ongevalskansen, scenario's en uitgangspunten die gehanteerd worden in de rekenmethode zijn afkomstig uit het Rekenprotocol Spoor [2] en deze zijn afgeleid in 1995 [12]. Met de publicatie van deze rekenmethode zijn deze kansen, scenario's en uitgangspunten nog niet geactualiseerd.

Voor de rekenmethode voor doorgaand spoorvervoer heeft onlangs een actualisatie plaatsgevonden. Het voorstel is om ook voor de rekenmethode voor spoorwegemplacementen een actualisatie uit te voeren in lijn met de rekenmethode voor doorgaand vervoer. In de verantwoording worden diverse verbeterpunten benoemd die bij actualisatie van de rekenmethode beschouwd kunnen worden.

5.2 Hoofdstuk 2 Juridisch kader

Voor een lijst met spoorwegemplacementen wordt verwezen naar Bijlage 3 van de Regeling externe veiligheid inrichtingen (Revi). In bijlage VII, onder E, onder 13 van het Besluit kwaliteit leefomgeving, zoals dat wordt gewijzigd door het Invoeringsbesluit Omgevingswet, komt een geactualiseerde tabel waarin spoorwegemplacementen zijn aangewezen waar gerangeerd wordt met gevaarlijke stoffen.

Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat werkt aan een beleidsvernieuwing waarbij de risico's vanwege het rangeren met gevaarlijke stoffen op emplacements onderdeel gaan uitmaken van de risicoplafonds van het Basisnet. De rekenmethodiek passend bij deze beleidsvernieuwing is nog niet vastgesteld en wordt dan ook niet in dit document beschreven. Om de risico's van doorgaand vervoer en emplacements gezamenlijk in beeld te brengen is beleidsmatig gekozen voor de 'verbindende PR-contour'.

5.3 Hoofdstuk 3 Modelling van spoorwegemplacementen

3.1 Type emplacements

In 2015 is het ministerie het project "Landelijke aanpak omgevingsveiligheid en geluid spooremplacementen" (emplacementsproject) gestart. Het emplacementsproject kreeg als opdracht om een uniform beoordelingssysteem te ontwikkelen voor spooremplacementen. In opdracht van IenW heeft Antea Group in samenwerking met de expertgroep Ruimtelijke Inpassing nader onderzoek gedaan naar een uniforme werkwijze voor de berekening van de grenswaardecontour voor emplacements, oftewel een robuuste PR-contour.

Aangezien het niet mogelijk bleek om één generieke representatieve bedrijfssituatie (procesbeschrijving) op te stellen voor alle emplacements, is in dit proces ervoor gekozen emplacements in te delen in drie typen waarvoor vervolgens per type een uniforme procesbeschrijving is opgesteld [5]. Deze emplacementstypes zijn in paragraaf 3.1 overgenomen in deze rekenmethode.

Op basis van beschikbare en recente Representatieve Bedrijfs Situaties (RBS'en) zoals aangeleverd door ProRail is in overleg met de expertgroep van het emplacementsproject en ProRail iedere locatie afzonderlijk doorlopen en naar type ingedeeld. Voor de meeste emplacements is in dit project ook een feitenblad opgesteld, waarin alle representatieve parameters zijn vastgelegd.

Voor elk type emplacement wordt een voorbeeld psux-file opgesteld die beschikbaar is via de website van het RIVM.

3.2.1 Wijze van vervoer

In de praktijk worden er, voor gas of vloeistof, naast spoorketelwagens (SKW's) in toenemende mate (tank)containers en transporttanks gebruikt voor het spoorvervoer van gevaarlijke stoffen. Voor de definities voor een (tank)container en transporttank wordt verwezen naar het RID [7]. Voor tankcontainers en transporttanks zijn weinig ongevalgegevens bekend en daarom is destijds [15] in de werkgroep Veiligheid Vervoer over Spoor (VVoS) afgesproken dat tankcontainers en transporttanks moeten worden omgerekend naar ketelwagenequivalenten (kwe) en als zodanig in de QRA moeten worden meegenomen. De afleiding van de (huidige) faalfrequentie is namelijk gebaseerd op ongevallen met spoorketelwagens.

Een belangrijk verschil tussen tankcontainers/transporttanks en SKW's is de inhoud. De gemiddelde inhoud van een SKW komt overeen met de inhoud van twee tankcontainers of transporttanks brandbaar gas/vloeistof of met de inhoud van drie tankcontainers of transporttanks giftig gas/vloeistof. Een wagonbak kan daarom maximaal 1 spoorketel bevatten of 2 tankcontainers of transporttanks brandbaar of 3 tankcontainers of transporttanks giftig gas/vloeistof.

Behalve de ketelwagens met standaard inhoud waarmee nu gerekend wordt, bestaan er al ketelwagens met een grotere inhoud. Het actualiseren van de tankinhoud viel buiten de scope van het definitief maken van de voorliggende versie van de rekenmethode.

Bij een herziening van de rekenmethode moet bekeken worden of de rekenmethode op deze punten aangepast moet worden.

