



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

Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid

Module III – Vervoer van gevaarlijke stoffen
Versie juli 2025

Colofon

© RIVM 2025

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 Omgevingsveiligheid
omgevingsveiligheid@rivm.nl

Helpdesk Safeti-NL
safeti-nl@rivm.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
2	Algemene informatie	6
2.1	Stoffen	6
2.1.1	Stofcategorieën en voorbeeldstoffen	6
2.1.2	Probitrelaties	9
2.1.3	Overige gevaarlijke stoffen	9
2.2	Rekenwijze (algemeen)	9
2.2.1	Invoer in Safeti-NL	10
2.3	Invoer van een route	10
2.3.1	Algemeen	10
2.3.2	Lengte van de transportroute	10
2.3.3	Breedte van de transportroute, parallelle tracks	10
2.3.4	Tunnels en overkappingen	11
2.3.5	Keuze weerstation	11
3	Spoor	12
3.1	Vervoersgegevens	12
3.1.1	Spoortypen	12
3.1.2	Vervoersvormen	13
3.1.3	Karakteristieke hoeveelheden	13
3.1.4	Combinatie stofcategorieën	13
3.2	Modelscenario's	13
3.2.1	Vapour mass fraction warme BLEVE LF	14
3.3	Kans op een modelscenario	14
3.3.1	Kans op een warme BLEVE	15
3.3.2	Waardering veiligheidsmaatregelen	15
3.4	Overige relevante parameters	16
3.4.1	Dag / nacht verhouding	16
3.5	Invoer in Safeti-NL	16
3.5.1	Route invoeren	16
3.5.2	Scenario's invoeren	16
4	Weg	22
4.1	Vervoersgegevens	22
4.1.1	Wegtypen	22
4.1.2	Vervoersvormen	22
4.1.3	Karakteristieke hoeveelheden	23
4.1.4	Combinatie stofcategorieën	24
4.2	Modelscenario's	24
4.3	Kans op een modelscenario	25
4.3.1	Correctiefactor f_{corr}	26
4.4	Overige relevante parameters	26
4.4.1	Dag/nacht verhouding	26
4.4.2	Bijzondere situaties	26
4.5	Invoer in Safeti-NL	26
4.5.1	Weg invoeren	27
4.5.2	Scenario's invoeren	28
5	Binnenvaart (vaarwegen met minder dan 10% zeevaart)	33
5.1	Vervoersgegevens	33
5.1.1	Soorten vaarwegen	33

5.1.2	Vervoersvormen	33
5.1.3	Karakteristieke hoeveelheden	34
5.1.4	Combinatie stofcategorieën	34
5.2	Modelscenario's	34
5.3	Kans op een modelscenario	35
5.3.1	Basis ongevalsfrequentie (F_b)	35
5.3.2	Vervolgkansen op modelscenario's ($P_u \cdot P_v \cdot f_m$)	42
5.3.3	Correctiefactoren f_{corr1} en f_{corr2}	43
5.4	Overige relevante parameters	44
5.4.1	Dag/nacht verhouding	44
5.4.2	Begrenzing vloeistofplas	44
5.5	Invoer in Safeti-NL	44
5.5.1	Vaarweg invoeren	44
5.5.2	Bund invoeren	45
5.5.3	Scenario's invoeren	45
6	Vaarwegen met meer dan 10% zeevaart (zeevaartroutes)	49
6.1	Vervoersgegevens	49
6.1.1	Vaarwegen	49
6.1.2	Vervoersvormen	50
6.1.3	Karakteristieke hoeveelheden	50
6.1.4	Stofcategorieën	51
6.1.5	Combinatie stofcategorieën	51
6.2	Modelscenario's	52
6.2.1	Zeevaart-binnenvaart aanvaringen	52
6.2.2	Zeevaart-zeevaart aanvaringen	53
6.3	Kans op een modelscenario	54
6.3.1	Zeevaart-binnenvaart aanvaringen	55
6.3.2	Zeevaart-zeevaart aanvaringen	58
6.4	Overige relevante parameters	60
6.4.1	Dag/nacht verhouding	60
6.4.2	Weerstation	60
6.4.3	Bijzondere situaties	60
6.5	Invoer in Safeti-NL	60
6.5.1	Vaarweg invoeren	61
6.5.2	Bund invoeren	61
6.5.3	Scenario's invoeren voor zeevaart-binnenvaart aanvaringen	61
6.5.4	Scenario's invoeren voor zeevaart-zeevaart aanvaringen	64
	Referenties	69

1 Inleiding

Deze module bevat de rekenvoorschriften voor het uitvoeren van effect- en risicoberekeningen voor het vervoer van gevaarlijke stoffen. Het gaat hierbij om vervoer over Basisnet: hoofdspoorwegen, wegen, en binnenwateren (zie Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl) Bijlage VII, onderdeel C).

Voor vervoer van gevaarlijke stoffen zijn in het Bkl vaste afstanden opgenomen voor het plaatsgebonden risico en de aandachtsgebieden. Voor berekeningen met betrekking tot vervoer van gevaarlijke stoffen zijn de rekenvoorschriften in deze module van toepassing. De wens om te rekenen kan bijvoorbeeld voortkomen uit de behoefte aan specifieke informatie over een casus die nodig is voor een bestuurlijke afweging. De invoer en de berekeningen zijn waar mogelijk gestandaardiseerd, en dienen naast de motivaties en uitvoer beschikbaar te zijn voor de afweging in het participatieproces.

Daarnaast bieden de rekenmethoden op enkele plekken keuzemogelijkheden en moet de opsteller van de risicoanalyse soms uitgangspunten kiezen als de rekenmethode voor een specifieke situatie onvolledig is. Het is aan te bevelen keuzes en onderbouwingen af te stemmen met het bevoegd gezag en te rapporteren in de risicoanalyse. In de rapportage moet inzichtelijk worden gemaakt in hoeverre de keuzes invloed hebben op de resultaten van de berekeningen.

In alle gevallen adviseert het RIVM om gebruik te maken van de meest actuele inzichten, zoals de meest recente interventiewaarden, probitrelaties en rekenmodellen.

Voor de berekeningen wordt het rekenpakket Safeti-NL gebruikt. Eerder werd het rekenpakket RBMII, versie 2.3, gebruikt. Dit rekenpakket wordt door het RIVM niet meer ondersteund. Bij het omzetten van de voorschriften voor het gebruik van Safeti-NL wordt zo veel als mogelijk aangesloten bij de voorschriften die voor RBMII golden.

Deze module begint met modelparameters die voor alle modaliteiten gelden (hoofdstuk 2). Vervolgens worden de uitgangspunten per modaliteit behandeld. Voor vervoer over het spoor, zie hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 wordt vervoer over de weg behandeld, in hoofdstuk 5 vaarwegen met minder dan 10% zeevaart (binnenvaartroutes) en in hoofdstuk 6 vaarwegen met meer dan 10% zeevaart (zeevaartroutes).

In de toelichting op het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid is aanvullende informatie te vinden.

2 Algemene informatie

Paragraaf 2.1 beschrijft welke gevaarlijke stoffen in de kwantitatieve risicoanalyses beschouwd moeten worden. Paragraaf 2.2 legt de rekenwijze uit. Paragraaf 2.3 beschrijft hoe een transportroute moet worden gemodelleerd.

In hoofdstuk 3 voor het spoor, hoofdstuk 4 voor de weg, hoofdstuk 5 voor binnenvaart (vaarwegen met minder dan 10% zeevaart) en hoofdstuk 6 voor zeevaart (vaarwegen met meer dan 10% zeevaart) worden de modaliteitspecifieke parameters en een gedetailleerdere beschrijving van de standaard te beschouwen ontwikkelingen en effecten gegeven.

2.1 Stoffen

2.1.1 *Stofcategorieën en voorbeeldstoffen*

Vanwege de verscheidenheid aan vervoerde stoffen over de transportroutes wordt in de rekenmethode niet gerekend met iedere afzonderlijke stof. Stoffen worden ingedeeld in stofcategorieën. Voor iedere stofcategorie wordt gerekend met een representatieve voorbeeldstof [1, 2]. In de Module is de modellering van alle stofcategorieën beschreven, ongeacht of het vervoerd wordt.

Stoffen worden ingedeeld in stofcategorieën op basis van hun aggregatietoestand:

- G – Gas (kookpunt <293 K)
- L – Vloeistof (kookpunt >293 K en smeltpunt <293 K)
- S – Vaste stof (smeltpunt >293 K)

Vervolgens wordt onderscheid gemaakt naar het gevaartype van de stof:

- GF – brandbaar gas
- GT – giftig gas
- LF – brandbare vloeistof
- LT – giftige vloeistof

Om verder onderscheid te maken in de mate van gevaar voor de omgeving worden de stofcategorieën GF, GT, LF en LT onderverdeeld in subcategorieën met een cijferaanduiding. Een hoger cijfer betekent daarbij een groter gevaar.

Een uitzondering hierop vormen de samengeperste gassen en de tot vloeistof gekoelde gassen. Deze gassen worden gekenmerkt door andere uitstroomcondities en/of worden op andere wijze vervoerd dan de tot vloeistof verdichte gassen. Ze worden ingedeeld met de cijferaanduiding 0 en tot slot een letter P (samengeperst) of L (tot vloeistof gekoeld). Dit geeft de volgende mogelijke stofcategorieën:

- GF0P – samengeperst brandbaar gas
- GF0L – tot vloeistof gekoeld brandbaar gas
- GT0P – samengeperst giftig gas
- GT0L – tot vloeistof gekoeld giftig gas

Wanneer stoffen niet ingedeeld kunnen worden in een subcategorie, wordt de categorie niet met een cijfer maar met een * aangevuld, bijvoorbeeld bij een verzameling van niet elders gespecificeerde stoffen (zogenaamde n.e.g.- of n.o.s.-nummers). De indelingscriteria voor de onderverdeling van GF, GT, LF en LT zijn weergegeven in Tabel 2.1 t/m Tabel 2.4.

Tabel 2.1 Overzicht van de indeling van giftige gassen (GT) op basis van de kritische temperatuur (T_{krit}) en de letale concentratie (LC_{50} , concentratie die bij 50% van de proefdieren in één uur tot de dood leidt). Indien de T_{krit} niet beschikbaar is, moet naar het kookpunt T_{kook} worden gekeken.

T_{krit} (K)	LC_{50} ($< 5.0 \times 10^4$) (ppm)				T_{kook} (K)
	$< 10^2$	$10^2 - 10^3$	$10^3 - 10^4$	$10^4 - 5 \times 10^4$	
< 293	GT0P/L	GT0P/L	GT0P/L	GT0P/L	< 182
> 440	GT5	GT4	GT3	GT2	> 273
400 – 440	GT5	GT5	GT4	GT3	253 – 273
293 – 400	GT5	GT5	GT5	GT4	182 – 253

Tabel 2.2 Indeling van brandbare gassen (GF) op basis van de kritische temperatuur (T_{krit}) of, wanneer de T_{krit} niet beschikbaar is, het kookpunt (T_{kook}).

T_{krit} (K)	GF	T_{kook} (K)
< 293	GF0P/L	< 182
> 440	GF1	> 273
400 – 440	GF2	253 – 273
293 – 400	GF3	182 – 253

Tabel 2.3 Overzicht van de indeling van de giftige vloeistoffen (LT) op basis van de dampspanning bij 293 K (P_{20}) en de letale concentratie (LC_{50} , 1 uur). Wanneer de P_{20} niet beschikbaar is, moet naar het kookpunt (T_{kook}) gekeken worden.

P_{20} (mbar)	LC_{50} ($< 5.0 \times 10^3$) (ppm)				T_{kook} (K)
	< 10	$10 - 100$	$100 - 1000$	$1000 - 5000$	
< 10	LT2	LT1	-	-	> 373
10 – 50	LT3	LT2	LT1	-	353 – 373
50 – 200	LT4	LT3	LT2	LT1	323 – 353
200 – 700	LT5	LT4	LT3	LT2	303 – 323
> 700	LT6	LT5	LT4	LT3	< 303

Tabel 2.4 Overzicht van de indeling van brandbare vloeistoffen (LF) op basis van het vlampunt (T_{flash}).

T_{flash} (K)	LF
> 296 en ≤ 333	LF1
≤ 296	LF2

Bij het vrijkomen van stoffen op water is het gedrag van de vrijgekomen stoffen met water (reageren, oplossen en zinken) van belang. De volgende aanvullingen zijn van toepassing:

- Als de relatieve dichtheid groter is dan 1,03 (de stof is zwaarder dan zeewater) dan wordt de stof beschouwd als niet relevant (NR),
- Als de stof niet zwaarder is dan zeewater (relatieve dichtheid kleiner dan 1,03) en de dampspanning P_{20} is kleiner dan 700 mbar, dan kan de oplosbaarheid van de stof in water ook van belang zijn. Als de oplosbaarheid s groter is dan 4000 mol/m^3 dan mag de stof van een minder gevaarlijke categorie beschouwd worden (-1).

- Reactie met water leidt tot een aanvullende gevaaraanduiding ten opzichte van een uitstroming op land:
 - STW - vaste stof die met water giftige gas ontwikkelt,
 - LTW - vloeistof die met water giftig gas ontwikkelt,
 - SFW - vaste stof die met water brandbaar gas ontwikkelt,
 - LFW - vloeistof die met water brandbaar gas ontwikkelt.

Op de website van het RIVM is de categorie-indeling van relevante vervoerde stoffen te vinden. Deze indeling kan worden gebruikt als hulpmiddel.

In Tabel 2.5 zijn de voorbeeldstoffen per stofcategorie gegeven. Stofcategorie GT2 en lager vallen buiten het bereik van ADR en UN-nummertoekenning, daarom vallen deze stofcategorieën buiten deze rekenmethode [3].

Uit vervoersstatistieken blijkt dat een aantal stofcategorieën niet of nauwelijks wordt vervoerd [4]. Dit geldt voor GT0L en GT0P voor alle modaliteiten, en voor GF0L en GF0P voor binnenvaart en spoor. Mochten stoffen in deze categorieën op een traject wel in significante hoeveelheden worden vervoerd dan kan met de specifieke stof gerekend worden.

Tabel 2.5 Voorbeeldstoffen per stofcategorie [2, 3, 5].

Stofcategorie	Voorbeeldstof	CAS-nummer voorbeeldstof
GT3	Ammoniak	7664-41-7
GT4/GT5	Zwavedioxide (zie opm. 1)	7446-09-5
GF1	Ethyleenoxide	75-21-8
GF2	n-Butaan	106-97-8
GF3	Propaan Etheen (zie opm. 2)	74-98-6 74-85-1
GF0L	LNG (methaan) (zie opm. 3)	8006-14-2
GF0P	Gebruik vervoerde stof (zie opm. 4)	1333-74-0
LT1	Acrylonitril (synoniem: acrylnitril)	107-13-1
LT2	Fosfortrichloride	7719-12-2
LT3	Broom	7726-95-6
LT4	Methylisocynaat	624-83-9
LF1	Heptaan (diesel)	142-82-5
LF2	Pentaaan (benzine)	109-66-0

Opmerkingen:

1. Voor stofcategorie GT4/5 is zwavedioxide de voorbeeldstof, behalve wanneer chloor wordt vervoerd.
2. Voor zeevaart wordt gerekend met etheen (ethyleen) wanneer etheen vervoerd wordt en dus niet met de voorbeeldstof voor GF3, namelijk propaan.
3. Voor tot vloeistof gekoelde brandbare gassen (GF0L) wordt LNG als voorbeeldstof gebruikt, tenzij waterstof wordt vervoerd; dan wordt gerekend met waterstof.
4. Een veel vervoerde stof in deze categorie is samengeperst waterstof. In deze rekenmethode is beschreven hoe deze stof gemodelleerd kan

worden. Voor overige stoffen in de categorie GFOP moet de gebruiker zelf relevante invoerparameters vaststellen (en ter goedkeuring voorleggen aan het bevoegd gezag).

Sommige stoffen zijn zowel giftig als brandbaar. Tijdens het uitvoeren van effect- en risicoberekeningen moet aandacht worden besteed aan beide aspecten. In principe moeten deze stoffen worden gemodelleerd op grond van hun giftige eigenschappen zolang de wolk nog niet ontstoken is en op grond van hun brandbare eigenschappen zodra de wolk ontsteekt. Voor deze combinatie categorieën (bijv. LF1/LT2) is het omwerken naar de jaarintensiteiten afhankelijk van de modaliteit (spoor, weg, binnenvaart en zeevaart) en wordt uitgelegd in respectievelijk hoofdstuk 3, 4, 5 en 6.

2.1.2 *Probitrelaties*

In alle gevallen adviseert het RIVM om gebruik te maken van de meest actuele inzichten. In Safeti-NL worden deze stofbestanden aangeduid met "(TG)".

2.1.3 *Overige gevaarlijke stoffen*

In de berekeningen worden standaard de transporten in bulk (tankwagens, ketelwagens, tankcontainers, vaste scheepstanks, etc.) van brandbare en/of giftige gassen en vloeistoffen beschouwd. Deze rekenmethode beschrijft niet hoe de effecten en/of risico's van andere stoffen, zoals ontplofbare stoffen, moeten worden bepaald. Vervoer van deze stoffen moet wel beschouwd worden als dit relevant is voor effecten en/of risico's.

2.2 **Rekenwijze (algemeen)**

Voor de effect- en risicoberekeningen wordt gebruik gemaakt van verschillende modelscenario's. Voor de berekening van de frequentie waarmee een modelscenario met een bepaalde stofcategorie plaatsvindt, F_s [1/km.jaar], wordt de volgende systematiek toegepast:

$$F_s = F_b \times P_u \times P_v \times f_m \times N_s (\times \text{correctiefactoren})$$

Waarbij:

- F_s : Frequentie van het modelscenario [1/km.jaar]
- F_b : Basis ongevalsfrequentie [1/voertuig.km]
- P_u : Kans op relevante uitstroom
- P_v : Kans op EV relevant vervolg
- f_m : Fractie van het modelscenario
- N_s : Jaarintensiteit, het aantal transporten per jaar voor een bepaalde stofcategorie [voertuig/jaar]

Afhankelijk van de modaliteit zijn deze parameters afhankelijk van bijvoorbeeld het type route en de stofcategorie. In dit voorschrift worden de factoren waar mogelijk samen genomen. In de toelichting staan de individuele kansen uitgesplitst. Voor spoor zijn F_b , P_u , en P_v niet afzonderlijk afgeleid, $F_b \times P_u \times P_v$ is direct afgeleid.

Daarnaast kunnen er nog bepaalde correctiefactoren worden toegepast. Deze correctiefactoren zijn afhankelijk van de modaliteit en worden in het betreffende hoofdstuk beschreven.

Opmerkingen:

- Bij de modaliteiten staat beschreven hoe met stoffen die in meerdere stofcategorieën vallen moet worden omgegaan.
- Bij spoor wordt voor N_s gerekend met ketelwagenequivalenten.

2.2.1 *Invoer in Safeti-NL*

In Safeti-NL moet in de route de Failure Frequency, FF, worden ingevoerd, en in de scenario's de Event Probability, EP. De EP mag niet groter zijn dan 1.

De volgende aanpak wordt aangeraden:

- Failure Frequency: gebruik hier 1 per supplied length van 1000 meter
- Event Probability: vul hier F_s in.

Safeti-NL geeft een waarschuwing dat de Event Probabilities niet optellen tot 1. Deze waarschuwing kan genegeerd worden.

Op de website van het RIVM is een spreadsheet beschikbaar om F_s te berekenen.

2.3 **Invoer van een route**

2.3.1 *Algemeen*

Een transportroute wordt in Safeti-NL ingevoerd met een *route*, met daarbij een *scenario group* en een *route segment*. De *scenario group* bevat de modelscenario's, deze verschillen per modaliteit en worden in de volgende hoofdstukken toegelicht. In het *route segment* moet de juiste *scenario group* worden geselecteerd. Daarnaast moet hier een *failure frequency* worden ingevoerd (zie hiervoor paragraaf 2.2.1).

2.3.1.1 *Event spacing*

Kies bij event spacing method de optie automatic. Op deze manier kiest Safeti-NL zelf de afstand tussen de gebeurtenissen. Als de risicocontour onvoldoende nauwkeurig is, kan alsnog gekozen worden voor het handmatig invoeren van een event spacing.

2.3.2 *Lengte van de transportroute*

De minimale lengte is de lengte van de te onderzoeken transportroute plus de grootste 1% letaliteitsafstand aan zowel de voor- als de achterkant van de route. Dus wanneer de te onderzoeken route een lengte heeft van 400 meter en de grootste 1% letaliteitsafstand is 1 km, moet minimaal 2400 meter transportroute gemodelleerd worden.

2.3.3 *Breedte van de transportroute, parallelle tracks*

De manier waarop met de breedte van de transportroute wordt omgegaan staat beschreven bij de modaliteiten.

In Safeti-NL kunnen parallelle tracks worden gemodelleerd. In Figuur 2.1 staan twee manieren waarop dit kan worden gedaan voor twee routes die 30 meter van elkaar liggen en waarover elk 50% van het vervoer van gevaarlijke stoffen gaat. In het linker paneel ligt de hoofdroute tussen de twee daadwerkelijke routes in. Over de hoofdroute gaat 0% van het vervoer, over de twee parallelle tracks elk 50%. In het rechter paneel ligt de hoofdroute over één van de twee daadwerkelijke routes en is er één parallelle track. Over de hoofdroute en de parallelle tracks gaan elk 50% van het vervoer. Belangrijk is dat de percentages van de parallelle routes optellen tot 100%.



Figuur 2.1 Twee manieren om parallelle tracks te modelleren in Safeti-NL.

De parallelle routes worden in Safeti-NL niet op de kaart vertoond. Om verwarring te voorkomen heeft het de voorkeur om de hoofdroute tussen de daadwerkelijke routes te modelleren.

2.3.4 *Tunnels en overkappingen*

Wanneer sprake is van een geheel gesloten (bijvoorbeeld zonder ventilatieopeningen) tunnelconstructie langer dan 250 m dan zijn voor brandbare vloeistoffen (of gassen) de extra risico's langs de tunnel en bij de tunnelmonden te verwaarlozen. In de risicoberekening kunnen de transportaantallen bij de tunnel op 0 gezet worden.

Voor giftige vloeistoffen of gassen zijn alleen bij geringe hoeveelheden transport de risico's te verwaarlozen. Bij vervoer van grote hoeveelheden giftige stoffen is maatwerk noodzakelijk.

Voor tunnels korter dan 250 m of lichtere constructies, zoals overkappingen bij spoor, zijn de risico's voor de omgeving niet te verwaarlozen. Deze worden in de risicoanalyse daarom beschouwd als een open route.

2.3.5 *Keuze weerstation*

In Module I wordt de keuze van het meteorologische weerstation beschreven. Voor zeer lange routes kan het nodig zijn met meerdere weerstations te rekenen. In Safeti-NL kan dit worden gedaan door delen van de route over verschillende run rows met verschillende weerstations te verdelen.

3 Spoor

Dit hoofdstuk bevat de uitgangspunten die gehanteerd moeten worden bij het analyseren van de risico's en effecten verbonden aan het doorgaand vervoer van gevaarlijke stoffen over het spoor. Het hoofdstuk is ingedeeld in vijf paragrafen, te weten:

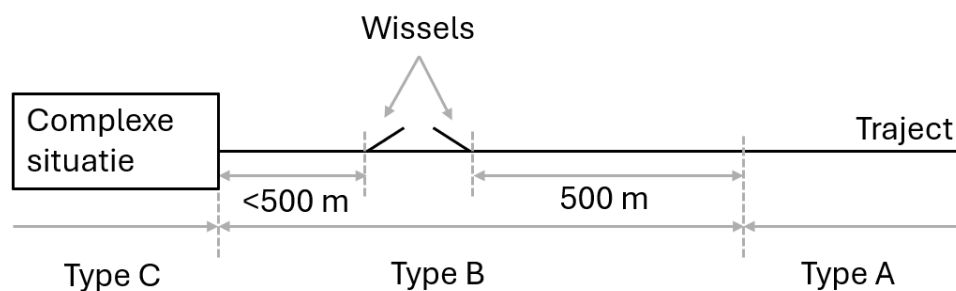
- Paragraaf 3.1; waarin de verschillende spoortypen en de kenmerken van de voertuigen en vervoerde stoffen beschreven worden.
- Paragraaf 3.2; waarin de verschillende modelscenario's beschreven worden.
- Paragraaf 3.3; waarin de ongevalskansen en waardering van veiligheidsmaatregelen worden beschreven.
- Paragraaf 3.4; waarin de andere relevante parameters worden beschreven die nog niet aan bod zijn gekomen.
- Paragraaf 3.5; waarin de invoerwijze in Safeti-NL wordt besproken.

3.1 Vervoersgegevens

3.1.1 Spoortypen

De kans op een groot ongeval hangt af van de spoorinfrastructuur: op een vrije baan zonder wissels is de kans op een ongeval kleiner dan in een complexe situatie met veel wissels. De rekenmethode maakt daarom onderscheid in drie verschillende typen doorgaand spoor [6], namelijk (zie Figuur 3.1):

- Type A vrije baan zonder wissels, dat wil zeggen dat er geen wissel gelegen is binnen 500 m.
- Type B vrije baan met wissels, dat wil zeggen dat er minimaal één wissel gelegen is binnen 500 m én het traject niet is ingedeeld als Type C.
- Type C complexe situaties. Uitgangspunten daarvoor zijn situaties waarbij wissels gelegen zijn binnen 500 m én de breedte van de spoorbundel groter is dan 25 m.



Figuur 3.1 Een voorbeeld van de drie types spoor op een traject.

Raccordementslijnen (ook wel stamlijnen genoemd) zijn 'dedicated' spoorlijnen/verbindingen tussen industrieterreinen en de vrije baan of emplacementen. Een raccordementslijn valt onder 'Niet Centraal Bediend Gebied': er is geen ATB-beveiliging, maar er gelden beperkingen zoals een maximum snelheid van 40 km/h en rijden op zicht. Er is in de actualisatie doorgaand vervoer [6] geen specifieke kans op een groot ongeval afgeleid van raccordementslijnen, maar deze worden ingedeeld als spoortype A of spoortype B.

Voor de rekenmethode voor rangeerhandelingen op spoorwegemplacements, zie Module II.

3.1.2 Vervoersvormen

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

- gasketelwagens voor het vervoer van tot vloeistof verdichte gassen of voor het vervoer van tot vloeistof gekoelde gassen;
- vloeistofketelwagens voor het vervoer van vloeistoffen of gesmolten stoffen;
- containerdraagwagens voor het vervoer van o.a. tankcontainers.

Bij het uitvoeren van effect- en risicoberekeningen moet uitgegaan worden van het transport met ketelwagens. Vervoerscijfers worden uitgedrukt in ketelwagenequivalenten (kwe).

- één gas- en/of vloeistofketelwagen is gelijk aan één kwe;
- twee tankcontainers brandbare stof of drie tankcontainers giftige stof zijn gelijk gesteld aan één kwe.

3.1.3 Karakteristieke hoeveelheden

In Tabel 3.1 staan de karakteristieke hoeveelheden van tanks van één ketelwagenequivalent.

Tabel 3.1 Karakteristieke hoeveelheden in een tank (één ketelwagenequivalent) voor modaliteit spoor [4].

Categorie	Inhoud	Eenheid
GT3, GF	50000	kg
GT4/5	55000	kg
LT, LF	80	m ³

3.1.4 Combinatie stofcategorieën

Vanwege de verscheidenheid aan vervoerde stoffen over de transportroutes wordt in de rekenmethode niet gerekend met iedere afzonderlijke stof (zie hoofdstuk 2.1). Er zijn echter stoffen die zowel brandbaar als giftig zijn. Bij het omwerken van de in stofcategorieën geregistreerde transporten naar de jaarintensiteiten worden deze combinatie categorieën (bijv. LF1/LT2) voor 100% meegeteld in de categorie brandbaar en voor 30% meegeteld in de categorie giftig bij de modaliteit spoor [7-9].

3.2 Modelscenario's

Alle mogelijke uitstromingen worden gemodelleerd met drie standaard modelscenario's, een "groot modelscenario" en "klein modelscenario" en een warme BLEVE, ook wel aangeduid als domino-BLEVE. De relevante modelscenario's bij het uitvoeren van de effect- en risicoberekeningen bij spoor zijn daarom:

- Groot modelscenario: Instantaan vrijkomen (het in één keer vrijkomen van de gehele inhoud door het catastrofaal falen van de tank).
- Klein modelscenario: Continu vrijkomen van de inhoud van de tank door een gat in de tank, of falen van een afsluiter.
- Warme BLEVE: Ten gevolge van een incident waarbij de uitstroming en ontsteking van brandbare vloeistof optreedt, kan een andere ketelwagen worden aangestraald. Vervolgens kan, enige tijd na het initiële incident, deze ketelwagen bij verhoogde temperatuur en druk falen, waarbij de

gehele tankinhoud bij de verhoogde temperatuur en druk instantaan kan vrijkomen.

De onderscheiden modelscenario's voor spoor zijn weergegeven in Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Modelscenario's voor modaliteit spoor [6, 10].

Type wagen	Stofcat.	Model-scenario	Omschrijving uitstroming	Plas (m ²)
Gas	GT, GF	Groot	Instantaan vrijkomen van de gehele tankinhoud.	-
Gas	GT, GF	Klein	Continue uitstroming uit de vloeistoffase uit een gat met een effectieve diameter van 75 mm.	-
Vloeistof	LT, LF	Groot	Vrijkomen van de gehele tankinhoud.	616
Vloeistof	LT, LF	Klein	Vrijkomen van een deel van tankinhoud.	314
Vloeistof, Gas	GT, GF, LF	Warme BLEVE	Instantaan vrijkomen van de gehele tankinhoud bij verhoogde temperatuur en druk.	-

3.2.1 Vapour mass fraction warme BLEVE LF

Voor de warme BLEVE voor brandbare vloeistoffen moet de *vapour mass fraction* uit Tabel 3.3 genomen worden.

Tabel 3.3 De *vapour mass fraction* bij warme BLEVE's voor stofcategorie LF.

Stofcategorie	Vapour mass fraction
LF1	0,33
LF2	0,23

3.3 Kans op een modelscenario

In paragraaf 2.2 wordt de rekenwijze beschreven. Voor modaliteit spoor zijn F_b , P_u , en P_v niet afzonderlijk afgeleid. In plaats daarvan wordt F_{spoor} gebruikt, de kans op een ongeval met een EV relevant vervolg. De waarden voor F_{spoor} staan in Tabel 3.4 en zijn afhankelijk van het spoortype en de stofcategorie.

Tabel 3.4 F_{spoor} : kans op een ongeval met een EV relevant vervolg voor de modaliteit spoor [1/voertuig.km] [6].

Stofcategorie	Spoortype		
	A	B	C
GT, GF, LT	$6,2 \cdot 10^{-11}$	$2,8 \cdot 10^{-10}$	$7,4 \cdot 10^{-10}$
LF	$1,4 \cdot 10^{-10}$	$6,1 \cdot 10^{-10}$	$1,6 \cdot 10^{-09}$

De fracties waarin modelscenario's voorkomen, f_m , staan in Tabel 3.5. Voor GT en GF zijn BLEVE's aanvullende modelscenario's die alleen van toepassing zijn voor een transport waar ook brandbare vloeistoffen deel van uitmaken. De BLEVE scenario's voor GT en GF zijn toegevoegd aan de afgeleide fracties: hierdoor is de som van de fracties groter dan 1[6].

Tabel 3.5 f_m : fracties groot, klein, en warme BLEVE modelscenario's voor de modaliteit spoor [6].

Stofcategorie	Groot	Klein	Warme BLEVE
GT	0,08	0,92	0,007
GF	0,13	0,87	0,007
LT	0,08	0,92	0
LF1	0,39	0,58	0,03
LF2	0,38	0,56	0,06

3.3.1 Kans op een warme BLEVE

De kans op een warme BLEVE hangt af van het aantal warme-BLEVE-combinaties. In Tabel 3.5 staat de generieke waarde gegeven over alle trajecten en voor peiljaar 2012 [6]. De kans op een warme BLEVE is afhankelijk van de vervoerssamenstelling, die per traject kan verschillen. Indien recentere en/of traject-specifieke informatie aanwezig is, kan de waarde hierop aangepast worden.

3.3.2 Waardering veiligheidsmaatregelen

In de standaard ongevalskansen is geen rekening gehouden met de aanwezigheid van aanvullende veiligheidsmaatregelen. Voor een aantal veiligheidsmaatregelen zijn na onderzoek reductiefactoren op F_s afgeleid. Dit betreft de volgende veiligheidsmaatregelen.

ETCS (ERTMS)

Het treinbeveiligingssysteem ETCS (European Train Control System), dat onderdeel is van het bredere ERTMS (European Rail Traffic Management System), wordt als veiliger gezien dan ATB-EG (Automatische TreinBeïnvloeding – Eerste Generatie). Voor ETCS (level 1) wordt een correctiefactor op de ongevalskans van 0,86 toegepast.

Crashbuffers en opklimbeveiliging

Crashbuffers absorberen een deel van de botsingsenergie en opklimbeveiligingen voorkomen dat een wagen na een botsing omhoog schuift ('op klimt') waardoor de tankwand beschadigd raakt. Wanneer de wagons voorzien zijn van deze voorzieningen, wordt een correctiefactor van 0,92 toegepast op de ongevalskans voor de vrije baan (spoortype A en B) [11]. Deze correctiefactor is niet van toepassing op complexe situaties. De correctiefactor mag alleen worden toegepast bij wagons die uitgerust zijn met deze voorzieningen, te weten wagons met giftige/brandbare gassen en giftige vloeistoffen.

Hot Box en Quo Vadis

Voor *Hot Box*-detectiesystemen en *Quo Vadis* geldt geen kansverlaging. De aanwezigheid van *Hot Box*-detectiesystemen en *Quo Vadis* is al meegenomen in de afleiding van de kans op een groot ongeval [6].

3.4 Overige relevante parameters

3.4.1 *Dag / nacht verhouding*

Voor verdeling van de transporten over dag/nacht en week/weekend geldt de volgende standaardverhouding [12]:

dag:nacht = 1/3:2/3
week:weekend = 5/7:2/7

De dag/nacht verhouding, die in Safeti-NL ingevoerd moet worden, is 0,29/0,71. In de verdeling van de transporten dient te worden meegenomen of een bepaalde stof alleen 's nachts of overdag vervoerd wordt.

3.5 Invoer in Safeti-NL

In deze paragraaf wordt de invoer in Safeti-NL beschreven. Dit is onderverdeeld in het invoeren van de route (paragraaf 3.5.1), de invoer van de scenario's m.u.v. de ongevalskansen (paragraaf 3.5.2) en de invoer van de ongevalskansen (paragraaf 2.2.1).

Alle scenario's voor de modaliteit spoor worden ingevoerd in de Safeti-NL workspace *transport by rail*.

3.5.1 *Route invoeren*

Voor het invoeren van de route gelden de algemene voorschriften in paragraaf 2.3, en onderstaande voorschriften die specifiek zijn voor de modaliteit spoor.

3.5.1.1 *Breedte van de spoorbundel, parallelle tracks*

Als de spoorbundel meer dan 10 meter breed is dan moeten aparte routes worden gebruikt om meerdere uitstroompunten te definiëren. Voor de breedte van een spoorbundel wordt uitgegaan van de afstand tussen de buitenste sporen van de spoorbundel voor het doorgaand verkeer.

Voor elke 10 meter breedte moet er (omhoog afgerond) één route worden gedefinieerd. De routes moeten gelijkmatig over de breedte worden verdeeld. Voor een spoorbundel met breedte B waarvoor N routes moeten worden gedefinieerd, liggen de meest linkse en rechtse route op een afstand $B/2N$ van de zijkant van de spoorbundel. Tussen de routes zit B/N afstand.

Aparte routes kunnen worden ingevoerd als routes of als parallelle tracks. Voor de manier waarop parallelle tracks in Safeti-NL ingevoerd moeten worden, zie paragraaf 2.3.3.

3.5.2 *Scenario's invoeren*

In onderstaande tabellen worden de invoerparameters voor Safeti-NL op een rijtje gezet. Standaard waardes in Safeti-NL zijn doorgaans niet opgenomen in de tabellen.

Voor enkele algemene parameters moet worden aangesloten bij Module I (tenzij expliciet anders vermeld). Dit zijn o.a. de uitstroomhoogte (*elevation*), de hoogte van de vloeistofkolom (*tank head*), de uitstroomrichting (*release direction*) en de ruwheidslengte van de omgeving (*surface roughness length*).

3.5.2.1 Invoer stofcategorie GT en GF in Safeti-NL

De invoerparameters voor het grote en kleine scenario voor stofcategorieën GT, GF, zijn gegeven in Tabel 3.6. De invoerparameters voor warme BLEVE's voor GT zijn gegeven in Tabel 3.7, en voor GF in Tabel 3.8.

Tabel 3.6 Invoerparameters voor stofcategorieën GT en GF voor modaliteit spoor.