3.2.2 Stofcategorieën en voorbeeldstoffen

Sommige giftige en zeer giftige vloeistoffen zijn ook brandbaar (GEVI 263) maar in de huidige rekenmethode worden deze alleen als giftig gemodelleerd. Door de fractie die verbrandt ook als alleen giftig te modelleren, wordt het risico door deze vereenvoudiging slechts marginaal overschat. Deze vereenvoudiging is mogelijk omdat voor de externe risico's de brandbare aspecten van vloeistoffen veelal alleen een rol spelen bij het warme BLEVE scenario. Wagens met vloeistoffen die zowel giftig als zeer brandbaar zijn tellen wel mee bij het berekenen van de kansen op een warme BLEVE voor wagens met gassen.

In afwijking van de Handleiding risicoberekeningen Bevi (Zie par. 3.4.6.9 in [4]) worden gassen, die zowel giftig als brandbaar zijn en een gemiddelde of hoge reactiviteit hebben, gemodelleerd als een zuiver giftige stof.

In de Handleiding Risicoanalyse Transport (HART) [1] worden voor doorgaand vervoer nu deels andere voorbeeldstoffen genoemd dan die gebruikt worden voor berekeningen aan rangeerhandelingen bij spoorwegemplacements. Naast HART en spoorwegemplacements worden ook nog voorbeeldstoffen gebruikt voor de

rekenmethodiek voor stuwadoors [4]. Deze verschillende voorbeeldstoffen kunnen beter op elkaar worden afgestemd.

Voor HART heeft RIVM aan IenW voorgesteld [16] om de categorisering van stoffen voor weg en water (dus LT1, LT2, enz.) ook toe te passen voor doorgaand vervoer (i.p.v. A, B2, B3, enz.). Daarin wordt voor stoffen met een gemiddelde of hoge reactiviteit ook rekening gehouden met de brandbare aspecten. Daarnaast heeft RIVM geadviseerd om de giftige voorbeeldstoffen te actualiseren [17]. Bij actualisatie van de rekenmethode emplacementen moet worden gekeken naar aansluiting bij HART en de daarvoor voorgestelde wijzigingen.

3.2.4 Dag/nachtverdeling

Voor de meteorologische dag/nachtverdeling wordt voor het spoorproces uitgegaan van de periodes 7:00-19:00, 19:00-7:00 uur (0,5/0,5). Dit wijkt iets af van de meteorologische definities voor de dag en nacht zoals gesteld in de Handleiding risicoberekeningen Bevi, namelijk van 8:00-18:30 en 18:30-8:00 (0,56/0,44). De invloed hiervan is echter marginaal.

De vervoersaantallen die toegekend worden aan de dag en aan de nacht verhouden zich als 0,5/0,5. In het verleden werd hiervoor een verhouding 0,33/0,67 gebruikt. De verhouding 0,5/0,5 is gebaseerd op inschattingen van ProRail. Ten aanzien van de dag/nacht-verhouding is in een in 2012 uitgevoerde studie door ProRail geconstateerd dat de verhouding dag/nacht voor goederentreinen, verdeeld over heel Nederland (dus inclusief de Betuweroute) 0,53/0,47 is. Hierbij is opgemerkt dat het denkbaar is dat deze verhouding meer naar de nacht gaat verschuiven vanwege de verwachte groei van het reizigersverkeer. In 2016 is ten behoeve van het emplacementenproject een controle hierop uitgevoerd op basis van de meest recente Representatieve Bedrijfssituaties (RBS). Hieruit is geconcludeerd dat de processen nog steeds evenredig zijn verdeeld over dag en nacht [3].

3.3 Scenario's en faalfrequenties

Scenario 'Interactie tussen treinen tijdens aankomst of vertrek'

De huidige rekenmethode is voor het eerst vastgelegd in 1995 [12]. Het scenario 'Interactie tussen treinen tijdens aankomst of vertrek' is daarbij gedefinieerd. Doorgaand treinverkeer op een emplacement, waarbij er geen handelingen aan de trein worden verricht, wordt daarbij niet tot een proces op een spoorwegemplacement gerekend. Bij interactie met een doorgaande trein worden de risico's van deze doorgaande trein dan ook niet tot het risico van het spoorwegemplacement gerekend. De risico's van de vertrekkende trein worden uiteraard wel in rekening gebracht.

Voor de berekening van het basisnet wordt interactie bij aankomen en vertrek op een emplacement echter ook als scenario gehanteerd, door middel van de wisseltoeslag. Dit betekent dat er voor dit scenario sprake is van dubbeltellingen. Bijvoorbeeld omdat sommige treinen ten grondslag aan het basisnet ook kopmaken ondergaan waardoor deze wagens ook worden berekend onder de noemer emplacementshandelingen. In de onderzoeken om te komen tot één integrale contour voor doorgaand treinverkeer en emplacementshandelingen zal dit worden meegenomen.

Scenario heuvelen en stoten

Het scenario heuvelen is verwijderd uit de lijst van mogelijke scenario's. De reden voor het verwijderen is het feit dat heuvelen alleen nog plaatsvindt op het emplacement Kijfhoek. Het heuvelen bij Kijfhoek gebeurt intussen met een mechanisch doorzetsysteem. Voor het bepalen van de risico's van een dergelijk systeem moet door de QRA opsteller een specifieke benadering en verantwoording

worden gemaakt. Voor deze benadering wordt verwezen naar de QRA Kijfhoek [14].