	Naam Safeti-NL	Waarde
Algemeen	Workspace	Transport by rail
	Vessel	Pressure vessel
	Type of effect to model	GT: Toxic only GF: Flammable only
	Specified condition	Temperature/bubble point
	Temperature	9,8°C Voor GF1: 10,5°C
	Mass/Volume	GT4/5: 55 ton Andere: 50 ton (conform Tabel 3.1)
	Type of pool substrate and bunds	Dry soil (zie opm. 1)
	Event probability	Zie paragraaf 2.2 en 3.3
	Combinations: dag/nacht verhouding	0,71 / 0,29 (conform paragraaf 3.4.1)
Groot modelscenario	Scenario	Catastrophic rupture
	Elevation	2,5 m
	Tank head	3 m
	Use vessel burst pressure	No
Klein modelscenario	Scenario	Leak
	Orifice diameter	75 mm (conform Tabel 3.2)
	Elevation	1 m
	Tank head	3 m

Opmerkingen:

1. Maak hiervoor in "Map" > "Pool substrates and bunds" een "Pool substrate and bund" aan. In het tabblad "Surface for pools" kan je "Dry soil" selecteren.

Tabel 3.7 Invoerparameters voor modelscenario warme BLEVE voor stofcategorie GT voor modaliteit spoor.

	Naam Safeti-NL	Waarde
Warme BLEVE – GT	Vessel	Pressure vessel
	Type of effect to model	Toxic only
	Specified condition	Pressure/bubble point
	Pressure	20 barg
	Mass/Volume	GT4/5: 55 ton Andere: 50 ton (conform Tabel 3.1)
	Elevation	2,5 m
	Tank head	3 m
	Type of pool substrate and bunds	Dry soil (zie opm. 1)
	Scenario	Catastrophic rupture
	Event probability	Zie paragraaf 2.2 en 3.3
	Combinations: dag/nacht verhouding	0,29/ 0,71 (conform paragraaf 3.4.1)

Opmerkingen:

1. Maak hiervoor in "Map" > "Pool substrates and bunds" een "Pool substrate and bund" aan. In het tabblad "Surface for pools" kan je "Dry soil" selecteren.

Tabel 3.8 Invoerparameters voor modelscenario warme BLEVE voor stofcategorie GF voor modaliteit spoor.

	Naam Safeti-NL	Waarde
Warme BLEVE – GF	Vessel	Standalone
	Scenario	Fireball
	Released mass	50 ton
	Vapour mass fraction	1
	Burst pressure	20 barg
	Event probability	Zie paragraaf 2.2 en 3.3
	Combinations: dag/nacht verhouding	0,29 / 0,71 (conform paragraaf 3.4.1)

3.5.2.2 *Invoer stofcategorie LT in Safeti-NL*

Het gevolg van een ongeval met een ketelwagen met een giftige vloeistof is de vorming van een plas. Echter kan Safeti-NL geen giftige wolk berekenen door plasverdamping uit een *standalone pool vaporisation*. Daarom wordt een ongeval met giftige vloeistof gemodelleerd als uitstroom in een *bund*.

De invoerparameters voor stofcategorie LT zijn gegeven in Tabel 3.9.

De parameters zijn gekozen om zo veel mogelijk aan te sluiten bij de eerdere modellering. Sommige parameters voor de uitstroom wijken daarom af van de standaardscenario's in module I.

De voorbeeldstoffen voor LT1 (acrylonitril) en LT4 (methylnisocyaan) zijn in Safeti-NL standaard ingedeeld als giftig én brandbaar. Voor de berekening als voorbeeldstof zijn enkel de giftige effecten belangrijk (selecteer bij 'type of risk effects to model' de optie 'toxic only'). Stoffen die zowel giftig en brandbaar zijn worden gemodelleerd als twee verschillende voorbeeldstoffen, zoals besproken in paragraaf 3.1.4.

Tabel 3.9 Invoerparameters voor stofcategorie LT voor modaliteit spoor.

	Naam Safeti-NL	Waarde
Algemeen	Workspace	Transport by rail
	Vessel	Atmospheric storage tank
	Mass/Volume	Zie hieronder bij modelscenario's
	Type of effect to model	Toxic only
	Temperature	9,8°C
	Specified condition	Temperature and atmospheric pressure
	Elevation	0 m
	Tank head	1 m
	Scenario	Fixed duration release
	Uitstroomduur	10 s
	Release direction	Horizontal
	Event probability	Zie paragraaf 2.2 en 3.3
	Combinations: dag/nacht verhouding	0,29 / 0,71 (conform paragraaf 3.4.1)
Bund	Bund height	1 m
	Bund area	Zie hieronder bij modelscenario's
	Bund failure modelling	Rainout always inside bund (liquid overfill not possible)
	Bund surface	Dry soil
Groot modelscenario	Mass/Volume	80 m ³ (conform Tabel 3.1)
	Bund area	616 m ²
Klein modelscenario	Mass/Volume	40 m ³
	Bund area	314 m ²

Opmerking:

1. In verband met de verschillende grootte van de bund moeten voor de grote en kleine modelscenario's aparte *atmospheric storage tanks* worden gemodelleerd.

3.5.2.3 Invoer stofcategorie LF in Safeti-NL

De invoerparameters voor stofcategorie LF zijn gegeven in Tabel 3.10 en Tabel 3.11.

Tabel 3.10 Invoerparameters voor stofcategorie LF voor modaliteit spoor.

	Naam Safeti-NL	Waarde
Algemeen	Workspace	Transport by rail
	Model	Standalone
	Scenario	Pool fire
	Diameter	Zie bij modelscenario's
	Elevation	0 m
	Base surface	Fire on land
	Event probability	Zie paragraaf 2.2 en 3.3
	Combinations: dag/nacht verhouding	0,29 / 0,71 (conform paragraaf 3.4.1)
Groot modelscenario	Diameter	28 m (conform Tabel 3.2)
Klein modelscenario	Diameter	20 m (conform Tabel 3.2)

Tabel 3.11 Invoerparameters voor warme BLEVE voor stofcategorie LF voor modaliteit spoor.

	Naam Safeti-NL	Waarde
Algemeen	Workspace	Transport by rail
	Model	Standalone
	Scenario	Fireball
	Massa	LF1: 55500 kg LF2: 51000 kg (omgerekend van volume uit Tabel 3.1)
	Vapour mass fraction	LF1: 0,33 LF2: 0,23 (conform Tabel 3.3)
	Burst pressure	2 barg
	Event probability	Zie paragraaf 2.2 en 3.3
	Combinations: dag/nacht verhouding	0,29 / 0,71 (conform paragraaf 3.4.1)

4 Weg

Dit hoofdstuk bevat de uitgangspunten die gehanteerd moeten worden bij het analyseren van de risico's en effecten verbonden aan het vervoer van gevaarlijke stoffen over de weg. Dit hoofdstuk is ingedeeld in vijf paragrafen, te weten:

- Paragraaf 4.1; waarin de verschillende wegtypen en de kenmerken van de voertuigen en vervoerde stoffen beschreven worden.
- Paragraaf 4.2; waarin de verschillende modelscenario's beschreven worden.
- Paragraaf 4.3; waarin de verschillende ongevalskansen en vervolgcansen worden beschreven.
- Paragraaf 4.4, waarin de andere relevante parameters worden beschreven die nog niet aan bod zijn gekomen.
- Paragraaf 4.5; waarin de invoerwijze in Safeti-NL wordt besproken.

4.1 Vervoersgegevens

Deze paragraaf beschrijft voor de modaliteit weg de verschillende wegtypen (paragraaf 4.1.1), de verschillende vervoersvormen (paragraaf 4.1.2), de karakteristieke hoeveelheden (paragraaf 4.1.3) en hoe om te gaan met vervoerde stoffen met combinatie stofcategorieën (paragraaf 4.1.4).

4.1.1 *Wegtypen*

Binnen de modaliteit weg worden 3 typen wegen onderscheiden, te weten:

1. autosnelwegen;
2. wegen buiten de bebouwde kom;
3. wegen binnen de bebouwde kom.

Auto(snel)wegen zijn wegen met meestal een maximumsnelheid van 100 km/uur of meer én een fysieke scheiding tussen de rijrichtingen. Bij wegen buiten de bebouwde kom gaat het meestal om wegen met een maximumsnelheid van maximaal 80 km/uur, waar géén fysieke scheiding is aangebracht tussen de rijrichtingen (en dus kop-kop botsingen kunnen optreden). Binnen de bebouwde kom heeft betrekking op wegen met een maximumsnelheid van 50 km/uur [13].

4.1.2 *Vervoersvormen*

Voor het wegvervoer wordt er onderscheid gemaakt tussen verschillende vervoerstypen voor giftige en brandbare gassen en vloeistoffen, namelijk:

- druktankwagens voor tot vloeistof verdichte of gekoelde gassen,
- atmosferische tankwagens voor vloeistoffen, en
- verschillende soorten vervoersvormen voor samengeperste gassen, met name waterstof, zoals beschreven in de volgende paragraaf.

4.1.2.1 *Samengeperst waterstof*

Voor het wegvervoer van samengeperst waterstofgas zijn drie vervoerssystemen in gebruik, namelijk 'tube-trailers', 'batterijwagens' en 'batterijwagens met composietcilinders' [4]:

- Tube-trailers zijn trailers met daarop een horizontaal pakket grote stalen cilinders gemonteerd. Dit pakket bestaat typisch uit 10 cilinders met afzonderlijke aansluitingen.

- Batterijwagens zijn trailers waarop meerdere flessenbatterijen zijn geplaatst. Typisch zijn er 16 (ondeelbare) flessenbatterijen, elk bestaand uit 28 stalen cilinders.
- Batterijwagens met composietcilinders zijn trailers bestaande uit een chassis met daarop groepen van verticaal gepositioneerde, onderling verbonden, cilinders van composiet materiaal. Een typische batterijwagen met composietcilinders heeft 103 cilinders in 8 gescheiden groepen.

4.1.3 Karakteristieke hoeveelheden

Per stofcategorie zijn de volgende karakteristieke tankhoeveelheden vastgelegd waarmee gerekend moet worden (Tabel 4.1) [13].

Voor samengeperst (gecomprimeerd) waterstof (stofcategorie GF0P) zijn in Tabel 4.2 hoeveelheden gegeven voor 1 cilinder en voor 1 groep/pakket van cilinders die met elkaar in verbinding staan.

Tabel 4.1 Karakteristieke hoeveelheden in een tank of cilinder voor modaliteit weg [4, 13].

Hoofdcategorie	Inhoud	Eenheid
Samengeperst waterstof (GF0P)	Zie Tabel 4.2	-
Vloeibaar waterstof (GF0L)	3000	kg
LNG (GF0L)	20000	kg
Brandbare gasen (GF1 t/m GF3)	50	m ³
Giftige gasen (GT3 t/m GT5)	16	ton
Brandbare vloeistoffen (LF1, LF2)	23	ton
Giftige vloeistoffen (LT1, LT2, LT4)	23	ton
Giftige vloeistoffen (LT3)	40	ton

Tabel 4.2 Karakteristieke hoeveelheden in een cilinder (of cilinderpakket/groep) voor samengeperst waterstof (GF0P) voor de modaliteit weg [4].

	Insluitsysteem	Volume [m ³]	Druk [barg]
Tube trailer	1 cilinder	2,2	215
	1 groep (1 cilinder)	2,2	215
Batterijwagen	1 cilinder	0,05	215
	1 groep (28 cilinders)	1,4	215
Composiet batterijwagen	1 cilinder	0,34	500
	1 groep (13 cilinders)	4,4	500

4.1.4 Combinatie stofcategorieën

Vanwege de verscheidenheid aan vervoerde stoffen over de transportroutes wordt in de rekenmethode niet gerekend met iedere afzonderlijke stof (zie paragraaf 2.1). Daarbij zijn er stoffen die zowel brandbaar als giftig zijn. Bij het omwerken van de in stofcategorieën geregistreerde transporten naar de jaarintensiteiten worden deze combinatie categorieën (bijv. LF1/LT2) voor 100% meegeteld in de categorie brandbaar en voor (1-directe ontstekingskans) × 100% meegeteld in de categorie giftig [7]. De directe ontstekingskans hangt af van de stofcategorie en staat in Tabel 4.3.

Voor een stof die is ingedeeld in LF1/LT2 betekent dit concreet dat deze voor 100% meetelt als ontvlambaar (LF1) en voor 99% als giftig (LT2).

Tabel 4.3 Directe ontstekingskansen voor brandbare vloeistoffen en gassen voor modaliteit weg [4, 14, 15].

Stofcategorie	Directe ontstekingskans
Brandbare vloeistof LF1	0,01
Brandbare vloeistof LF2	0,13
Brandbare gassen (GF1 t/m GF3, GF0L)	0,8
Samengeperst waterstof (GF0P)	0,7

4.2 Modelscenario's

Alle mogelijke uitstromingen bij de weg worden gemodelleerd met twee standaard modelscenario's, een "groot modelscenario" en "klein modelscenario".

- Groot modelscenario: Instantaan vrijkomen (het in één keer vrijkomen van de gehele inhoud door het catastrofaal falen van de tank of één cilinder).
- Klein modelscenario: Continu vrijkomen van de inhoud van de tank door een gat in de tank, breuk van een aangesloten leiding, of falen van een afsluiter.

De onderscheiden modelscenario's zijn weergegeven in Tabel 4.4 voor atmosferische tankwagens en Tabel 4.5 voor druktankwagens.

Tabel 4.4 Modelscenario's voor atmosferische tankwagens, modaliteit weg [13].

Stofcat.	Model-scenario	Omschrijving uitstroming	Straal plas [m]
LF, LT	Groot	Vrijkomen van de gehele tankinhoud	23
LF, LT	Klein	Vrijkomen van een deel van de tankinhoud	10

Tabel 4.5 Modelscenario's voor druktankwagens, modaliteit weg [13].

Type wagen	Stof cat.	Model-scenario	Omschrijving uitstroming
Druktank	GT, GF, GF0L	Groot	Instantaan vrijkomen van de gehele tankinhoud
Druktank	GT, GF, GF0L	Klein	Continue uitstroming uit de vloeistoffase uit een gat met een effectieve diameter van 50 mm
Tube-trailer, (composiet) batterijwagen	Samen-geperst waterstof, GF0P	Groot	Instantaan falen van 1 cilinder
Tube-trailer	Samen-geperst waterstof, GF0P	Klein	Continue uitstroming door gat van 8 mm. Aangenomen wordt dat alle aaneengesloten cilinders die met elkaar in verbinding staan leeglopen.
(Composiet) Batterijwagen	Samen-geperst waterstof, GF0P	Klein	Continue uitstroming door gat van 5 mm. Aangenomen wordt dat alle aaneengesloten cilinders die met elkaar in verbinding staan (1 pakket/groep) leeglopen.

4.3 Kans op een modelscenario

In paragraaf 2.2 wordt de algemene rekenwijze beschreven. Voor wegvervoer worden $F_b \times P_u \times P_v$ samen genomen tot F_{weg} , de ongevalsfrequentie met EV-relevante uitstroming [1/voertuig.km]. De kans op een EV-relevant ongeval (F_{weg}) is afhankelijk van het wegtype en de stofcategorie. De waarden voor F_{weg} staan in Tabel 4.6 en de fractie waarmee een modelscenario plaatsvindt, f_m , staat in Tabel 4.7.

Daarbij gelden de volgende opmerkingen:

- Voor de modaliteit weg wordt een correctiefactor voor de ontstekingskans gebruikt, f_{corr} . Deze is beschreven in paragraaf 4.3.1.
- De jaarintensiteit N_s moet gecorrigeerd zijn voor gecombineerde stofcategorieën (zoals beschreven in paragraaf 4.1.4).

Tabel 4.6 F_{weg} : kans op een ongeval met een EV relevante uitstroom voor modaliteit weg [1/voertuig.km] [4, 13, 16].

Stofcategorie	Wegtype		
	Autosnelweg	Buiten bebouwde kom	binnen bebouwde kom
GT, GF, GF0L	$1,3 \cdot 10^{-9}$	$3,7 \cdot 10^{-9}$	$1,1 \cdot 10^{-9}$
Samengeperst waterstof, GF0P	$8,3 \cdot 10^{-8}$	$3,6 \cdot 10^{-7}$	$5,9 \cdot 10^{-7}$
LT, LF	$6,3 \cdot 10^{-9}$	$2,1 \cdot 10^{-8}$	$9,3 \cdot 10^{-9}$

Tabel 4.7 Fractie waarmee modelscenario plaatsvindt, f_m , voor de modaliteit weg [4, 13].

Stofcategorie	Groot modelscenario	Klein modelscenario
GT, GF, GF0L	0,35	0,65
Samengeperst waterstof, GF0P	0,2	0,8
LT, LF	0,2	0,8

4.3.1 Correctiefactor f_{corr}

De correctiefactor, f_{corr} , is een correctiefactor voor de ontstekingskans en geldt alleen voor stofcategorie LF. De waarde van f_{corr} is gegeven in Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Waarde voor correctiefactor f_{corr} [4, 14, 17].

Stofcategorie	Waarde f_{corr}
LF1	0,01
LF2	0,13
LT, GF, GT, GF0P	1

4.4 Overige relevante parameters

4.4.1 Dag/nacht verhouding

De dag/nacht verhouding, die in Safeti-NL ingevoerd moet worden, is 0,61/0,39.

4.4.2 Bijzondere situaties

Bijzondere situaties zijn alle infrastructuur die afwijkt van de standaardsituatie: een doorgaande volledige open transportroute op maaiveldniveau, met een gelijkmatige verdeling van de transporten over de transportrichtingen. Bijzondere situaties zijn bijvoorbeeld tunnels, overkappingen, wegen met een brede middenberm of knooppunten. Tunnels en overkappingen worden beschreven in paragraaf 2.3.4. Hieronder volgt de beschrijving voor de overige bijzondere situaties voor de modaliteit weg.

4.4.2.1 Splitsingen, kruisingen en knooppunten (klaverbladen)

Voor splitsingen en kruisingen moet minimaal 1 km in iedere wegrichting berekend worden.

Bij knooppunten worden de wegen als een normale doorgaande weg tot aan (of als doorgaande weg ter plekke van) het knooppunt gemodelleerd. Ook moet het knooppunt zelf inclusief de verbindingbogen gemodelleerd worden. Voor het aantal transporten op de verbindingbogen moet uitgegaan worden van de helft van het verkeer op de doorgaande rijbaan die wordt verlaten [18].

4.5 Invoer in Safeti-NL

In deze paragraaf wordt de invoer in Safeti-NL beschreven. Dit is onderverdeeld in het invoeren van de weg (de route, paragraaf 4.5.1) en de invoer van de scenario's m.u.v. de ongevalskansen (paragraaf 4.5.2). De invoer van de ongevalskansen is beschreven in paragraaf 2.2.1.

Kies voor de berekening in Safeti-NL voor de modaliteit weg als nieuwe workspace: *transport by road*.

4.5.1 *Weg invoeren*

Voor het invoeren van de weg gelden de algemene voorschriften in paragraaf 2.3 en onderstaande voorschriften die specifiek zijn voor de modaliteit weg.

4.5.1.1 *Breedte van de weg, parallelle tracks*

Als het midden van de buitenste rijstroken minder dan 10 meter van elkaar liggen dan wordt de weg met één route gemodelleerd. De route wordt op het midden van de weg gelegd.

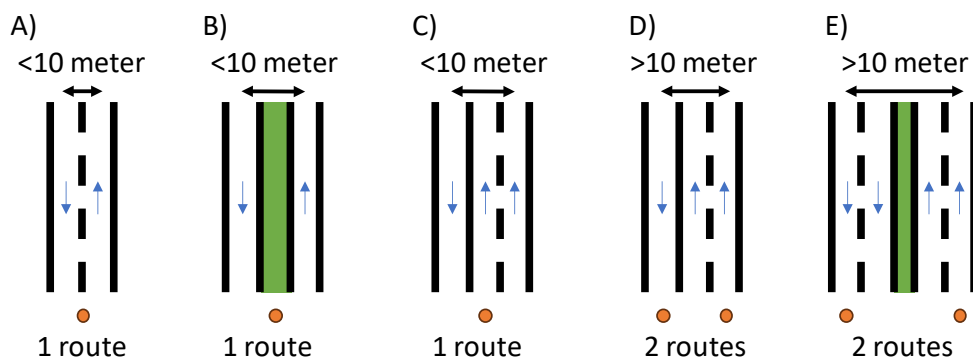
Als het midden van de buitenste rijstroken meer dan 10 meter van elkaar liggen dan worden twee aparte routes gedefinieerd, op de twee buitenste rijbanen. Deze “aparte routes” kunnen ofwel als een extra route of als parallelle track worden ingevoerd in Safeti-NL.

Er zijn situaties mogelijk waarbij het aannemelijk is dat verkeer niet alleen de buitenste rijstrook gebruikt. Een voorbeeld is een spitsstrook waarbij de buitenste rijstrook soms de vluchtstrook is en soms de rechter rijstrook. Ook kan er sprake zijn van parallelwegen. In deze situaties kan er gekozen worden:

- Als het midden van de rechter rijstroken minder dan 10 meter van elkaar liggen dan mag de route gemodelleerd worden over de meest rechter rijstrook.
- Er worden aparte routes gebruikt. De fractie vervoer over de routes moet in overleg met het bevoegd gezag worden bepaald.

Voor de manier waarop parallelle tracks in Safeti-NL ingevoerd moeten worden, zie paragraaf 2.3.3.

4.5.1.2 *Voorbeelden parallelle tracks*

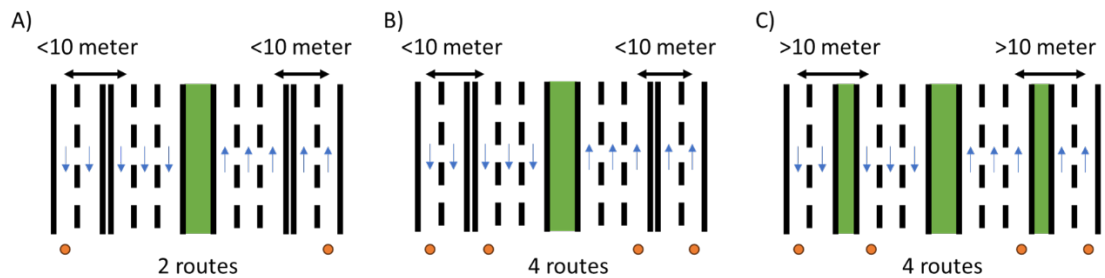


Figuur 4.1: Illustratie wanneer wel en niet voor aparte routes moet worden gekozen. De blauwe pijlen geven de rijrichting aan. Groen is een onverharde berm. Oranje is de plaats waar de route ligt.

In Figuur 4.1 staan een aantal voorbeeldsituaties. Bij Figuur 4.1 A, B, en C ligt het midden van de buitenste rijstroken minder dan 10 meter van elkaar en kan de route dus in het midden van de weg neergelegd worden. Daarbij maakt het niet uit dat bij B de twee rijstroken elk een eigen rijbaan hebben en dat de gemodelleerde route in de middenberm ligt.

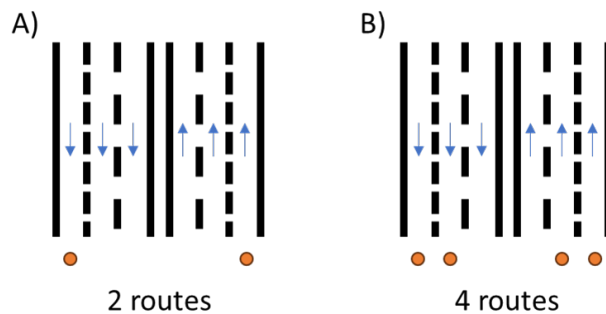
In Figuur 4.1 D en E is een situatie afgebeeld waarbij er twee aparte routes gemodelleerd moeten worden. Bij Figuur 4.1 D is er sprake van brede rijstroken waardoor het midden van de buitenste rijstroken meer dan 10 meter van elkaar af liggen. De twee buitenste rijstroken moeten daarom apart gemodelleerd

worden. Het maakt hierbij niet uit dat de twee buitenste rijstroken op één rijbaan liggen. Bij Figuur 4.1 E is er sprake van twee rijbanen waarbij de buitenste rijstroken meer dan 10 meter van elkaar liggen. Dit wordt als twee routes gemodelleerd.



Figuur 4.2 Drie mogelijkheden voor het modelleren van parallelwegen. De blauwe pijlen geven de rijrichting aan. Groen is een onverharde berm. Oranje is de plaats waar de route ligt.

In Figuur 4.2 staan drie situaties met parallelwegen. Bij A en B ligt het midden van de rechter rijstroken minder dan 10 meter van elkaar. Bij A wordt gekozen om twee routes neer te leggen, over de meest rechtse rijstroken. Bij B wordt gekozen om vier routes neer te leggen. Bij C is de afstand tussen het midden van twee rechter rijstroken meer dan 10 meter. In dit geval moet de parallelweg als aparte route gemodelleerd worden. In overleg met het bevoegd gezag moet worden bepaald welke fracties er over de verschillende routes gaat.



Figuur 4.3 Twee mogelijkheden voor situaties waar de vluchtstrook als spitsstrook wordt gebruikt. Bij A worden twee routes gebruikt, bij B worden vier routes gebruikt. De blauwe pijlen geven de rijrichting aan. Oranje is de plaats waar de route ligt.

In Figuur 4.3 staan twee mogelijkheden voor het modelleren van situaties waarbij de vluchtstrook als spitsstrook wordt gebruikt. Bij A wordt gekozen voor twee routes. De route wordt neergelegd over de buitenste rijbaan, i.e. de vluchtstrook. Bij B worden vier routes gebruikt. In overleg met het bevoegd gezag moet worden bepaald welke fracties er over de verschillende routes gaat.

4.5.2

Scenario's invoeren

In onderstaande tabellen worden de invoerparameters voor Safeti-NL op een rijtje gezet. Standaard waarden in Safeti-NL zijn doorgaans niet opgenomen in de tabellen.

Voor enkele algemene parameters moet worden aangesloten bij module I (tenzij expliciet anders vermeld). Dit zijn o.a. de uitstroomrichting (*release direction*) en de ruwheidslengte van de omgeving (*surface roughness length*).

4.5.2.1 Invoer stofcategorie GT, GF en GF0L in Safeti-NL

De algemene invoerparameters voor stofcategorieën GT, GF en GF0L zijn gegeven in Tabel 4.9. De invoerparameters specifiek per stofcategorie zijn gegeven in Tabel 4.10 (voor GT, GF, GF0L).

Tabel 4.9 Algemene invoerparameters voor Safeti-NL voor GT, GF en GF0L, voor modaliteit weg.

	Naam Safeti-NL	Waarde
Algemeen	Workspace	Transport by road
	Vessel	Pressure vessel
	Material	Zie Tabel 2.5
	Mass/Volume	Zie Tabel 4.1
	Event probability	Zie paragraaf 2.2 en 4.3
Groot modelscenario	Scenario	Catastrophic rupture (conform Tabel 4.5)
	Use vessel burst pressure	No
	Elevation	2,5 m (zie opm.)
	Tank head	2,5 m (zie opm.)
Klein modelscenario	Scenario	Leak (conform Tabel 4.5)
	Orifice diameter	50 mm (conform Tabel 4.5)
	Elevation	1 m (zie opm.)
	Tank head	2,5 m (zie opm.)

Opmerking: waarden voor elevation en tank head zijn defaultwaarden, hiervan kan (mits onderbouwd) van worden afgeweken.

Tabel 4.10 Invoerparameters voor Safeti-NL specifiek voor GT, GF en GF0L, voor modaliteit weg.

	Naam Safeti-NL	Waarde
GT	Type of effects to model	Toxic only
	Specified condition	Temperature/bubble point
	Temperature	9,8°C
GF	Type of effects to model	Flammable only
	Specified condition	Temperature/bubble point
	Temperature	9,8°C Voor GF1: 10,5°C
GF0L	Type of effects to model	Flammable only
	Specified condition	Pressure/bubble point
	Pressure	1 barg

4.5.2.2 Invoer samengeperst waterstof, GF0P, in Safeti-NL

De invoerparameters voor stofcategorie GF0P zijn gegeven in Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Invoerparameters voor Safeti-NL voor GF0P, voor modaliteit weg.

	Naam Safeti-NL	Waarde
Algemeen	Workspace	Transport by road
	Vessel	Pressure vessel
	Material	Zie Tabel 2.5
	Type of effects to model	Flammable only
	Volume	Zie Tabel 4.2 (zie opm. 1)
	Specified condition	Temperature/pressure
	Temperature	9,8°C
	Pressure	Zie Tabel 4.2 (zie opm. 1)
	Event probability	Zie paragraaf 2.2 en 4.3
Groot modelscenario	Scenario	Catastrophic rupture
Klein modelscenario	Scenario	Leak
	Orifice diameter	Zie Tabel 4.5

Opmerking:

1. Voor de grote en kleine modelscenario's moeten aparte *pressure vessels* worden gemodelleerd met verschillende volumes.

4.5.2.3 Invoer stofcategorie LT in Safeti-NL

Het gevolg van een ongeval met een tankwagen met een giftige vloeistof is de vorming van een plas. Echter kan Safeti-NL geen giftige wolk berekenen door plasverdamping uit een *standalone pool vaporisation*. Daarom wordt een ongeval met giftige vloeistof gemodelleerd als uitstroom in een *bund*.

De invoerparameters zijn gegeven in Tabel 4.12. De parameters zijn gekozen om zo veel mogelijk aan te sluiten bij de eerdere modellering. Sommige parameters voor de uitstroom wijken daarom af van de standaardscenario's in module I.

De voorbeeldstoffen voor LT1 (acrylonitril) en LT4 (methylisocyanat) zijn in Safeti-NL standaard ingedeeld als giftig én brandbaar. Voor de berekening als voorbeeldstof zijn enkel de giftige effecten belangrijk (selecteer bij 'type of risk effects to model' de optie 'toxic only'). Stoffen die zowel giftig en brandbaar zijn worden gemodelleerd als twee verschillende voorbeeldstoffen, zoals besproken in paragraaf 4.1.4.

Tabel 4.12 Invoerparameters voor Safeti-NL voor LT, voor modaliteit weg.

	Naam Safeti-NL	Waarde
Algemeen	Workspace	Transport by road
	Vessel	Atmospheric storage tank
	Material	Zie Tabel 2.5
	Mass/Volume	Zie bij modelscenario's en opm. 1
	Type of effects to model	Toxic only
	Temperature	9,8°C
	Specified condition	Temperature and atmospheric pressure
	Elevation	0 m
	Tankhead	1 m
	Scenario	Fixed duration release
	Uitstroomduur	10 s
	Release direction	Horizontal
	Event probability	Zie paragraaf 2.2 en 4.3
Bund	Bund height	1 m
	Bund area	Verschilt per modelscenario, zie hieronder
	Bund failure modelling	Rainout always inside bund (liquid overfill not possible)
	Bund surface	Concrete
Groot modelscenario	Mass/Volume	Zie Tabel 4.1
	Bund area	1662 m ² (conform Tabel 4.4)
Klein modelscenario	Mass/Volume	Zie Tabel 4.1
	Bund area	314 m ² (conform Tabel 4.4)

Opmerking

1. Voor het grote en kleine modelscenario moet een aparte opslagtank worden gemodelleerd.

4.5.2.4 Invoer stofcategorie LF in Safeti-NL

Het gevolg van een ongeval met een brandbare vloeistof is een plasbrand. Deze wordt in Safeti-NL gemodelleerd met een *standalone pool fire* scenario. De invoerparameters zijn gegeven in Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Invoerparameters voor Safeti-NL voor LF, voor modaliteit weg.

	Naam Safeti	Waarde
Algemeen	Workspace	Transport by road
	Model	Standalone
	Material	Zie Tabel 2.5
	Scenario	Pool fire
	Diameter	Zie bij modelscenario's
	Elevation	0 m
	Base surface	Fire on land
	Event probability	Zie paragraaf 2.2 en 4.3
Groot modelscenario	Diameter	46 m (conform Tabel 4.4)
Klein modelscenario	Diameter	20 m (conform Tabel 4.4)

5 Binnenvaart (vaarwegen met minder dan 10% zeevaart)

Dit hoofdstuk bevat de uitgangspunten die gehanteerd moeten worden bij het analyseren van de risico's verbonden aan het vervoer van gevaarlijke stoffen over de vaarwegen met minder dan 10% zeevaartschepen op de vaarweg (binnenvaartroutes). Het betreft alleen vervoer van gevaarlijke stoffen met binnenvaartschepen. Het hoofdstuk is ingedeeld in vijf paragrafen, te weten:

- Paragraaf 5.1; waarin de verschillende vaarwegen, de kenmerken van de schepen en de vervoerde stoffen worden beschreven.
- Paragraaf 5.2; waarin de verschillende modelscenario's worden beschreven.
- Paragraaf 5.3; waarin de verschillende ongevalskansen en vervolgekansen worden beschreven.
- Paragraaf 5.4; waarin de overige relevante parameters worden beschreven.
- Paragraaf 5.5; waarin de invoerwijze in Safeti-NL wordt beschreven.

5.1 Vervoersgegevens

Deze paragraaf beschrijft voor de modaliteit binnenvaart: de soorten vaarwegen (paragraaf 5.1.1), de vervoersvormen (paragraaf 5.1.2), karakteristieke hoeveelheden (paragraaf 5.1.3) en hoe om te gaan met vervoerde stoffen met combinatie stofcategorieën (paragraaf 5.1.4).

5.1.1 Soorten vaarwegen

Binnenvaarwegen zijn ingedeeld in CEMT-klassen (bevaarbaarheidsklassen). Een CEMT-klasse is een maat voor het voor de vaarweg maatgevende schip (type, lengte, breedte, geladen diepgang en doorvaarthoogte). Een voor de externe veiligheid relevante hoeveelheid transport van gevaarlijke stoffen vindt alleen op de volgende vaarwegen plaats [19, 20]:

- Bevaarbaarheidsklasse IV
- Bevaarbaarheidsklasse V
- Bevaarbaarheidsklasse VI

5.1.2 Vervoersvormen

Bij een risicoanalyse die betrekking heeft op het vervoer van gevaarlijke stoffen over water wordt alleen vervoer in tankschepen betrokken. Transport in (tank)containers wordt niet meegenomen [21, 22].

In aanvulling op Tabel 2.5 is in Tabel 5.1 de categorie- en stofindeling van het vervoer van relevante gevaarlijke stoffen over de binnenwateren weergegeven met de bijbehorende scheepstype.

Tabel 5.1 Stofcategorie indeling binnenwater [1, 5].

Categorie	Scheepstype
GF, GT	Gastanker
LF, LT	Dubbelwandig

Het vervoer kan plaatsvinden bij omgevingstemperatuur of verlaagde temperatuur. Voor het laatste geval wordt onderscheid gemaakt in volledig gekoelde en semi-gekoelde transporten. Stofcategorie GT3 wordt bijvoorbeeld zowel semi-gekoeld (5 °C) als onder druk (omgevingstemperatuur) vervoerd.

5.1.3 Karakteristieke hoeveelheden

Representatieve systeemgroottes voor de verschillende scheepstypes zijn weergegeven in Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Karakteristieke tankinhouden voor binnenvaart [23].

Scheepstype	Inhoud [m³]
Dubbelwandig (incl. gekoeld)	150
Gastanker (incl. semi-gekoeld)	180

5.1.4 Combinatie stofcategorieën

Vanwege de verscheidenheid aan vervoerde stoffen over de transportroutes wordt in de rekenmethode niet gerekend met iedere afzonderlijke stof (zie hoofdstuk 2.1.1). Daarbij zijn er stoffen die zowel brandbaar als giftig zijn en daarom een combinatie categorie hebben. Bij het omwerken van de in stofcategorieën geregistreerde transporten naar de jaarintensiteiten worden deze combinatie categorieën (bijv. LF1/LT2) voor 100% meegeteld in de categorie brandbaar en voor $(1 - \text{directe ontstekingskans}) \times 100\%$ meegeteld in de categorie giftig [7]. De directe ontstekingskans hangt af van de stofcategorie (en voor brandbare gasen ook van het modelscenario) en staat in Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Directe ontstekingskansen per brandbare stofcategorie voor binnenvaartroutes [24].

Stofcategorie	Modelscenario	Kans directe ontsteking [-]
Brandbare vloeistof LF1	Alle	0,01
Brandbare vloeistof LF2	Alle	0,13 ⁽¹⁾
Brandbare gasen (GF1 t/m GF3)	Groot	0,7
Brandbare gasen (GF1 t/m GF3)	Klein	0,5

5.2 Modelscenario's

Alle mogelijke uitstromingen worden gemodelleerd met twee standaard modelscenario's:

- Groot modelscenario: grote continue uitstroming van de inhoud van een tank [24].
- Klein modelscenario: kleine continue uitstroming van de inhoud van een tank.

De modelscenario's voor de modaliteit binnenvaart zijn weergegeven in Tabel 5.4. Het modelscenario is breuk van een met de tank verbonden leiding [25]. Voor stofcategorie LF is het gevolg van de uitstroming een plasbrand. De diameter van de plasbrand is gegeven onder Tabel 5.4.