Het plaatsen door middel van een stootproces (stoten) wordt in Nederland niet meer toegepast. Rangeerdelen worden alleen gecontroleerd tegen elkaar geplaatst met behulp van een locomotief. Het proces stoten wordt daarom niet meer beschouwd in deze methodiek.

Frequentieberekeningen

Bij de berekening van de risico's op een emplacement wordt gebruik gemaakt van invoergegevens die door ProRail worden aangeleverd. De transportgegevens die hiervoor ter beschikking worden gesteld betreft het aantal ketelwagenequivalenten (kwe) per stofcategorie per scenario. Vandaar dat is besloten om in paragraaf 3.3 de faalfrequenties per wagen op te nemen en niet, zoals in het voorgaande protocol [2], per trein. Om tot deze frequenties te komen is gebruik gemaakt van de gegevens in Tabel 5-1 en Tabel 5-2. De genoemde basisfrequenties zijn in 1995 afgeleid [12].

Tabel 5-1 geeft een overzicht van de formules waarmee de frequenties worden berekend per scenario.

Tabel 5-1: Formules voor het berekenen van de faalfrequenties per wagen per scenario voor spoorwegemplacements.

Scenario	Formule voor het bepalen van de faalfrequenties per wagen
1A tr/tr interactie met ATB-EG	$F_{(a/v \text{ trein})} = F_{\text{basis}} \times P_{\text{vervolg}} \times P_{\text{uitstroming}} \times 1/n$
1B tr/tr interactie zonder ATB-EG	$F_{(a/v \text{ trein})} = F_{\text{basis}} \times P_{\text{vervolg}} \times P_{\text{uitstroming}} \times 1/n$
2 Interactie tr/rangeerdeel	$F_{(a/v \text{ rangeer})} = F_{\text{basis}} \times P_{\text{vervolg}} \times P_{\text{uitstroming}} \times 1/n$
3 Eenzijdig ongeval	$F_{(\text{eenzijdig})} = F_{\text{basis}} \times P_{\text{vervolg}} \times P_{\text{uitstroming}} \times 1/n$
4 Locwissel / kopmaken	$F_{(\text{locwissel})} = F_{\text{basis}} \times P_{\text{vervolg}} \times P_{\text{uitstroming}} \times N_{Lk} \times 1/n$
5 Samenstellen/plaatsen	$F_{(\text{samenstel})} = F_{\text{basis}} \times P_{\text{vervolg}} \times P_{\text{uitstroming}} \times N_{Ls} \times 1/n$
6 Omhalen	$F_{(\text{omhalen})} = F_{\text{basis}} \times P_{\text{vervolg}} \times P_{\text{uitstroming}} \times 1/n$
7 Intrinsiek falen (bij overstand)	$F_{(IF)} = F_{\text{basis}} \times (t/t_0)$

- F_{basis} De basisfrequentie zoals afgeleid in 1995 door SAVE [12] (zie Tabel 5-2)
- P_{vervolg} De vervolgcans op uitstroom 100 kg of meer [12, 18]. (zie Tabel 5-2)
- $P_{\text{uitstroming}}$ voor continue uitstroming wordt een kans van 0,6 aangehouden, voor instantane uitstroming een kans van 0,4 [12].
- t gemiddelde verblijftijd (uur) van een ketelwagen op een emplacement
- t_0 aantal uren (8760 uren) in een jaar
- N_{Lk} aantal locwissels per trein bij locwissel/kopmaken
- N_{Ls} aantal locwissels per trein bij samenstellen/plaatsen
- n gemiddeld aantal wagens in een trein. Uitgangspunt is dat dit gemiddeld 20 wagens per trein zijn [13, 18].

De formule voor de berekening van de frequentie per jaar voor het scenario BLEVE door brand is als volgt:

$$F_{(\text{BLEVE})} = 3,1 \times 10^{-7} \times N_{\text{BVL}} \times N_{\text{BGS}} \times (t_{\text{BGS}}/t_0) \times (A_p/A_{\text{tot}}) \times R$$

Hierbij is:

- N_{BGS} aantal BLEVE-gevoelige gasketelwagens per jaar
- N_{BVL} aantal wagens met zeer brandbare vloeistof (BVL) per jaar

- t_{BGS} gemiddelde verblijfstijd (uur) van BLEVE-gevoelige gasketelwagens op het spoorwegemplacement per keer
 t_0 aantal uren (8760 uren) in een jaar
 A_p plasoppervlak van de plasbrand waardoor de BLEVE ontstaat (600 m²)
 A_{tot} emplacementsoppervlak waar BLEVE door brand kan optreden (m²)
 R repressiefactor (0,1)⁶, afkomstig uit [12].

Tabel 5-2 geeft per scenario de waarden voor de basisfrequentie en de vervolgcans op uitstroom 100 kg of meer die in de formule gebruikt kan worden.

Tabel 5-2 Overzicht scenario's, basisfrequenties en vervolgcansen op uitstroming 100kg of meer.