¹ Bij vertraagde ontsteking van de brandbare vloeistof zal een wolkbrand ontstaan die de brandbare plas ontsteekt. De kans op een plasbrand is daarom gelijk aan de kans op de directe ontsteking (0,065) plus de kans op vertraagde ontsteking (0,065), welke hier als kans op directe ontsteking is opgenomen.
Pagina 34 van 70

Tabel 5.4 Modelscenario's binnenvaartroutes [25].

Type schip	Stofcat.	Modelscenario	Omschrijving uitstroming
Vloeistof dubbelwandig	LF, LT	Groot	Vrijkomen van 75 m ³ in 1800 seconden. Zie opmerking.
Vloeistof dubbelwandig	LF, LT	Klein	Vrijkomen van 20 m ³ in 1800 seconden. Zie opmerking.
Gastanker of semi-gekoeld	GT, GF	Groot	Continue uitstroming uit een gat van 150 mm (maximaal 1800 sec.).
Gastanker of semi-gekoeld	GT, GF	Klein	Continue uitstroming uit een gat van 75 mm (maximaal 1800 sec.).

Opmerking: voor stofcategorie LF is het effect een plasbrand. Deze wordt in Safeti-NL gemodelleerd als *standalone pool fire*. De diameter van de plasbrand is:

- Groot modelscenario: 20 m
- Klein modelscenario: 10 m

5.3 Kans op een modelscenario

In paragraaf 2.2 wordt de rekenwijze beschreven. Daarbij gelden de volgende opmerkingen:

- Voor de modaliteit binnenvaart worden $P_u \cdot P_v \cdot f_m$ samen genomen (vervolgkans op een modelscenario).
- Voor de modaliteit binnenvaart worden twee correctiefactoren gebruikt, f_{corr1} en f_{corr2} . Deze zijn beschreven in paragraaf 5.3.3.
- De jaarintensiteit N_s moet gecorrigeerd worden voor gecombineerde stofcategorieën (zoals beschreven in paragraaf 5.1.4).

In deze paragraaf wordt eerst beschreven hoe de basis ongevalsfrequentie berekend kan worden, waarna er locatiespecifieke en default basis ongevalsfrequenties worden gegeven. In paragraaf 5.3.2 en 5.3.3 wordt respectievelijk de kans op relevante uitstroom per modelscenario en de verdere correctiefactoren gegeven. De basis ongevalsfrequentie en de vervolgcansen zijn afgeleid voor zware schade (schadeklasse 4+5).

5.3.1 Basis ongevalsfrequentie (F_b)

De basis ongevalsfrequentie F_b is locatiespecifiek. Deze is daarmee afhankelijk van de vaarweg. Paragraaf 5.3.1.1 beschrijft de methode om de locatiespecifieke basis ongevalsfrequenties af te leiden. In paragraaf 5.3.1.2 staan de locatiespecifieke basis ongevalsfrequenties uit Risicoatlas Hoofdvaarwegen Nederland uit 2003 [26] en in paragraaf 5.3.1.3 staan de generieke basis ongevalsfrequenties.

5.3.1.1 Methode voor het afleiden van locatiespecifieke basis ongevalsfrequenties voor binnenvaart

Indien voor een vaarwegdeel (verkeersvak) de locatiespecifieke basis ongevalsfrequentie verouderd of niet beschikbaar is, dan moet deze worden afgeleid [27].

Voor het afleiden van de ongevalsfrequentie moet er informatie verzameld worden over het aantal ongevallen, het aantal passerende schepen en de lengte van het vaarwegdeel. Deze paragraaf beschrijft stapsgewijs hoe de gegevens verzameld worden en gebruikt om de basis ongevalsfrequentie te berekenen.

Stap 1 Kenmerken vaarweg

Inventariseer de kenmerken van de vaarweg in het studiegebied:

- Lengte
- Hectometrerings (raaien)
- Breedte
- Bevaarbaarheidsklasse
- Belangrijke herkomsten/bestemmingen langs de vaarweg, en mogelijke locaties waarbij een afwijkende frequentie kan gelden zoals splitsingen en kunstwerken

Deze zijn opgenomen in de database Vaarwegkenmerken in Nederland (ViN) en kunnen via CIV Servicedesk data van Rijkswaterstaat (zie <https://rijkswaterstaatdata.nl/dienstverlening/> voor contactgegevens) worden verkregen. Stel u op de hoogte van de infrastructuurwijzigingen gedurende de laatste 10 jaar. Deze kunnen maken dat de representatieve periode voor de analyse van scheepsongevallen korter wordt. Bv. het vervallen van een sluis of brug kan een belangrijke wijziging in het ongevallenbeeld betekenen.

Stap 2 Indelen vaarweg in vaarwegdelen

De vaarweg wordt ingedeeld in nautisch homogene vaarwegdelen (of verkeersvakken). Nautisch homogeen betekent

- Een min of meer constante verkeersintensiteit en samenstelling;
- Een min of meer constante breedte;
- Een min of meer constant vaarwegbeeld (stroom, wind, zijvaarten, kruisingsmanoeuvres)

Een indeling in vaarwegdelen is te vinden in [26]. Voor een specifiek project kan met behulp van nautische expertise een eigen indeling worden gemaakt. Dit kan bijvoorbeeld van belang zijn bij sluizen en voorhavens en bij bruggen met vaste pijlers in de vaarweg.

De volgende stappen worden per vaarwegdeel uitgevoerd.

Stap 3 Scheepsschades

Voor de basis ongevalsfrequentie wordt er gekeken naar alle ongevallen waarbij er mogelijk uitstroming plaatsvond door een gat in de romp en/of een gat in de laadruimte. Verzamel de scheepsschades over de recentste periode van 10 jaar uit de SOS database via CIV Servicedesk data. Bij belangrijke wijzigingen in de infrastructuur kan het noodzakelijk zijn om uit te gaan van een kortere periode. Het gaat om de scheepsschades aan beroepsschepen in de schade klassen 2 t/m 5. Uit de SOS database dienen voor elk ongeval ook de geografische positie en de raai (hectometering) te worden overgenomen.

Stap 4 Verkeersintensiteiten

Verzamel de verkeersintensiteit van de beroepsvaart (zie Tabel 5.5) over de recentste periode van 10 jaar uit het IVS Next via CIV Servicedesk data. Bij belangrijke wijzigingen in de infrastructuur kan het noodzakelijk zijn om uit te gaan van een kortere periode. De verzamelde verkeersintensiteit moet betrekking hebben op schepen die de potentie hebben om bij een aanvaring met een schip dat gevaarlijke lading vervoert tenminste een gat in de romp te veroorzaken.

Tabel 5.5 Definitie beroepsvaart.

Attribuutnaam in IVS Next	Waarde	Scheepstype groep
<ste_cod>	1-49	Binnenvaart
<ste_cod>	50-69	Zeevaart

Stap 5 Check afwijkende kilometers (kilometerraaen)

Het vaarwegdeel wordt ingedeeld in kilometerraaen. Per kilometer wordt het aantal scheepsschades in de schadeklassen 2 t/m 5 opgeteld. Voor het gehele vaarwegdeel bedraagt het aantal scheepsschades in deze schadeklassen $N_{2\ t/m\ 5}$. Onder de veronderstelling dat er geen kilometerraaen zijn met een afwijkende schadefrequentie is de kans op een schade uniform over de kilometerraaen verdeeld:

$$p = \frac{1}{L}, \text{ waarin}$$

p Kans op een scheepsschade per km

L Lengte in km

Nu kan het aantal schades op een kilometerraai worden beschreven met een binomiale verdeling $B(p, N_{2\ t/m\ 5})$. Met een overschrijdingskans van 0,025 kan nu worden getoetst of een kilometerraai in aanmerking komt voor een van het gemiddelde afwijkende scheepsschadefrequentie.

Het gemiddeld aantal scheepsschades per km bedraagt:

$$\overline{N} = \frac{N_{2\ t/m\ 5}}{L}, \text{ waarin}$$

$\overline{N}$

Gemiddeld aantal ongevallen per km over de waarnemingsperiode

$N_{2\ t/m\ 5}$

Aantal scheepsschades in de schadeklassen 2 t/m 5 voor het gehele vaarwegdeel

Met andere woorden: we zoeken een aantal scheepsschades waarvoor:

Bovengrens (bij meer scheepsschades is de raai uitzonderlijk):

$$N_{2\ t/m\ 5, i} = \text{Invbinomdist}(0,975, N_{2\ t/m\ 5}, p)$$

Ondergrens (bij minder scheepsschades is de raai uitzonderlijk):

$$N_{2\ t/m\ 5, i} = \text{Invbinomdist}(0,025, N_{2\ t/m\ 5}, p)$$

Waarin:

$N_{2\ t/m\ 5, i}$ Aantal scheepsschades in de schadeklassen 2 t/m 5 voor kmraai i

Invbinomdist De inverse van de cumulatieve binomiale verdeling

Stap 6 Bereken de scheepsschadefrequenties

De scheepsschadefrequenties f worden apart berekend voor de afwijkende kilometerraaian (zie bij **A**) en voor de resterende kilometerraaian (zie bij **B**).

A. Voor de gevonden afwijkende kilometerraaian:

$$f_i = \frac{N_{4,5,i}}{T \cdot I} \text{ per schip.km, waarin}$$

$N_{4,5,i}$	Aantal scheepsschades in de schadeklassen 4 of 5 op het kilometervak i
T	Aantal beschouwde jaren
I	Verkeersintensiteit beroepsvaart (/jaar)

Als $N_{4,5,i}=0$ wordt de volgende schatting toegepast:

$$f_i = \frac{0,061 \cdot N_{2t/m5,i}}{T \cdot I} \text{ per schip.km, waarin}$$

0,061	De over de Nederlandse hoofdvaarwegen gemiddelde verhouding tussen het aantal scheepsschades in de schadeklassen 4, 5 en de schadeklassen 2 t/m 5 [28].
-------	---

Als ook $N_{2t/m5,i}=0$ geldt:

$$f_i = \frac{0,061 \cdot 0,69}{T \cdot I} \text{ per schip.km, waarin}$$

0,061	De over de Nederlandse hoofdvaarwegen gemiddelde verhouding tussen het aantal scheepsschades in de schadeklassen 4, 5 en de schadeklassen 2 t/m 5 [28]
0,69	Het geschat aantal scheepsschades in de schadeklassen 2 t/m 5. Dit is gebaseerd op de veronderstelling dat het optreden van scheepsschades in de tijd kan worden beschreven met een Poisson-verdeling. Wanneer de kans op het optreden van 0 scheepsschades in de beschouwde periode gelijk is aan 0.5 (geen a priori informatie beschikbaar) geldt: $P(\underline{N} = 0) = \frac{\lambda^0 e^{-\lambda}}{0!} = 0,5$ waarin λ de verwachtingswaarde is voor het aantal schades. Hieruit volgt $\lambda=0,69$

B. Voor de resterende kilometerraaian:

$$f = \frac{N_{4,5} - \sum N_{4,5,i}}{T \cdot I \cdot (L - N_u)} \text{ per schip.km, waarin}$$

$\sum N_{4,5,i}$	De som van alle scheepsschades in de schadeklassen 4 of 5 op de uitzonderingskilometers
$N_{4,5}$	Totaal aantal scheepsschades in de schadeklassen 4 of 5 op het vaarwegdeel
N_u	Aantal uitzonderingskilometers

Als $N_{4,5} = 0$ wordt de volgende schatting toegepast:

$$f = \frac{0,061 \cdot (N_{2t/m5} - \Sigma N_{2t/m5,i})}{T \cdot I \cdot (L - N_u)} \text{ per schip.km, waarin}$$

$\Sigma N_{2t/m5,i}$	De som van alle scheepsschades in de schadeklassen 2 t/m 5 op de uitzonderingskilometers
$N_{2t/m5}$	Totaal aantal scheepsschades in de schadeklassen 2 t/m 5 op het vaarwegdeel

Als ook $N_{2t/m5}=0$ geldt:

$$f = \frac{0,061 \cdot 0,69}{T \cdot I \cdot L} \text{ per schip.km.}$$

Stap 7 Berekening van basis ongevalsfrequentie F_b : correctie voor “gecreëerde” scheepsschades

Wanneer, vanwege het ontbreken van scheepsschades in de klassen 4 en 5, gebruik wordt gemaakt van de schatting van het aantal zware scheepsschades op grond van de aantallen in de klassen 2 t/m 5 worden met de berekende scheepsschadefrequenties op het vaarwegdeel meer zware scheepsschades voorspeld dan in de casuïstiek periode zijn gebeurd.

De hiervoor berekende frequenties van alle kilometerradien worden vermenigvuldigd met een factor, zodat de verwachtingswaarde van het aantal scheepsschades in de schadeklassen 4 en 5 op het vaarwegdeel in de beschouwde casuïstiek periode overeenkomt met het daadwerkelijk opgetreden aantal.

De vermenigvuldigingsfactor bedraagt:

$$CF = \frac{N_{4,5}}{\Sigma f_i \cdot T \cdot I + f \cdot T \cdot I \cdot (L - N_u)} \text{ waarin}$$

$\Sigma f_i \cdot T \cdot I$	Voorspeld aantal scheepsschades in de klassen 4 of 5 op de uitzonderingskilometers
$f \cdot T \cdot I \cdot (L - N_u)$	Voorspeld aantal scheepsschades in de klassen 4 of 5 op de overige kilometers

De resulterende basis ongevalsfrequenties F_b zijn:

$$F_b = CF \cdot f_i \quad (\text{voor elke uitzonderingskilometer})$$

$$F_b = CF \cdot f \quad (\text{voor de resterende kilometerradien})$$

5.3.1.2 *Locatiespecifieke basis ongevalsfrequentie*

In Tabel 5.6 zijn de locatiespecifieke basis ongevalsfrequenties uit 2003 gegeven. Wanneer een vaarwegdeel (verkeersvak) met een ster (*) is opgenomen in deze tabel, betekent dit dat er één of meer uitzonderingskilometers op dit vaarwegdeel zijn. Dit zijn kilometers met een significant hogere of lagere locatiespecifieke basis ongevalsfrequentie. De locatiespecifieke basis ongevalsfrequenties voor de uitzonderingskilometers zijn opgenomen in Tabel 5.7 [26]. Wanneer de vaarweg niet is opgenomen, moet advies worden gevraagd, daarvoor kan gemaild worden naar de Helpdesk Omgevingsveiligheid (omgevingsveiligheid@rivm.nl). Bij nautisch bijzondere situaties (o.a. sluizen, stuwen en havens) kan een meer gedetailleerde indeling van de vaarweg nodig zijn.

Tabel 5.6 Locatiespecifieke basis ongevals-frequentie per vaarwegdeel voor binnenvaartroutes [26]. Wanneer een vaarwegdeel met een ster () is opgenomen in deze tabel, betekent dit dat er één of meer uitzonderingkilometers op dit vaarwegdeel zijn.*

Nr.	Vaarwegdeel	Basis ongevals-frequentie [1/schip.km]	Nr.	Vaarwegdeel	Basis ongevals-frequentie [1/schip.km]
1	ARK_1	$2,1 \cdot 10^{-7}$	46	Nieuwe Maas_1	$3,8 \cdot 10^{-7}$
2	ARK_2	$2,8 \cdot 10^{-7}$	47	Nieuwe Maas_2	$2,7 \cdot 10^{-7}$
3	ARK_3	$1,5 \cdot 10^{-7}$	48	Nieuwe Maas_3	$2,2 \cdot 10^{-7}$
4	ARK_4*	$1,9 \cdot 10^{-7}$	56	Noordzeekanaal_5	$1,2 \cdot 10^{-6}$
5	Brabantsche Vaarwater	$2,4 \cdot 10^{-7}$	57	Noordzeekanaal_6	$3,5 \cdot 10^{-7}$
10	Eemskanaal*	$1,7 \cdot 10^{-7}$	58	Oosterschelde	$1,3 \cdot 10^{-7}$
11	Gelderse IJssel_1	$1,6 \cdot 10^{-7}$	59	Oude Maas_1	$7,0 \cdot 10^{-7}$
12	Gelderse IJssel_2	$6,7 \cdot 10^{-8}$	64	Rijn_1*	$9,8 \cdot 10^{-7}$
13	Gelderse IJssel_3	$9,8 \cdot 10^{-8}$	65	Rijn_2*	$1,3 \cdot 10^{-7}$
14	Gelderse IJssel_4*	$4,7 \cdot 10^{-7}$	66	Rijn_3*	$3,0 \cdot 10^{-7}$
15	Gouwe	$4,6 \cdot 10^{-7}$	67	Rijn_4*	$1,4 \cdot 10^{-7}$
16	Hartelkanaal_1	$2,9 \cdot 10^{-8}$	68	Schelde-Rijnverbinding_1	$5,5 \cdot 10^{-8}$
17	Hartelkanaal_2	$1,7 \cdot 10^{-7}$	69	Schelde-Rijnverbinding_2	$2,9 \cdot 10^{-7}$
18	Hollandsch Diep	$8,0 \cdot 10^{-8}$	70	Twentekanaal_1*	$4,9 \cdot 10^{-7}$
19	Hollandsche IJssel_1*	$1,4 \cdot 10^{-7}$	71	Twentekanaal_2	$2,3 \cdot 10^{-7}$
20	Hollandsche IJssel_2	$1,8 \cdot 10^{-7}$	72	Twentekanaal_3	$2,8 \cdot 10^{-7}$
21	IJsselmeer_1*	$2,6 \cdot 10^{-7}$	73	Van Starckenborghkanaal*	$2,7 \cdot 10^{-7}$
22	IJsselmeer_2	$3,5 \cdot 10^{-8}$	74	Volkerak	$1,6 \cdot 10^{-7}$
26	Kanaal van Sint Andries	$2,0 \cdot 10^{-7}$	75	Waal_1*	$7,3 \cdot 10^{-8}$
27	Kanaal Wessem-Nederweert	$3,6 \cdot 10^{-7}$	76	Waal_2*	$1,8 \cdot 10^{-7}$
28	Kanaal Zuid-Beveland*	$5,2 \cdot 10^{-7}$	77	Waal_3*	$1,8 \cdot 10^{-7}$
29	Ketelbrug Houtrib	$3,6 \cdot 10^{-8}$	78	Waal_4	$5,4 \cdot 10^{-8}$
30	Lekkanaal	$1,0 \cdot 10^{-6}$	79	Waal_5*	$8,8 \cdot 10^{-8}$
31	Maas_1	$4,5 \cdot 10^{-7}$	80	Waal_6	$1,4 \cdot 10^{-7}$
33	Maas_2	$3,4 \cdot 10^{-7}$	81	Waal_7	$3,2 \cdot 10^{-7}$
34	Maas_3	$1,1 \cdot 10^{-6}$	82	Waal_8*	$2,6 \cdot 10^{-7}$
35	Maas_4	$4,1 \cdot 10^{-7}$	90	Willemsvaart_1	$3,7 \cdot 10^{-7}$
36	Maas_5	$7,3 \cdot 10^{-8}$	91	Willemsvaart_2	$1,9 \cdot 10^{-7}$
37	Maas_6	$6,0 \cdot 10^{-8}$	92	Willemsvaart_3	$6,6 \cdot 10^{-8}$

Nr.	Vaarwegdeel	Basis ongevals-frequentie [1/schip.km]	Nr.	Vaarwegdeel	Basis ongevals-frequentie [1/schip.km]
38	Maas_7	$1,6 \cdot 10^{-7}$	93	Willemsvaart_4	$1,5 \cdot 10^{-7}$
39	Maas_8	$7,2 \cdot 10^{-8}$	96	Zwarte Water*	$9,8 \cdot 10^{-8}$
40	Maas_9	$1,4 \cdot 10^{-7}$			
32	Maas_10	$2,2 \cdot 10^{-7}$			
41	Maas-Waalkanaal*	$1,7 \cdot 10^{-7}$			
42	Margrietkanaal_1*	$2,6 \cdot 10^{-7}$			
43	Margrietkanaal_2*	$1,3 \cdot 10^{-7}$			
44	Meppelerdiep	$1,0 \cdot 10^{-7}$			
45	Nieuwe Merwede	$3,3 \cdot 10^{-7}$			

Tabel 5.7 Basis ongevalsfrequentie, F_b , per uitzonderingskilometer voor binnenvaartroutes [26].

Nr.	Vaarwegdeel	Subkm	Basis ongevalsfrequentie [1/schip.km]
4	ARK_4	1	$2,3 \cdot 10^{-6}$
4	ARK_4	12	$2,3 \cdot 10^{-6}$
4	ARK_4	19	$7,1 \cdot 10^{-7}$
4	ARK_4	20	$6,3 \cdot 10^{-7}$
4	ARK_4	31	$2,3 \cdot 10^{-6}$
10	Eemskanaal	2	$1,4 \cdot 10^{-6}$
14	Geldersche IJssel_4	108	$4,4 \cdot 10^{-6}$
19	Hollandsche IJssel_1	19	$2,0 \cdot 10^{-5}$
21	IJsselmeer_1	26	$1,7 \cdot 10^{-6}$
28	Kanaal Zuid-Beveland	2	$1,0 \cdot 10^{-6}$
41	Maas-Waalkanaal	11	$6,5 \cdot 10^{-7}$
42	Margrietkanaal_1	10	$1,6 \cdot 10^{-6}$
43	Margrietkanaal_2	33	$1,5 \cdot 10^{-6}$
43	Margrietkanaal_2	36	$1,5 \cdot 10^{-6}$
43	Margrietkanaal_2	46	$1,2 \cdot 10^{-6}$
43	Margrietkanaal_2	53	$1,2 \cdot 10^{-6}$
64	Rijn_1	9	$3,5 \cdot 10^{-6}$
65	Rijn_2	14	$2,1 \cdot 10^{-7}$
65	Rijn_2	17	$2,1 \cdot 10^{-7}$
66	Rijn_3	69	$2,2 \cdot 10^{-6}$
67	Rijn_4	93	$5,2 \cdot 10^{-7}$
70	Twentekanaal_1	15	$1,5 \cdot 10^{-6}$
70	Twentekanaal_1	28	$1,9 \cdot 10^{-6}$
73	Van Starckenborghkanaal	2	$1,7 \cdot 10^{-6}$
73	Van Starckenborghkanaal	7	$6,8 \cdot 10^{-6}$

Nr.	Vaarwegdeel	Subkm	Basis ongevalsfrequentie [1/schip.km]
75	Waal_1	7	$5,0 \cdot 10^{-7}$
75	Waal_1	8	$7,1 \cdot 10^{-7}$
76	Waal_2	14	$5,9 \cdot 10^{-7}$
77	Waal_3	45	$5,0 \cdot 10^{-7}$
77	Waal_3	48	$1,4 \cdot 10^{-6}$
77	Waal_3	53	$4,6 \cdot 10^{-7}$
79	Waal_5	69	$6,9 \cdot 10^{-7}$
79	Waal_5	75	$3,8 \cdot 10^{-7}$
79	Waal_5	77	$3,8 \cdot 10^{-7}$
82	Waal_8	120	$1,0 \cdot 10^{-6}$
96	Zwarte Water	19	$3,7 \cdot 10^{-6}$

5.3.1.3 Default basis ongevalsfrequentie

Wanneer de locatiespecifieke basis ongevalsfrequentie niet berekend kan worden en ook niet in Tabel 5.6 of Tabel 5.7 staat, dan kan in overleg met het bevoegd gezag de default basis ongevalsfrequentie van de bevaarbaarheidsklasse (CEMT-klasse) gebruikt worden, zie Tabel 5.8 [28].

Tabel 5.8 Default basis ongevalsfrequentie, F_b , [1/schip.km] per vaarwegtype, voor binnenvaartroutes [28].

Vaarwegtype (CEMT)	Default basis ongevalsfrequentie [1/schip.km]
Bevaarbaarheidsklasse IV	$8,67 \cdot 10^{-8}$
Bevaarbaarheidsklasse V	$1,32 \cdot 10^{-7}$
Bevaarbaarheidsklasse VI	$4,14 \cdot 10^{-7}$

5.3.2 Vervolgkansen op modelscenario's ($P_u \cdot P_v \cdot f_m$)

De basis ongevalsfrequenties (zelf afgeleid, of Tabel 5.6 en Tabel 5.7, of Tabel 5.8) worden vermenigvuldigd met de vervolgkansen op de modelscenario's. Met de systematiek uit paragraaf 2.2 zijn deze vervolgkansen: $P_u \cdot P_v \cdot f_m$.

De vervolgkansen zijn afhankelijk van de bevaarbaarheidsklasse (CEMT-klasse). Wanneer geen gebruik wordt gemaakt van de default basis ongevalsfrequenties zal de gebruiker dus zelf de bevaarbaarheidsklasse van de vaarweg moeten opzoeken [5, 28, 29].

De vervolgkansen zijn gegeven in Tabel 5.9, Tabel 5.10 en Tabel 5.11 voor respectievelijk CEMT-bevaarbaarheidsklasse VI, V en VI.

Tabel 5.9 Vervolgkansen op modelscenario's ($P_u \cdot P_v \cdot f_m$), voor CEMT-bevaarbaarheidsklasse IV [30].

Stofcategorie	Modelscenario [-]	
	Groot	Klein
LF of LT in een dubbelwandige tanker (incl. gekoeld)	$2,2 \cdot 10^{-3}$	$8,8 \cdot 10^{-3}$
GF of GT in een gastanker (incl. semi-gekoeld)	$2,64 \cdot 10^{-5}$	$5,5 \cdot 10^{-3}$

Tabel 5.10 Vervolgkansen op modelscenario's ($P_u \cdot P_v \cdot f_m$), voor CEMT-bevaarbaarheidsklasse V [30].

Stofcategorie	Modelscenario [-]	
	Groot	Klein
LF of LT in een dubbelwandige tanker (incl. gekoeld)	$2,95 \cdot 10^{-3}$	$1,18 \cdot 10^{-2}$
GF of GT in een gastanker (incl. semi-gekoeld)	$3,54 \cdot 10^{-5}$	$7,375 \cdot 10^{-3}$

Tabel 5.11 Vervolgkansen op modelscenario's ($P_u \cdot P_v \cdot f_m$), voor CEMT-bevaarbaarheidsklasse VI [30].

Stofcategorie	Modelscenario [-]	
	Groot	Klein
LF of LT in een dubbelwandige tanker (incl. gekoeld)	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-2}$
GF of GT in een gastanker (incl. semi-gekoeld)	$6 \cdot 10^{-5}$	$1,25 \cdot 10^{-2}$

5.3.3 Correctiefactoren f_{corr1} en f_{corr2}

Voor de modaliteit binnenvaart worden twee correctiefactoren gebruikt, f_{corr1} en f_{corr2} .

5.3.3.1 Correctiefactor voor directe ontstekingskansen, f_{corr1}

De eerste correctiefactor, f_{corr1} , is een correctiefactor voor de directe ontstekingskansen bij plasbranden en geldt alleen voor stofcategorie LF. De waarde van f_{corr1} is gegeven in Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Waarde voor correctiefactor f_{corr1} [24].

Stofcategorie	Waarde f_{corr1} [-]
LF1	0,01
LF2	0,13
LT, GF, GT	1

5.3.3.2 Correctiefactor voor uitstroming op smalle vaarwegen, f_{corr2}

De tweede correctiefactor, f_{corr2} , wordt gebruikt voor een smalle vaarweg voor stofcategorie LT. In deze context is een vaarweg smal als de breedte, b , kleiner is dan de kritieke breedte, $b_{kritiek}$, gegeven in Tabel 5.13. De breedte van een vaarweg is gegeven door de begrenziingslijnen van de vaarweg zoals opgenomen in de legger Rijkswaterstaatwerken, toegankelijk via Rijkswaterstaat.nl.

Tabel 5.13 Waarden voor de kritieke breedte, $b_{kritiek}$, voor stoffen in categorie LT.

Stofcategorie	Kritieke breedte [m], klein modelscenario	Kritieke breedte [m], groot modelscenario
LT1	59	130
LT2	105	164
LT3	105	163
LT4	96	163

De te gebruiken waarde voor f_{corr2} is gegeven door onderstaande formule:

$$f_{corr2} = (b_{kritiek}/b)^2$$

Voor alle overige situaties is het niet nodig een correctiefactor te gebruiken. Dat wil zeggen, de waarde $f_{corr2} = 1$ wordt gebruikt voor stofcategorie LF, GF en GT, en voor stofcategorie LT als de vaarweg breder is dan de kritieke breedte.

Het op deze manier modelleren van de uitstroming van LT op smalle vaarwegen geeft naar verwachting een overschatting van het plaatsgebonden risico op kleine afstanden en een onderschatting op grotere afstanden. In specifieke gevallen kan het wenselijk zijn om maatwerk toe te passen om een betere inschatting te krijgen van het plaatsgebonden risico (bijvoorbeeld als risicocontouren dicht bij bebouwing liggen). Dit moet worden afgestemd met het bevoegd gezag.

5.4 Overige relevante parameters

5.4.1 Dag/nacht verhouding

De dag/nacht verhouding, die in Safeti-NL ingevoerd moet worden, is 0,44/0,56.

5.4.2 Begrenzing vloeistofplas

Bij uitstroom van een vloeistof op een vaarweg, wordt aangenomen dat de vloeistofplas niet breder kan worden dan de breedte van de vaarweg. Hiervoor moet een bund ingevoerd worden in Safeti-NL, zie paragraaf 5.5.2.

5.5 Invoer in Safeti-NL

Deze paragraaf beschrijft de invoer in Safeti-NL. Dit is onderverdeeld in het invoeren van de route (paragraaf 5.5.1), de bund (paragraaf 5.5.2) en de invoer van de scenario's (paragraaf 5.5.3). De invoer van de ongevalskansen is beschreven in paragraaf 2.2.1.

Kies voor de berekening in Safeti-NL voor de modaliteit binnenvaart als nieuwe *workspace*: transport by water.

5.5.1 Vaarweg invoeren

Voor het invoeren van een vaarweg gelden de algemene voorschriften in paragraaf 2.3, en onderstaande voorschriften die specifiek zijn voor de modaliteit binnenvaart:

- Leg de *route* neer over het midden van de vaarweg. Indien transport met name plaatsvindt aan de randen van de vaarweg, en de vaarweg breed is ten opzichte van relevante effecten, is maatwerk nodig.
- De ongevalsfrequentie is locatiespecifiek, waarbij er vaarwegdelen (verkeersvakken) zijn met een significant hogere of lagere locatiespecifieke basis ongevalsfrequentie. In Safeti-NL moet zo'n gedeelte met een aparte route gemodelleerd worden.

5.5.2 Bund invoeren

Het maximale oppervlak van een plas wordt begrensd door de breedte van de vaarweg. Daarom wordt er in Safeti-NL een bund ingevoerd. In Tabel 5.14 staan hiervoor de invoerparameters.

Tabel 5.14 Invoerparameters voor de bund in Safeti-NL

Tabblad	Naam Safeti	Waarde
Bund properties	Bund height	1 m
	Bund area (internal)	Gelijk aan b^2 , waarbij b gelijk is aan de breedte van de vaarweg
	Bund failure modelling	Bund cannot fail (liquid overfill not possible)
Surface for pools	Type of surface for pools	Deep river or channel

5.5.3 Scenario's invoeren

In onderstaande tabellen worden de invoerparameters voor Safeti-NL op een rijtje gezet. Standaard waardes in Safeti-NL zijn doorgaans niet opgenomen in de tabellen.

Voor enkele algemene parameters moet worden aangesloten bij module I. Dit zijn o.a. de uitstroomhoogte (*elevation*), de hoogte van de vloeistofkolom (*tank head*), de uitstroomrichting (*release direction*) en de ruwheidslengte van de omgeving (*surface roughness length*). Opmerking: voor de ruwheidslengte moet een waarde worden gebruikt die past bij land.

5.5.3.1 Invoer stofcategorieën GT en GF in Safeti-NL

Bij de uitstroom van tot vloeistof verdichte gassen in Safeti-NL kan een deel van het materiaal vrijkomen als vloeistof, waardoor er een plas ontstaat. De plasgrootte wordt beperkt door de ingevoerde bund. Daarnaast kan uitregening plaatsvinden. De invoerparameters voor stofcategorie GT en GF zijn gegeven in Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Invoerparameters in Safeti-NL voor stofcategorie GT en GF, voor modaliteit binnenvaart.

	Naam Safeti-NL	Waarde
Algemeen	Workspace	Transport by water
	Vessel	Pressure vessel
	Material	Zie Tabel 2.5
	Volume	180 m ³ (conform Tabel 5.2)
	Temperature	9,8°C (zie opm. 1) Voor GF1: 10,5°C
	Specified condition	Temperature/bubble point
	Type of terrain for dispersion	Land (zie opm. 2)
	Scenario	Short pipe
	Scenario type	Line rupture
	Phase to be released	Liquid
	Pipe length	5 m
	Event probability	Zie paragraaf 2.2 en 5.3
GT	Type of effects to model	Toxic only
GF	Type of effects to model	Flammable only
	Activity	Waterway < 10% sea traffic
Groot modelscenario	Pipe internal diameter	150 mm (conform Tabel 5.4)
Klein modelscenario	Pipe internal diameter	75 mm (conform Tabel 5.4)
Bund	Invoerparameters bund	Zie Tabel 5.14

Opmerkingen:

1. De temperatuur, 9,8°C, is de standaard omgevingstemperatuur. Voor semi-gekoelde tankers (gebruikt voor het vervoer van stofcategorie GT3) en gekoelde tankers wordt de vervoerstemperatuur ingevuld.
2. Voor zeer brede vaarwegen kan worden gekozen voor water. De invloed van deze keuze op risico- en effectafstanden is echter minimaal.

5.5.3.2 Invoer stofcategorie LT in Safeti-NL

De invoerparameters voor stofcategorie LT zijn gegeven in Tabel 5.16.

De voorbeeldstoffen voor LT1 (acrylonitril) en LT4 (methylisocyanat) zijn in Safeti-NL standaard ingedeeld als giftig én brandbaar. Voor de berekening zijn enkel de giftige effecten belangrijk (selecteer bij 'type of risk effects to model' de optie 'toxic only'). Stoffen die zowel giftig en brandbaar zijn worden gemodelleerd als twee verschillende voorbeeldstoffen, zoals besproken in paragraaf 5.1.4.

Tabel 5.16 Invoerparameters in Safeti-NL voor stofcategorie LT, voor modaliteit binnenvaart.

	Naam Safeti-NL	Waarde
Algemeen	Workspace	Transport by water
	Vessel	Atmospheric storage vessel
	Material	Zie Tabel 2.5
	Volume	Zie hieronder bij modelscenario's
	Type of effects to model	Toxic only
	Temperature	9,8°C
	Specified condition	Temperature and atmospheric pressure
	Type of terrain for dispersion	Land (zie opm. 1)
	Scenario	Fixed duration release
	Duration of release	1800 s
	Event probability	Zie paragraaf 2.2 en 5.3
Groot modelscenario	Volume	75 m ³ (conform Tabel 5.4, zie opm. 2)
Klein modelscenario	Volume	20 m ³ (conform Tabel 5.4, zie opm. 2)
Bund	Invoerparameters bund	Zie Tabel 5.14

Opmerkingen:

1. Voor zeer brede vaarwegen kan worden gekozen voor water. De invloed van deze keuze op risico- en effectafstanden is echter minimaal.
2. Voor de grote en kleine modelscenario's moeten aparte *atmospheric storage vessels* met verschillende volumes worden gemodelleerd.

5.5.3.3 Invoer stofcategorie LF in Safeti-NL

De invoerparameters voor stofcategorie LF zijn gegeven in Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Invoerparameters in Safeti-NL voor stofcategorie LF, voor modaliteit binnenvaart.

	Naam Safeti-NL	Waarde
Algemeen	Workspace	Transport by water
	Model	Standalone
	Scenario	Pool fire
	Diameter	Zie bij modelscenario's
	Elevation	0 m
	Base surface	Fire on water
	Event probability	Zie paragraaf 2.2 en 5.3
Groot modelscenario	Diameter	20 m (conform Tabel 5.4)
Klein modelscenario	Diameter	10 m (conform Tabel 5.4)

De effecten van de plasbrand van LF1 en LF2 zijn vrijwel gelijk. Het is daarom mogelijk om de LF1 transporten te modelleren als 1/13e LF2 transport (dus het aantal LF1 transporten gedeeld door 13 optellen bij het aantal LF2 transporten, en enkel LF2 modelleren). De factor 1/13 volgt uit de kans op directe ontsteking: voor LF1 is deze 13 maal lager dan voor LF2 (zie Tabel 5.3).

Indien de breedte van de vaarweg kleiner is dan de diameter van de plasbrand, is er maatwerk nodig.

6 Vaarwegen met meer dan 10% zeevaart (zeevaartroutes)

Dit hoofdstuk bevat de uitgangspunten die gehanteerd moeten worden bij het analyseren van de risico's verbonden aan het vervoer van gevaarlijke stoffen over vaarwegen met meer dan 10% zeevaartschepen op de vaarweg (zeevaartroutes). Op zeevaartroutes worden zowel binnenvaartschepen en zeevaartschepen beschouwd. Er wordt onderscheid gemaakt tussen uitstromingen ten gevolge van aanvaringen tussen 1) binnenvaart-binnenvaart, 2) zeevaart-binnenvaart en 3) zeevaart-zeevaart schepen [31]. Het hoofdstuk is ingedeeld in vijf paragrafen, te weten:

- Paragraaf 6.1 beschrijft de verschillende vaarwegen, de kenmerken van de schepen en de vervoerde stoffen.
- Paragraaf 6.2 beschrijft de verschillende modelscenario's.
- Paragraaf 6.3 beschrijft de verschillende ongevalskansen.
- Paragraaf 6.4 beschrijft de overige relevante parameters.
- Paragraaf 6.5 beschrijft de invoerwijze in Safeti-NL.