Scenario	Basisfrequentie (F_{basis})	Vervolgkans ($P_{vervolg}$)	
		Overige stofcategorien	Stofcategorie C3
1A tr/tr interactie AV met ATB-EG	$5,5 \times 10^{-7}$ per trein	0,001	0,01
1B tr/tr interactie AV zonder ATB-EG	5×10^{-6} per trein	0,001	0,01
2 Interactie tr/rangeerdeel	$2,12 \times 10^{-5}$ per trein	0,001	0,01
3 Eenzijdig ongeval	$2,75 \times 10^{-5}$ per trein	-	0,01
4 Locwissel / kopmaken	1×10^{-6} per locwissel	0,0005	0,005
5 Samenstellen/splitsen en plaatsen	1×10^{-6} per plaatsing	0,0005	0,005
6 Omhalen	$2,12 \times 10^{-5}$ per trein	0,001	0,01
7 Intrinsiek falen (bij overstand)	5×10^{-7} per wagen per jaar*	1	1
8 BLEVE door brand	zie formule in Tabel 3-9**	1	0

* De herkomst van de basisfrequentie van 5×10^{-7} per wagen per jaar voor intrinsiek falen (IF) is afgeleid in 1995 [12].

** Bij de samenstelling van de faalfrequentie voor een grote brand is rekening gehouden met een ontstekingskans van 0,25. Alleen de vloeistoffen met een vlampunt < 21°C worden hierbij meegenomen [12].

Opmerkingen bij Tabel 5-2:

- In het voorgaande rekenprotocol [2] werd voor het scenario samenstellen dezelfde faalfrequentie gebruikt als voor omhalen. Samenstellen en plaatsen komt echter veel meer overeen met locwissel of kopmaken dan met omhalen [19]. Bij beide processen is er sprake van gecontroleerd plaatsen van één of meerdere wagons (stapvoets en alleen kop-staart). Vandaar dat voor de faalfrequentie van splitsen van een trein en weer samenstellen wordt aangesloten bij locwissel.
- De vervolgcans is opgebouwd uit een primaire kans op lekkage zoals afgeleid in 1995 [12], vermenigvuldigd met 0,1, omdat ervan wordt uitgegaan dat slechts 10% van de uitstromingen van belang is voor het externe risico [18]. Voor de scenario's 7 en 8 geldt deze afleiding echter niet en zijn andere vervolgcansen gegeven in de tabel.
- De vervolgcans voor scenario 3 (eenzijdig ongeval) geldt alleen voor de stofcategorie zeer brandbare vloeistoffen (C3). Zowel brandbare en giftige gassen als giftige vloeistoffen worden vervoerd in zogenaamde

⁶ De repressiefactor R is een maat voor de mogelijkheid om tijdig in te grijpen. Op basis van een expert inschatting is begin jaren 90 vastgelegd dat de kans dat bedreigde wagons op tijd kunnen worden weg getrokken/geduwd of dat door tijdig ingrijpen van de brandweer een BLEVE kan worden voorkomen ingeschat op 90%.

sterke wagens. Deze sterke wagens zullen, vanwege de lage snelheid op emplacements en de afwezigheid van scherpe voorwerpen die kunnen zorgen voor penetratie, bij kantelen niet lek raken.

4. De in Tabel 5-2 gepresenteerde waarde 1 voor de vervolgcans voor scenario 8 (BLEVE door brand) voor 'overige stofcategoriën' geldt niet voor de stofcategorie (zeer) giftige vloeistoffen (acrylonitril en fluorwaterstof/acroleïne). Scenario 8 is namelijk niet van toepassing op vloeistoffen.

De berekening van de faalfrequentie voor continue uitstroming van brandbare vloeistof bij het scenario 'kopmaken', waarbij 1 locwissel per trein plaats vindt, gaat dan als volgt:

Uit Tabel 5-1 halen we de formule voor locwissel/kopmaken:

$$F_{(\text{locwissel})} = F_{\text{basis}} \times P_{\text{vervolg}} \times P_{\text{uitstroming}} \times N_{\text{LK}} \times 1/n$$

Uit Tabel 5-2 en tabel 5-1 kunnen we halen dat:

F_{basis}	= 1×10^{-6} per locwissel
P_{vervolg}	= 0,005
$P_{\text{uitstroming}}$	= 0,6 (voor continue uitstroming)
N_{LK}	= 1
n	= 20

Invullen levert: $F_{\text{locwissel}} = 1 \times 10^{-6} \times 0,005 \times 0,6 \times 1 \times 1/20 = 1,5 \times 10^{-10}$ per wagen.

In de formule voor scenario 8 wordt geen onderscheid gemaakt tussen bonte treinen⁷ en bloktreinen⁸, omdat op een emplacement niet kan worden uitgesloten dat wagens met zeer brandbare vloeistof (stofcategorie C3) en brandbaar- of giftig gas (stofcategorie A,B2) naast elkaar staan opgesteld.

Beveiligingssystemen

Op de emplacements kunnen verschillende beveiligingssystemen aanwezig zijn die de kans op een botsing reduceren. Het gaat om de volgende systemen: ATB-EG, ATB-vv, ERTMS, ATB-NG en NCBG.