6.1 Vervoersgegevens

Deze paragraaf beschrijft voor de modaliteit zeevaart de vaarwegen (paragraaf 6.1.1), de vervoersvormen (paragraaf 6.1.2), de karakteristieke hoeveelheden (paragraaf 6.1.3) en hoe om te gaan met de verschillende stofcategorieën (paragraaf 6.1.4).

6.1.1 Vaarwegen

Voor het uitvoeren van een risicoanalyse moet de door te rekenen vaarweg worden onderverdeeld in vaarwegdelen en ongevalsgebieden. Een vaarwegdeel is een deel van een vaarroute waar een homogene scheepvaartintensiteit, zowel totaal als voor wat betreft het transport van gevaarlijke stoffen, en een constante vaarsnelheid per scheepstype mag worden aangenomen [31].

Indien er sprake is van een brede vaarweg moet de vaarweg nader worden onderverdeeld in vaarwegstroken met gelijke breedte. Als vuistregel geldt een onderverdeling in vaarwegstroken van 50 tot 400 meter breedte. Dit betekent dat vaarwegen breder dan 50 tot 400 meter in meerdere vaarwegstroken moeten worden onderverdeeld, gekeken naar de lokale situatie. De ongevalsfrequentie moet homogeen over die vaarwegstroken worden verdeeld, tenzij aantoonbaar is dat een andere verdeling representatiever is.

Een ongevalsgebied is een gebied waarbinnen de ongevalsfrequentie overal gelijk is. Met het definiëren van de ongevalsgebieden moet rekening gehouden worden met de indeling in vaarwegdelen en -stroken. Hierbij is het mogelijk dat een ongevalsgebied over meerdere vaarwegdelen reikt en aan elk van die vaarwegdelen dezelfde ongevalsfrequentie toegekend wordt. Daarnaast kan één vaarwegdeel ook in meerdere ongevalsgebieden opgedeeld worden.

Er zijn vaarwegen met meer dan 10% zeevaart waarbij het aandeel van zeeschepen dat gevaarlijke stoffen transporteert niet significant is. Voor deze vaarwegen dienen alleen de binnenvaart-binnenvaart aanvaringen en de zeevaart-binnenvaart aanvaringen meegenomen te worden in de risicoanalyse. Daarnaast zijn er vaarwegen waarbij het aandeel zeeschepen dat gevaarlijke stoffen vervoert wel significant is. Voor deze vaarwegen moeten zowel de

binnenvaart-binnenvaart, de zeevaart-binnenvaart als de zeevaart-zeevaart aanvaringen meegenomen worden in de risicoanalyse [31].

6.1.2 Vervoersvormen

Bij een risicoanalyse die betrekking heeft op het vervoer van gevaarlijke stoffen over water wordt alleen rekening gehouden met het vervoer in tankschepen. In Tabel 5.1 is de categorie- en stofindeling van het vervoer van gevaarlijke stoffen met binnenvaartschepen gegeven, met de bijbehorende scheepstypen. In Tabel 6.1 is de scheepstype indeling voor zeevaart gegeven.

Tabel 6.1 Scheepstype indeling zeevaart [31].

Stofcategorie	Scheepstype	
LF, LT	Chemicaliëntanker	IBC1
		IBC2
		IBC3
	Olietanker	Olietanker
GF, GT	Gastanker	Gas Type 1, druk, cilindrisch
		Gas Type 1, atmosferisch, cilindrisch
		Gas Type 1, atmosferisch, prismatisch
		Gas Type 2, druk, cilindrisch
		Gas Type 2, atmosferisch, cilindrisch
		Gas Type 2, atmosferisch, prismatisch
		LNG, sferisch
		LNG, prismatisch

6.1.3 Karakteristieke hoeveelheden

De zwaarte van een ongeval is, onder andere, afhankelijk van hoe zwaar het schip is. Daarom worden zeevaartschepen ingedeeld in 13 massaklassen, zie Tabel 6.2. Voor iedere scheepstype en massaklasse is vervolgens een representatieve tankgrootte gedefinieerd. Er kunnen op één schip meerdere tanks zitten, dus de tankgrootte is kleiner dan of gelijk aan de totale capaciteit. In Tabel 6.3 staan de representatieve tankgrootten voor massaklasse 4 t/m 13. Alleen deze massaklassen zijn relevant voor de modellering in Safeti-NL.

Tabel 6.2 Indeling in massaklassen voor zeevaartschepen[31].

Massaklasse	Massa bereik [ton]
1	0-100
2	100-500
3	500-1000
4	1.000 – 1.500
5	1.500 – 3.000
6	3.000 – 6.000
7	6.000 – 10.000
8	10.000 – 20.000
9	20.000 – 40.000
10	40.000 – 60.000
11	60.000 – 80.000
12	80.000 – 100.000
13	> 100.000

Tabel 6.3 Karakteristieke tankinhouden voor zeevaartschepen[31].

Scheepstype		Scheepsgrootte-klasse	Massaklasse	Tankgrootte [ton]
Chemicaliën tanker	IBC1, IBC2, IBC3	Klein	4-7	500
		Middel	8	1.500
		Groot	9-13	3.000
Olietanker	Olietanker	Klein	4-9	3.000
		Middel	10-12	10.000
		Groot	13	21.000
Gastanker	Gas type 1, Gas type 2	Klein	4-7	5.000
		Middel	8-9	5.000
		Groot	10-13	7.500
LNG-tanker	LNG-tanker	Klein	4-8	5.000
		Middel	9-10	7.000
		Groot	11-12	10.000
		Extra groot	13	21.000

6.1.4 Stofcategorieën

De voorbeeldstoffen per stofcategorie staan in Tabel 2.5. Wanneer etheen (ethyleen) wordt vervoerd, wordt dit gemodelleerd met etheen en niet met de voorbeeldstof voor GF3, namelijk propaan.

Bij het vrijkomen van vloeistoffen of tot vloeistof gekoelde of verdichte gassen op of onder de waterlijn, kan een deel van de vloeistof oplossen in water. Hier wordt al rekening mee gehouden in de stofcategorie indeling, doordat deze stoffen in een lagere categorie worden ingedeeld. Dit hoeft niet extra in rekening te worden gebracht. Uitzonderingen hierop zijn ammoniak (GT3), ethyleenoxide (GF1) en acrylnitril (LT1) : bij uitstromingen onder de waterlijn is mogelijk maatwerk nodig om de risico's niet te overschatten. Dit moet per situatie worden beschouwd.

6.1.5 Combinatie stofcategorieën

Vanwege de verscheidenheid aan vervoerde stoffen over de transportroutes wordt in de rekenmethode niet gerekend met iedere afzonderlijke stof (zie hoofdstuk 2.1.1). Daarbij zijn er stoffen die zowel brandbaar als giftig zijn en daarom een combinatie categorie hebben. Bij het omwerken van de in stofcategorieën geregistreerde transporten naar de jaarintensiteiten worden deze combinatie categorieën (bijv. LF1/LT2) voor 100% meegeteld in de categorie brandbaar en voor (1-directe ontstekingskans) × 100% meegeteld in de categorie giftig [7]. De directe ontstekingskans hangt af van de stofcategorie (en voor brandbare gassen ook van het modelscenario) en staat in Tabel 6.4.

Tabel 6.4 Directe ontstekingskansen per brandbare stofcategorie voor zeevaartroutes [24].

Stofcategorie	Modelscenario	Kans directe Ontsteking [-]
Brandbare vloeistof LF1	Alle	0,01
Brandbare vloeistof LF2	Alle	0,13 ⁽²⁾
Brandbare gassen (GF-P)	Groot	0,7
Brandbare gassen (GF-P)	Klein	0,5
Brandbare gassen (GF-L)	Alle	0,7

6.2 Modelscenario's

Er wordt onderscheid gemaakt tussen uitstromingen ten gevolge van aanvaringen tussen 1) binnenvaart-binnenvaart, 2) zeevaart-binnenvaart en 3) zeevaart-zeevaart schepen. Voor binnenvaart-binnenvaart aanvaringen staan de modelscenario's in paragraaf 5.2.

6.2.1 Zeevaart-binnenvaart aanvaringen

Voor zeevaart-binnenvaart aanvaringen worden er 2 modelscenario's gedefinieerd, waarbij uitstroming optreedt uit het binnenvaartschip:

1. Een klein lek: Een gat in de ladingtank waarbij er een gedeelte van de lading uitstroomt uit een klein gat.
2. Een groot lek: Een gat in de ladingtank waarbij er een groot gedeelte van de lading uitstroomt uit een groot gat.

De modelscenario's voor zeevaart-binnenvaart aanvaringen zijn weergegeven in Tabel 6.5.

Tabel 6.5 Uitstroombenarario's zeevaart-binnenvaart aanvaringen [32].

Type schip	Stofcat.	Modelscenario	Omschrijving uitstroming
Vloeistof dubbelwandig	LF, LT	Groot	Vrijkomen van 150 m ³ in 300 seconden. Zie opmerking
Vloeistof dubbelwandig	LF, LT	Klein	Vrijkomen van 75 m ³ in 1800 seconden. Zie opmerking
Gas	GT, GF	Groot	Continue uitstroming uit een gat van 800 mm.
Gas	GT, GF	Klein	Continue uitstroming uit een gat van 150 mm.

Opmerking:

Voor LF wordt alleen de directe ontsteking meegenomen, daarom wordt in Safeti-NL dit modelscenario gemodelleerd met alleen een plasbrand met diameter 20 en 70 m voor respectievelijk het kleine en grote modelscenario.

² Bij vertraagde ontsteking van de brandbare vloeistof zal een wolkbrand ontstaan die de brandbare plas ontsteekt. De kans op een plasbrand is daarom gelijk aan de kans op de directe ontsteking (0,065) plus de kans op vertraagde ontsteking (0,065), welke hier als kans op directe ontsteking is opgenomen.
Pagina 52 van 70

6.2.2 Zeevaart-zeevaart aanvaringen

Voor zeevaart-zeevaart aanvaringen worden alle mogelijke uitstromingen gemodelleerd met vier standaard modelscenario's [31]:

- Groot modelscenario boven de waterlijn: Grote continue uitstroming van de inhoud van een ladingtank uit een gat met een diameter van 1.100 mm, waarbij het gat op de waterlijn ligt;
- Groot modelscenario onder de waterlijn: Grote continue uitstroming van de inhoud van een ladingtank uit een gat met een diameter van 1.100 mm, waarbij het gat 6 meter onder de waterlijn ligt;
- Klein modelscenario boven de waterlijn: Kleine continue uitstroming van de inhoud van een ladingtank uit een gat met een diameter van 250 mm, overeenkomend met de diameter van een typische laad-losaansluiting. Hierbij bevindt het gat zich op de waterlijn;
- Klein modelscenario onder de waterlijn: Kleine continue uitstroming van de inhoud van een ladingtank uit een gat met een diameter van 250 mm, waarbij het gat 6 meter onder de waterlijn ligt.

De modelscenario's voor zeevaart-zeevaart aanvaringen zijn weergegeven in Tabel 6.6.

Tabel 6.6 Samenvatting van de modelscenario's zeevaart-zeevaart aanvaringen [32]. De beschrijving van de modelscenario's staat in de lopende tekst.

Type schip	Stofcategorie	Opslag- condities	Locatie lek	Model- scenario
IBC1/ IBC2/ IBC3	LF, LT	Atmosferisch	Op de waterlijn/ onder de waterlijn	Groot / Klein
Olietanker	LF	Atmosferisch	Op de waterlijn/ onder de waterlijn	Groot / Klein
Type 1, type 2 (cilindrisch en prismatisch)	GF, GT	Gekoeld/ Onder druk	Op de waterlijn/ onder de waterlijn	Groot / Klein
LNG-tanker (sferisch en prismatisch)	GFOL (LNG)	Gekoeld	Op de waterlijn/ onder de waterlijn	Groot / Klein

De maximale hoeveelheid die uit een ladingtank zal stromen is afhankelijk van de hoogte van de ladingtank, de positie van het gat (boven of onder water) en de opgeslagen vloeistof. Daarom is er voor iedere stofcategorie bepaald wat het percentage is van de tank dat uit zal stromen en dat is weergegeven in Tabel 6.7. Hierbij staat de L voor gekoeld gas en de P voor gas onder druk.

Tabel 6.7 De maximale uitstroomhoeveelheden [% totale tankinhoud] voor zeevaart-zeevaart aanvaringen. Hierbij staat de L voor gekoeld en de P voor onder druk [33].

Stof	Maximale uitstroomhoeveelheid [% van de tankinhoud]	
	Uitstroming op de waterlijn	Uitstroming 6 meter onder de waterlijn
Brandbare gassen		
GF0 zie opm. 1		
GF1 – L	44	38
GF2 – L	44	12
GF3 – L (propaan)	44	10
GF3 – L (etheen)	44	8
GF1 – P	44	100
GF2 – P	44	100
GF3 – P	44	100
Giftige gassen		
GT3 – L	44	22
GT4/5 – L (zwaveldioxide)	44	59
GT4/5 – L (chloor)	44	61
GT3 – P (zie opm. 2)	44	100
GT4/5 – P (zie opm. 2)	44	100
Giftige vloeistoffen		
LT1	44	33
LT2	44	62
LT3	44	77
LT4	44	42
Brandbare vloeistoffen		
LF1	44	23
LF2	44	17

Opmerkingen:

1. Voor GF0 is maatwerk nodig.
2. De effecten van GT-P zijn groot, waardoor hier maatwerk nodig kan zijn.

6.3 Kans op een modelscenario

De kans op een bepaald modelscenario moet apart berekend worden voor binnenvaart-binnenvaart, zeevaart-binnenvaart en zeevaart-zeevaart aanvaringen. De methode om de kans op een modelscenario voor binnenvaart-binnenvaart te berekenen staat in hoofdstuk 5.3. In dit hoofdstuk volgt de methode om zeevaart-binnenvaart aanvaringen te berekenen en zeevaart-zeevaart aanvaringen te berekenen. Deze gelden per ongevalsgebied.

Na het berekenen van de kans op een modelscenario zijn deze 5 tot 10 jaar lang te gebruiken. Na deze periode of wanneer het effect van een grote verandering aan de vaarweg of de scheepvaartintensiteit bestudeerd wordt, moet het Energiemodel opnieuw worden doorgerekend met geactualiseerde invoerparameters [31].

6.3.1 Zeevaart-binnenvaart aanvaringen

In paragraaf 2.2 wordt de rekenwijze beschreven. Daarbij gelden voor zeevaart-binnenvaart aanvaringen de volgende opmerkingen:

- De kans op relevante uitstroming (P_u), de kans op EV-relevant vervolg (P_v) en de fractie voor het modelscenario (f_m) worden niet apart afgeleid. Deze factoren worden samengenomen als: $P_u \times P_v \times f_m$ (vervolgkans op een modelscenario).
- Voor zeevaart-binnenvaart aanvaringen worden twee correctiefactoren gebruikt, f_{corr1} en f_{corr2} . Deze zijn beschreven in paragraaf 6.3.1.3.
- De jaarintensiteit N_s moet gecorrigeerd worden voor gecombineerde stofcategorieën (zoals beschreven in paragraaf 6.1.5).

In 2019 zijn waarden van de basis ongevalsfrequentie F_b uitgerekend voor verschillende zeevaartroutes in Nederland en samengevat in één bestand. Dit bestand is beschikbaar op de website van het RIVM. Hierin staan ook de basis ongevalsfrequenties voor enkelwandige schepen, deze zijn niet meer relevant.

6.3.1.1 Basis ongevalsfrequentie (F_b)

Voor uitstromingen uit binnenvaartschepen na aanvaring met een zeevaartschip (zeevaart-binnenvaart aanvaringen) wordt uitgegaan van locatiespecifieke basis ongevalsfrequenties. Hierbij is de ongevalsfrequentie alleen afhankelijk van stofcategorie en niet van de massaklasse of snelheidsklasse van het schip. De volgende stappen moeten worden gevolgd voor het bepalen van de locatiespecifieke basis ongevalsfrequenties voor binnenvaart, gegeven het feit dat zeevaart betrokken is bij een aanvaring.

Stap 1:

Het berekenen van de scheepsschadefrequentie voor binnenvaart moet als volgt te gebeuren:

$$f_{4+5} = \frac{N_{b,4+5}}{I_b \cdot L}$$

waarbij:

- f_{4+5} : scheepsschadefrequentie met schadeklassen 4+5 [schip⁻¹ km⁻¹]
- $N_{b,4+5}$ aantal scheepsschades van de binnenvaart met schadeklasse 4+5 [jaar⁻¹]
- I_b : scheepsintensiteit binnenvaart [schip jaar⁻¹]
- L : lengte van het ongevalsgebied [km]

Stap 2:

Vervolgens wordt de verhouding tussen aanvaringen van zeeschepen met binnenvaartschepen en het totaal aantal aanvaringen waar binnenschepen bij betrokken zijn bepaald:

$$f_{zb} = N_{zb,4+5} / N_{b,4+5}$$

waarbij:

- $N_{zb,4+5}$: aantal scheepsschades met schadeklasse 4+5 uit ongevallen tussen zee- en binnenschepen
- $N_{b,4+5}$: totaal aantal scheepsschades met schadeklasse 4+5 uit ongevallen met binnenvaartschepen

Opmerking:

Indien uit de casuïstiek blijkt dat het aantal scheepsschades bij ongevallen van zeeschepen en binnenvaartschepen, resulterend in een schadeklasse 4+5 ($= N_{zb,4+5}$) kleiner dan 5 is, moet bovenstaande verhouding worden gebaseerd op het aantal scheepsschades in de schadeklassen 3-5 of zelfs 2-5. In dat geval geldt:

$$f_{zb} = N_{zb,3-5} / N_{b,3-5}$$

Of

$$f_{zb} = N_{zb,2-5} / N_{b,2-5}$$

Stap 3:

Om de basis ongevalsfrequentie voor zeevaart-binnenvaart aanvaringen te berekenen moet de scheepsschadefrequentie voor binnenvaart vermenigvuldigd worden met de uitstroombrequentie uit binnenvaart na aanvaring met zeevaart.

$$F_b = f_{4+5} \times f_{zb}$$

6.3.1.2 Kans relevante uitstroming (P_u), kans op EV-relevant vervolg (P_v) en fractie voor modelscenario (f_m)

De vervolggansen op de uitstroombscenario's na scheepsschade met zeer zware schade zijn gelijk genomen voor alle binnenvaart uitstroming. In Tabel 6.8 zijn de vervolggansen uit binnenvaart gegeven. Voor zeevaart-binnenvaart wordt uitgegaan van de vervolggansen voor CEMT-klasse VI. De vervolggansen zijn dus identiek aan de vervolggansen uit paragraaf 5.3.2.