ATB-EG

ATB-EG staat voor Automatische TreinBeïnvloeding Eerste Generatie. ATB-EG controleert de snelheid van de trein en grijpt in bij het passeren van een stop tonend sein (STS). ATB-EG beveiliging werkt alleen bij snelheden boven de 40 km/uur.

ATB-vv bij het voorkomen van het scenario aankomst/vertrek

Een aantal emplacements is voorzien van ATB-vv. Dit systeem controleert de snelheid van de trein en regelt het voor het sein tot stilstand komen van de trein in het laatste deel van de rijweg. ATB-vv is een aanvulling op ATB-EG en grijpt ook in bij snelheden onder 40 km/uur door een koppeling met het remsysteem. Hierdoor wordt de botsingskans bij trein-trein interactie tijdens aankomst en vertrek gereduceerd. Dit geldt in ieder geval voor de seinen van de wissels die aantakken op de vrijebaan.

⁷ Trein met wagens met daarin meerdere soorten/categorieën gevaarlijke stof

⁸ Trein met wagens met daarin uitsluitend stoffen uit één stofcategorie

Voor ATB-vv wordt een reductiefactor van 70% ten opzichte van ATB-EG aangehouden. Dit houdt in dat de frequentie van het scenario "interactie bij aankomst/Vertrek (A/V) met ATB-EG" vermenigvuldigd wordt met (1-0,7) oftewel 0,3 bij de emplacements die zijn aangesloten op ATB-vv. Het RIVM heeft voorgesteld met een reductie factor van 70% te rekenen bij aanwezigheid van ATB-vv. De motivatie hierbij is als volgt [20]:

In 2010 heeft Movares een memo geschreven met een afleiding van een reductiefactor voor ATB-vv [21]. Hierbij is gekeken naar het maximale effect dat ATB-vv had kunnen hebben op de faaloorzaken van de in 2008 geconstateerde STS-passages. Aangenomen wordt dat bij aanspreken ATB-vv voor 100% effectief is. Om diverse redenen is de overall effectiviteit echter lager. Movares leidt voor goederentreinen af dat ATB-vv in 51% van de gevallen een STS-passage (STS = Stop Tonend Sein) voorkomt en wanneer het wel tot een STS-passage komt, ATB-vv in 63% van de gevallen het bereiken van het gevaarspunt voorkomt. ATB-vv voorkomt daarmee in 82% van de gevallen dat bij StopTonendeSeinen het gevaarspunt wordt bereikt⁹. De locatiespecifieke reductiefactor voor ATB-vv wordt daarmee 82%.

In 2013 leidt AnteaGroup een reductiefactor voor ATB-vv af die niet locatiespecifiek is, d.w.z. dat het werkelijke reducerend effect van ATB-vv verdeeld wordt over de trajecten in Nederland waar met goederentreinen wordt gereden [22]. De reductiefactor is daarmee van toepassing op zowel doorgaand spoor als op emplacements. In het onderzoek wordt aangegeven dat ATB-vv effect heeft op drie faaloorzaken die bepalend zijn voor de AV- en ITR-scenario's. Op basis van expert judgement is geschat dat bij die drie faaloorzaken ATB-vv voor 70% effectief is.

Ten aanzien van de onderbouwing zijn bij beide waarden kanttekeningen te plaatsen. De waarde van 70% is in lijn met berekeningen ten behoeve van het Basisnet, omdat deze waarde als basis is gebruikt voor de generieke reductiefactor van 10% voor ATBvv. Een betere onderbouwing hiervan is echter nog steeds gewenst. RIVM heeft kanttekeningen geplaatst hierover bij het rapport van Antea [23].

ATB-vv bij het voorkomen van interactie aankomende/vertrekkende Trein/Rangeerdeel (ITR)

ATB-vv wordt vaak op meerdere seinen van een emplacement toegepast. Dit betekent dat ook voor het scenario ITR een reductiefactor voor ATB-vv kan gelden. Bij het berekenen van de verbindende contour is uitgegaan van 80% aanwezigheid van ATB-vv op de seinen van een locatie. Dit percentage wordt als een voorzichtige schatting gezien [5]. Dit betekent, dat op sommige locaties conservatief wordt gerekend omdat sprake is van een hoger aandeel aanwezigheid van ATB-vv op die betreffende locatie.

ERTMS bij het voorkomen van scenario interactie bij aankomst/vertrek

ERTMS is een treinbeheersingssysteem dat de snelheid van een trein controleert en ingrijpt als dat nodig is door een koppeling met het remsysteem. Het ERTMS/ETCS systeem (hierna genoemd: ERTMS) beoogt dat treinen met voldoende onderlinge (rem)afstand rijden. Een trein krijgt een movement authority (MA) tot een specifiek (gevaar)punt en het systeem bewaakt de snelheid naar dat punt, zodat de trein tijdig tot stilstand kan komen. In Nederland zijn de volgende lijnen/routes voorzien van ERTMS:

- Betuweroute;
- Havenspoorlijn;

⁹ $(1-0,51) \times (1-0,63) = 0,18$. Dit betekent dat 18% van de goederentreinen het gevaarspunt bereikt. De effectiviteit van ATBvv wordt daarom ingeschat op $1 - 0,18 = 82\%$.

- Hogesnelheidslijn-Zuid (HSL-Zuid);
- Hanzelijn.

De effectiviteit van ERTMS is niet onderzocht. Derhalve is teruggevallen op het maatregelenonderzoek [22] waarbij ERTMS als een vergelijkbaar systeem wordt ingeschat als ATB-vv.

ERTMS is niet toegepast op het scenario ITR, omdat het systeem op emplacements doorgaans in Shunting Modus staat. Daarbij wordt het beveiligingssysteem buiten spel gezet om onnodige activatie te voorkomen. Dit wil zeggen dat er geen extra beveiliging is vanwege de aanwezigheid van dit systeem ter voorkoming van botsingen bij het rangeren.

ATB-NG

ATB-NG (Nieuwe Generatie) wordt op geen enkel emplacement meer toegepast en zal in de toekomst ook niet worden toegepast omdat het inmiddels is ingehaald door ERTMS. ATB-NG is dus niet relevant voor het risico op emplacements.

NCBG

Een aantal emplacements is (deels) niet aangesloten op ATB-EG, ATB-vv, ATB-NG of ERTMS. Dit zijn zogenaamde "niet centraal bediende gebieden" (NCGB). Voor deze situaties geldt de hoge frequentie voor het A/V scenario (zonder ATB-EG).

In de NCBG gebieden geldt doorgaans een algemene bedrijfsregel die voorziet in een verbod op de gelijktijdigheid van rangeerbewegingen op het emplacement. Omdat het echter een algemene organisatorische maatregel betreft die niet kwantificeerbaar is, wordt het risicoreducerend effect van deze maatregel niet gewaardeerd in de rekenmethode.

3.4 Uitstromingen

Vaste vloeistofoppervlakken voor instantane en continue uitstroming

Op dit moment wordt er voor uitstroom van vloeistoffen uit ketelwagens gerekend met een vloeistofoppervlak van 600 m² voor instantane uitstroming en 300 m² voor continue uitstroming [2, 13]. Er is onderzoek gedaan naar plasvorming op het ballastbed [24-26]. Daaruit is geen duidelijke conclusie te trekken. Hier zou bij een herziening van de rekenmethode emplacements nogmaals aandacht aan besteed moeten worden.

In SAFETI-NL kan het plasbrandmodel worden gebruikt bij uitstroming van een (zeer) brandbare vloeistof. Voor een (zeer) giftige vloeistof worden de voorgeschreven plasoppervlakken gemodelleerd door het modelleren van een tankput.

Warme BLEVE scenario's

Het ontstaan van een 'warme' BLEVE door een fakkel van brandbaar gas (zgn. snijbrandersscenario) wordt qua kans zoveel minder waarschijnlijk geacht, dat dit scenario in QRA's buiten beschouwing blijft. Hetzelfde geldt voor een warme BLEVE als gevolg van een brand van brandbare stof, niet zijnde gevaarlijke stof (bijv. een wagen met hout).

Bij het scenario warme BLEVE is de faaldruk hoger dan bij falen door een botsing, omdat de inhoud van de tank opwarmt door de aanstraling van een brand. Voor een 'warme' BLEVE wordt een faaldruk van 20,5 bar absoluut (19,5 bar gauge) gehanteerd. Twee uitzonderingen hierop zijn:

- de faaldruk van 22,7 bar absoluut (21,7 bar gauge), die wordt gehanteerd voor het modelleren van een 'warme' BLEVE van een giftig gas (B2). Hierbij wordt

een giftig gas gemodelleerd als het instantaan vrijkomen bij een hogere temperatuur. Voor ammoniak (voorbeeldstof voor B2) komt dit overeen met 328K).

- de faaldruk van 11 bar absoluut (10 bar gauge), die wordt gehanteerd voor een 'warme' BLEVE van butadieen (stofcategorie A).

Een vuurbal (BLEVE) van vloeistofwagens wordt momenteel niet beschouwd. Er zijn echter aanwijzingen dat een vuurbal (BLEVE) van een vloeistofwagen kan optreden met mogelijk effecten buiten een emplacement. Dit is bij het onderzoek naar de actualisatie van de rekenmethode voor doorgaand vervoer van gevaarlijke stoffen over het spoor uitgewerkt [27]. Bij actualisatie van de rekenmethode emplacementen dient te worden aangesloten bij de bevindingen van het onderzoek voor doorgaand vervoer.

In het Convenant Akzo chloortransporten uit 2002 [28] is vastgelegd dat er vanaf 2006 slechts incidenteel chloortransport mag plaatsvinden in Nederland. Dit incidentele transport zal plaatsvinden onder het zogenaamde chloorregime, een strikt veiligheidsregime met strenge regels waaraan het transport dient te voldoen. Hiertoe behoren o.a. dat transport plaatsvindt tussen de productie- en afzetlocaties, dat alleen vervoer in bloktreinen is toegestaan en dat deze onderweg niet gerangeerd mogen worden. Hoewel het convenant eind 2015 afliep is afgesproken dat, in afwachting van een definitief voorstel om Nederlands chloortransport definitief te stoppen, er tot die tijd gehandeld zal worden conform het convenant. Dat voorstel kwam er in 2018 met een nieuw convenant waarin is afgesproken dat AKZONobel het chloortransport definitief zal beëindigen per 2021 [29]. Daarnaast bieden omgevingsvergunningen van emplacementen, inclusief die van AkzoNobel in de Botlek, geen mogelijkheid om chloor in ketelwagens te laten stilstaan. Het aangevoerde chloor moet direct worden gelost. Om deze redenen wordt een warme BLEVE van stofcategorie B3 (chloor) niet aannemelijk geacht.

3.5 Ontstekingskansen

Met uitzondering van de onstekingskansen bij instantaan falen met brandbare gassen wijken de ontstekingskansen in de rekenmethode emplacementen af van de ontstekingskansen zoals opgenomen in paragraaf 3.4.6 van de Handleiding Risicoberekeningen Bevi. De in de rekenmethode emplacementen gehanteerde ontstekingskansen zijn eerder vastgelegd in [12]. Een verklaring voor de hogere ontstekingskansen ten opzichte van de Handleiding Risicoberekeningen Bevi is de extra energie die vrijkomt bij treinongevallen.

3.6 Ongevalslocatie

In het emplacementenproject is gekozen voor een uniforme werkwijze bij locatiespecifieke parameters zoals ongevalslocatie [5]. De uitgangspunten voor het vaststellen van de ongevalslocatie worden in paragraaf 3.6 van deze rekenmethode gegeven.

Voor de scenario's eenzijdig ongeval, locwisselen, intrinsiek falen en warme BLEVE wordt er een lijnbron gemodelleerd in plaats van een puntbron. De locatie van de lijnbron wordt gekozen in het midden van de spoorbundel. Het modelleren van bepaalde ongevalslocaties als lijnbron in plaats van puntbron leidt tot een verkleining van het risicogebied, omdat de risicobron niet meer geconcentreerd wordt op één punt, maar verspreid wordt over een lijn. Deze aanpak is echter realistischer omdat de scenario's waarvoor deze aanpak geldt niet op één enkel punt voorkomen op een emplacement, maar verspreid voorkomen. Het gebruik van een lijnbron komt daarom beter overeen met de werkelijkheid [30].

5.4 Hoofdstuk 4 Rapportageplicht

Aangezien deze rekenmethodiek onderdeel uitmaakt van de Handleiding Risicoberekeningen Bevi [4], is er voor gekozen om in hoofdstuk 4 alleen de items op te nemen die in de rapportage aanvullend of anders zijn dan de rapportagevereisten die al in de Handleiding risicoberekeningen Bevi staan. Veel rapportage onderdelen zijn dus in deze opsomming verdwenen, maar deze worden al voorgeschreven op grond van [4].

5.5 Wijzigingen ten opzichte van de vorige versie van de rekenmethode

Dit document beschrijft de huidige geldende rekenmethode, aangevuld met de voorstellen die zijn gedaan om te komen tot een zo robuust mogelijke rekenmethode. Dit laatste betekent: zo veel mogelijk invoerparameters generiek hanteren als dat mogelijk is en een uniforme wijze van locatiekeuze voor de optredende scenario's.

De volgende wijzigingen ten opzichte van de vorige versie kunnen worden onderscheiden:

- Om de generieke invoerparameters mogelijk te maken is gekozen voor een indeling van de verschillende emplacementen in een aantal typen emplacementen. Per type zijn de invoerparameters zoveel mogelijk generiek vastgelegd door Antea [5] en deze worden zoveel mogelijk overgenomen in de voorbeeld psu-files die beschikbaar worden gesteld via de website van het RIVM.
- Ook de keuze voor een uniforme locatie van de verschillende scenario's is voor de meeste emplacementen uitgewerkt door Antea [5]. De feitenbladen hiervoor zijn via de website van het RIVM te downloaden.
- Ten opzichte van de vorige versie van de rekenmethode is een wijziging doorgevoerd in de faalfrequenties. In het voorgaande rekenprotocol [2] werd voor het scenario samenstellen dezelfde faalfrequentie gebruikt als voor omhalen. Samenstellen en plaatsen komt echter veel meer overeen met locwissel of kopmaken dan met omhalen [5]. Bij beide processen is er sprake van gecontroleerd plaatsen van één of meerdere wagons (stapvoets en alleen kop-staart). Vandaar dat voor de faalfrequentie van het scenario 'samenstellen/splitsen en plaatsen' wordt aangesloten bij locwissel.
- Daarnaast vinden de processen heuvelen en stoten, behalve voor Kijfhoek, niet meer plaats in Nederland. Deze processen worden dan ook niet meer beschouwd in de rekenmethode. Voor Kijfhoek is gekozen voor een specifieke benadering [14].
- De verdeling van de emplacement processen over de dag en de nacht is aangepast naar 0,50/0,50. Dit is gedaan naar aanleiding van een studie van ProRail uit 2012 en een controle in 2016 (zie verantwoording par. 5.3).
- Op een emplacement kan niet worden uitgesloten dat wagons met zeer brandbare vloeistof (stofcategorie C3) en brandbaar- of giftig gas (stofcategorie A,B2) naast elkaar staan opgesteld. In de formule voor scenario 8 wordt daarom niet meer uitgegaan van bonte- en bloktreinen maar van 100% bonte treinen.
- Voor de maatregel ATB-vv is een reductiefactor van 70% ten opzichte van ATB-EG opgenomen in dit protocol.

- Tankcontainers en transporttanks worden gemodelleerd als spoorketelwagens (SKW). De gemiddelde inhoud van een SKW komt overeen met de inhoud van twee tankcontainers of transporttanks brandbaar gas/vloeistof of met de inhoud van drie tankcontainers of transporttanks giftig gas/vloeistof.

Referenties

1. RIVM, *Handleiding Risicoanalyse Transport versie 1.2. juli 2017.*
2. SAVE, *Rekenprotocol Vervoer Gevaarlijke Stoffen per Spoor . Ref.nr. 060333rev-Q53.* 2006.
3. RIVM, *Beoordeling emplacementberekeningen, brief aan IenW met kenmerk IENW/BSK-2019/35149.* 2019.
4. RIVM, *Handleiding Risicoberekeningen Bevi Versie 4.2.* 2020.
5. AnteaGroup, *Emplacements-project; plaatsgebonden risicocontour emplacementen; werkwijze modellering en uitwerking, definitief rev 4.0.* 2020.
6. RIVM. *Webpagina: Hoe om te gaan met spoorvervoersinformatie in QRA's?* ; Available from: <https://www.rivm.nl/hoe-om-te-gaan-met-spoorvervoersinformatie-in-qras>.
7. website. *RID 2019.* Available from: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2015/05/21/rid>.
8. RIVM. *Webpagina: Indeling in stofcategorie D4 – zeer toxische vloeistof (spoorvervoer).* [cited 2020; Available from: <https://www.rivm.nl/omgevingsveiligheid/transport/handleiding-risicoanalyse-transport-hart/indeling-in-stofcategorie-d4-zeer-toxische-vloeistof-spoorvervoer>
9. Website. *ADR 2019.* Available from: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2015/05/21/adr>.
10. SAVE, *Risico's Rangeerterreinen.* 1988.
11. *Circulaire Risicobenadering voor NS-goederenemplacementen. Kenmerk DGM/SVS/04795001. 18 augustus 1995,* Ministerie van VROM.
12. SAVE, *Basisfaalfrequenties voor het transport van gevaarlijke stoffen per spoor (emplacementen). Ingenieurs/adviesbureau SAVE, kenmerk 951599-775, Apeldoorn, september 1995.*
13. SAVE, *Plasgrootte bij uitstroming op spoorwegemplacementsen. rapport 89314-903AI. Apeldoorn, juli 1989.*
14. AnteaGroup, *Verbindende contour Kijfhoek; Emplacementsproject, 20 januari.* 2021.
15. VVoS, *VVoS (Veilig Vervoer over Spoor), VERSLAG OVERLEG D.D. 9 augustus 2005.* 2005.
16. RIVM, *Review AVIV rapport: Evaluatie van de realisatiecijfers 2014 K4 op basis van UN-nummers. Brief aan IenW met kenmerk 20160151 VLH HAS/Sta/sij.* 2016.
17. RIVM, *Actualisatie giftige voorbeeldstoffen transport gevaarlijke stoffen. RIVM rapport 2018-0152.* 2019.
18. MT-TNO, *LPG-integraalstudie. Vergelijkende risico-analyse van de opslag, de overslag, het vervoer en het gebruik van LPG en benzine. Apeldoorn. Mei 1983.*
19. AnteaGroup, *Mondelinge toelichting tijdens overleg over rekenmethode rangeerhandelingen spoorwegemplacementsen.* 21 november 2019.
20. RIVM, *Beoordeling emplacementberekeningen. Brief aan IenW met kenmerk 20180078 VLH HAS/spo* 2018.
21. Movares, *ATB Vv Systeemconcept notitie 17. Herijking Inschatting ATB Vv, Document 1620-17, d.d. 22 januari 2010.*

22. Anteagroup, *Maatregelenonderzoek in het kader van het Rijksonderzoeksprogramma Robuustheid Basisnet Spoor, projectnr. 248046 130465 - DK79, revisie 05, d.d. 19 juni 2013.*
23. RIVM, *Beoordeling eindrapport 'Maatregelenonderzoek spoor'.* 2013.
24. NIBRA, *Praktijkproeven Betuweroute: Instantane uitstroming en koeling.* 2005.
25. Reinders, J.E.A., *Plasvorming door vloeistofuitstroming in een ballastbed.* 2014, TNO.
26. SAVE, *Rapport uitstroomproeven tankcontainers.* 2013.
27. RIVM, *Rekenmethode risico's doorgaand vervoer gevaarlijke stoffen over spoor; Een actualisatie op basis van grote ongevallen in Europa, Bijlage bij rapport 2019-0208.* 2019.
28. Tweel, H.v.d. and E. Beukers, *De beëindiging van chloortransport in Nederland.* 2008, Ministerie van VROM.
29. Staatscourant, *Convenant beëindiging incidentele chloortransporten door Nederland, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.* 2018.
30. RIVM, *Beoordeling emplacementberekeningen, Brief 20180078 VLH HAS/Spo, 14-8-2018, M.v.I.e. Waterstaat, Editor.*