Tabel 6.8 Vervolggansen op modelscenario's ($P_u \cdot P_v \cdot f_m$) [30].

Stofcategorie	Modelscenario [-]	
	Groot	Klein
LF of LT in een dubbelwandige tanker (incl. gekoeld)	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-2}$
GF of GT in een gastanker (incl. semi-gekoeld)	$6 \cdot 10^{-5}$	$1,25 \cdot 10^{-2}$

6.3.1.3 Correctiefactoren

Voor zeevaart-binnenvaart aanvaringen worden twee correctiefactoren gebruikt, f_{corr1} en f_{corr2} .

De eerste correctiefactor, f_{corr1} , is een correctiefactor voor de directe ontstekingskans bij plasbranden en geldt alleen voor stofcategorie LF. De waarde van f_{corr1} is gegeven in Tabel 6.9.

Tabel 6.9: Waarde voor correctiefactor f_{corr1} [27, 31].

Stofcategorie	Waarde f_{corr1} [-]
LF1	0,01
LF2	0,13
LT, GF, GT, GFOL	1

De tweede correctiefactor, f_{corr2} , wordt gebruikt voor een smalle vaarweg voor stofcategorie LT. In deze context is een vaarweg smal als de breedte, b , kleiner is dan de kritieke breedte gegeven in Tabel 6.10. De breedte van een vaarweg is gegeven door de begrenziingslijnen van de vaarweg zoals opgenomen in de legger Rijkswaterstaatwerken, toegankelijk via Rijkswaterstaat.nl.

Tabel 6.10 Waarden voor de kritieke breedte, voor stoffen in stofcategorie LT voor zeevaart-binnenvaart aanvaringen.

Stofcategorie	Kritieke breedte [m], klein modelscenario	Kritieke breedte [m], groot modelscenario
LT1	130	207
LT2	164	207
LT3	163	206
LT4	163	206

De te gebruiken waarde voor f_{corr2} is gegeven door onderstaande formule:

$$f_{corr2} = (b_{kritiek}/b)^2$$

Voor alle overige situaties is het niet nodig een correctiefactor te gebruiken. Dat wil zeggen, de waarde $f_{corr2} = 1$ wordt gebruikt voor stofcategorie LF, GF en GT, en voor stofcategorie LT als de vaarweg breder is dan de kritieke breedte.

Het op deze manier modelleren van de uitstroming van LT op smalle vaarwegen geeft naar verwachting een overschatting van het plaatsgebonden risico op kleine afstanden en een onderschatting op grotere afstanden. In specifieke gevallen kan het wenselijk zijn om maatwerk toe te passen om een betere inschatting te krijgen van het plaatsgebonden risico (bijvoorbeeld als risicocontouren dicht bij bebouwing liggen). Dit moet worden afgestemd met het bevoegd gezag.

6.3.1.4 Samenvatting: totale faalfrequentie per modelscenario

De faalfrequentie per modelscenario die moet worden ingevoerd in Safeti-NL wordt als volgt berekend:

- Vermenigvuldig de locatiespecifieke basis ongevalsfrequenties (F_b) met het aantal schepen van een bepaalde stofcategorie.
- Vermenigvuldig met vervolgcansen op modelscenario's ($P_u \cdot P_v \cdot f_m$).
- Vermenigvuldig met correctiefactoren f_{corr1} en f_{corr2} (indien van toepassing).

6.3.2 Zeevaart-zeevaart aanvaringen

Voor zeevaart-zeevaart aanvaringen kan de frequentie van een ongeval met een EV relevant vervolg, per modelscenario (F_{zz} , eenheid [$\text{schip}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$]) berekend worden met het vereenvoudigd energiemodel. In de systematiek van paragraaf 2.2 is dus $F_{zz} = F_b \times P_u \times P_v \times f_m$. Daarbij gelden voor zeevaart-zeevaart aanvaringen de volgende opmerkingen:

- Voor zeevaart-zeevaart aanvaringen wordt de kans op een ongeval met een EV relevant vervolg (F_{zz}) berekend en niet de basis uitstroombrequenties (F_b) en vervolgcansen (P_u , P_v en f_m) apart.
- Voor zeevaart-zeevaart aanvaringen worden twee correctiefactoren gebruikt, f_{corr1} en f_{corr2} . Deze zijn beschreven in paragraaf 6.3.2.2
- De jaarintensiteit N_s moet gecorrigeerd worden voor gecombineerde stofcategorieën (zoals beschreven in paragraaf 6.1.5).

6.3.2.1 Frequentie van ongeval (F_{zz})

Voor het bepalen van F_{zz} [$\text{schip}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$] wordt gebruik gemaakt van het vereenvoudigde Energiemodel. De werking en de toepassing van het vereenvoudigd Energiemodel worden beschreven in drie rapporten in ref [34], ref [32] en ref [35].

In 2019 zijn waarden van F_{zz} uitgerekend voor verschillende zeevaartroutes in Nederland en samengevat in één bestand. Dit bestand bevat de waarden voor F_{zz} voor de vier scenario's per scheepstype-massaklasse combinatie (Figuur 6.1). Dit zijn de te gebruiken waarden voor F_{zz} , maar door de omvang van dit bestand is ervoor gekozen het niet op te nemen in dit document, in plaats daarvan is het beschikbaar op de website van het RIVM.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	ZEEVAART								BINNENVAART			
2												
3	Segment	Scheepstype	Massaklasse	W-groot	W-klein	B-groot	B-klein		Segment	Scheepstype	Klein	Groot
4	1	IBC1		1,76E-10	1,17E-10	3,92E-10	2,61E-10		1 - Kruising BV - enkelwandig		1,68E-07	8,42E-08
5	1	IBC1		3,43E-10	4,59E-10	7,63E-10	1,02E-09		1 - Kruising BV - dubbelwandig		7,66E-09	1,91E-09
6	1	IBC1		8,01E-10	4,20E-10	1,78E-09	9,35E-10		1 - Kruising BV - gastanker		4,79E-09	2,30E-11
7	1	IBC1		1,16E-09	2,72E-10	2,59E-09	6,05E-10		1 - Kruising ZVBV - enkelwandig		1,37E-07	6,87E-08
8	1	IBC1		1,01E-09	2,59E-10	2,25E-09	5,77E-10		1 - Kruising ZVBV - dubbelwandig		6,25E-09	1,56E-09
9	1	IBC1		1,17E-09	1,19E-10	2,61E-09	2,66E-10		1 - Kruising ZVBV - gastanker		3,90E-09	1,87E-11
		Rotterdam	Noordzeekanaal	Kanaal Gent-Terneuzen	Westerschelde	Input RDAM	Input NZK	Input KGT	Input WS			

Figuur 6.1 Schermafbeelding met waarden voor F_{zz} .

6.3.2.2 Correctiefactoren

Voor zeevaart-zeevaart aanvaringen worden daarnaast nog twee correctiefactoren gebruikt, f_{corr1} en f_{corr2} .

De eerste correctiefactor, f_{corr1} , is een correctiefactor voor de directe ontstekingskans bij plasbranden en geldt alleen voor stofcategorie LF. De waarde van f_{corr1} is gegeven in Tabel 6.11. Dit zijn dezelfde waarden als voor zeevaart-binnenvaart in Tabel 6.9.

Tabel 6.11 Waarde voor correctiefactor f_{corr1} [27, 31].

Stofcategorie	Waarde f_{corr1} [-]
LF1	0,01
LF2	0,13
LT, GF, GT, GF0L	1

De tweede correctiefactor, $f_{\text{corr}2}$, wordt gebruikt voor een smalle vaarweg voor stofcategorie LT. In deze context is een vaarweg smal als de breedte, b , kleiner is dan de kritieke breedte gegeven in Tabel 6.12. Hierbij is de breedte van een vaarweg gegeven door de begrenzingslijnen van de vaarweg zoals opgenomen in de legger Rijkswaterstaatwerken, toegankelijk via Rijkswaterstaat.nl.

Tabel 6.12 Waarden voor de kritieke breedte, voor stoffen in stofcategorie LT voor zeevaart-zeevaart aanvaringen.

Stofcategorie	Massa	Boven/onder de waterlijn	Groot modelscenario [m]	Klein modelscenario [m]
LT1	klein	boven	193	158
		onder	173	147
	middel	boven	300	158
		onder	267	147
	groot	boven	395	158
		onder	353	147
LT2	klein	boven	201	200
		onder	225	224
	middel	boven	289	288
		onder	324	324
	groot	boven	365	315
		onder	409	333
LT3	klein	boven	160	159
		onder	192	191
	middel	boven	231	229
		onder	277	275
	groot	boven	290	288
		onder	349	343
LT4	klein	boven	237	233
		onder	234	230
	middel	boven	341	327
		onder	335	326
	groot	boven	430	327
		onder	422	326

Voor alle overige situaties is het niet nodig een correctiefactor te gebruiken. Dat wil zeggen, de waarde $f_{\text{corr}2} = 1$ wordt gebruikt voor stofcategorie LF, GF en GT, en voor stofcategorie LT als de vaarweg breder is dan de kritieke breedte.

Het op deze manier modelleren van de uitstroming van LT op smalle vaarwegen geeft naar verwachting een overschatting van het plaatsgebonden risico op kleine afstanden en een onderschatting op grotere afstanden. In specifieke gevallen kan het wenselijk zijn om maatwerk toe te passen om een betere inschatting te krijgen van het plaatsgebonden risico (bijvoorbeeld als risicocontouren dicht bij bebouwing liggen). Dit moet worden afgestemd met het bevoegd gezag.

6.3.2.3 *Samenvatting: totale faalfrequentie per modelscenario*

De faalfrequentie per modelscenario die moet worden ingevoerd in Safeti-NL wordt als volgt berekend:

- Vermenigvuldig F_{zz} met het aantal schepen van een bepaalde massaklasse en een bepaalde stofcategorie (N_s).
- Sommeer over de verschillende scheepstypen die bij elkaar horen (zie Tabel 6.3).
- Sommeer over de verschillende massaklassen die bij elkaar horen (zie Tabel 6.3).
- Vermenigvuldig met correctiefactoren f_{corr1} en f_{corr2} (indien van toepassing).

6.4 **Overige relevante parameters**

6.4.1 *Dag/nacht verhouding*

De dag/nacht verhouding, die in Safeti-NL ingevoerd moet worden, is 0,44/0,56.

6.4.2 *Weerstation*

Indien een locatie zich aan de kust bevindt moet het dichtstbijzijnde weerstation worden gekozen dat zich eveneens aan de kust bevindt. Bij locaties landinwaarts moet het dichtstbijzijnde weerstation worden gekozen.

6.4.3 *Bijzondere situaties*

6.4.3.1 *Boei-boei overslag*

Indien sprake is van boei-boei overslag is een tweetal aanvullende scenario's opgenomen voor het falen van de losslang (zie Module I):

- Lekkage uit een gat met een effectieve diameter gelijk aan 10% van de nominale diameter van de overslagleiding (met een maximum van 50 mm)
- Volledige breuk van de overslagleiding

6.4.3.2 *Havenbekkens*

Havenbekkens hoeven in principe niet anders te worden beschouwd dan doorgaande vaarwegen. Dit betekent dat op basis van locatie specifieke kenmerken per situatie een uitstroomfrequentie dient te worden bepaald. Indien deze frequentie uit de beschikbare databanken lastig is te bepalen, dient de risicoanalist een zo nauwkeurig mogelijke inschatting hiervan te maken en onderbouwen.

6.5 **Invoer in Safeti-NL**

Deze paragraaf beschrijft de invoer in Safeti-NL. Dit is onderverdeeld in het invoeren van de route (paragraaf 6.5.1), de invoer van de scenario's voor zeevaart-binnenvaart aanvaringen (paragraaf 6.5.3) en de invoer van de scenario's voor zeevaart-zeevaart aanvaringen (paragraaf 6.5.4). De invoer van scenario's voor binnenvaart-binnenvaart aanvaringen is beschreven in paragraaf 5.5.3 en de invoer van de ongevalskansen is beschreven in paragraaf 2.2.1.

Kies voor de berekening in Safeti-NL voor de modaliteit binnenvaart als nieuwe *workspace*: transport by water.

6.5.1 Vaarweg invoeren

Voor het invoeren van een vaarweg gelden de algemene voorschriften in paragraaf 2.3, en onderstaande voorschriften die specifiek zijn voor de modaliteit zeevaart:

- Leg de *route* neer over het midden van de vaarweg. Indien transport met name plaatsvindt aan de randen van de vaarweg, en de vaarweg breed is ten opzichte van relevante effecten, is maatwerk nodig.
- De ongevalsfrequentie is locatiespecifiek, waarbij er vaarwegdelen (verkeersvakken) zijn met een significant hogere of lagere locatiespecifieke basis ongevalsfrequentie. In Safeti-NL moet zo'n gedeelte met een aparte route gemodelleerd worden.

6.5.2 Bund invoeren

Het maximale oppervlak van een plas wordt begrensd door de breedte van de vaarweg. Daarom wordt er in Safeti-NL een bund ingevoerd. In Tabel 6.13 staan hiervoor de invoerparameters.

Tabel 6.13 Invoerparameters voor de bund in Safeti-NL

Tabblad	Naam Safeti	Waarde
Bund properties	Bund height	1 m
	Bund area (internal)	Gelijk aan b^2 , waarbij b gelijk is aan de breedte van de vaarweg
	Bund failure modelling	Bund cannot fail (liquid overfill not possible)
Surface for pools	Type of surface for pools	Deep river or channel

6.5.3 Scenario's invoeren voor zeevaart-binnenvaart aanvaringen

Tabel 6.14 t/m Tabel 6.16 beschrijft de invoerparameters voor Safeti-NL. Standaard waarden in Safeti-NL zijn doorgaans niet opgenomen in de tabellen.

Voor enkele algemene parameters moet worden aangesloten bij module I. Dit zijn o.a. de uitstroomhoogte (*elevation*), de hoogte van de vloeistofkolom (*tank head*), de uitstroomrichting (*release direction*) en de ruwheidslengte van de omgeving (*surface roughness length*). Opmerking: voor de ruwheidslengte moet een waarde worden gebruikt die past bij land. Als er sprake is van open water (het bovenwindse gebied van de vaarweg is open water tot ten minste een afstand van 3 á 5 kilometer) kies dan 10 mm.

6.5.3.1 Invoer stofcategorieën GT en GF in Safeti-NL

Bij de uitstroom van gassen in Safeti-NL kan een deel van het materiaal vrijkomen als vloeistof, waardoor er een plas ontstaat. De plasgrootte wordt beperkt door de ingevoerde bund. Daarnaast kan uitregening plaatsvinden. Tabel 6.14 beschrijft de invoerparameters voor GT en GF.

Tabel 6.14 Invoerparameters in Safeti-NL voor stofcategorie GT en GF, voor zeevaart-binnenvaart aanvaringen.

	Naam Safeti-NL	Waarde
Algemeen	Workspace	Transport by water
	Vessel	Pressure vessel
	Material	Zie Tabel 2.5
	Volume	180 m ³ (conform Tabel 5.2)
	Temperature	9,8°C (zie opm. 1)
	Specified condition	Temperature/bubble point
	Type of terrain for dispersion	Land (zie opm. 2)
	Scenario	Short pipe
	Scenario type	Line rupture
	Phase to be released	Liquid
	Pipe length	5 m
	Event probability	Zie paragraaf 2.2 en 6.3.1
	Release direction	Horizontal
GT	Type of effects to model	Toxic only
GF	Type of effects to model	Flammable only
	Activity	Waterway > 10% sea traffic
Groot modelscenario	Orifice diameter	800 mm (conform Tabel 6.5)
Klein modelscenario	Orifice diameter	150 mm (conform Tabel 6.5)
Bund	Invoerparameters bund	Zie paragraaf 6.5.2

Opmerkingen:

1. De temperatuur, 9,8°C, is de standaard omgevingstemperatuur. Voor semi-gekoelde tankers wordt de vervoerstemperatuur ingevuld.
2. Voor zeer brede vaarwegen kan worden gekozen voor water. De invloed van deze keuze op risico- en effectafstanden is echter minimaal.

6.5.3.2 Invoer stofcategorie LT in Safeti-NL

Tabel 6.15 beschrijft de invoerparameters voor LT in Safeti-NL. De voorbeeldstoffen voor LT1 (acrylonitril) en LT4 (methylisocyanat) zijn in Safeti-NL standaard ingedeeld als giftig én brandbaar. Voor de berekening zijn enkel de giftige effecten belangrijk (selecteer bij 'type of risk effects to model' de optie 'toxic only'). Stoffen die zowel giftig en brandbaar zijn worden gemodelleerd als twee verschillende voorbeeldstoffen, zoals besproken in paragraaf 6.1.5.

Tabel 6.15 Invoerparameters in Safeti-NL voor stofcategorie LT, voor zeevaart-binnenvaart aanvaringen.

	Naam Safeti-NL	Waarde
Algemeen	Workspace	Transport by water
	Vessel	Atmospheric storage tank
	Material	Zie Tabel 2.5
	Volume	Zie hieronder bij modelscenario's
	Type of effects to model	Toxic only
	Temperature	9,8°C
	Specified condition	Temperature and atmospheric pressure
	Type of terrain for dispersion	Land (zie opm. 1)
	Bund	Selecteer de juiste bund (zie hieronder bij Bund)
	Scenario	Fixed duration release
	Duration of release	Zie hieronder bij modelscenario's
	Event probability	Zie paragraaf 2.2 en 6.3.1
Groot modelscenario	Volume	150 m ³ (conform Tabel 6.5, zie opm. 2)
	Duration of release	300 s
Klein modelscenario	Volume	75 m ³ (conform Tabel 6.5, zie opm. 2)
	Duration of release	1800 s
Bund	Invoerparameters bund	Zie paragraaf 6.5.2

Opmerking:

1. Voor zeer brede vaarwegen kan worden gekozen voor water. De invloed van deze keuze op risico- en effectafstanden is echter minimaal.
2. Voor de grote en kleine modelscenario's moeten aparte *atmospheric storage tanks* worden gemodelleerd.

6.5.3.3 Invoer stofcategorie LF in Safeti-NL

De invoerparameters voor stofcategorie LF zijn gegeven in Tabel 6.16.

Tabel 6.16: Invoerparameters in Safeti-NL voor stofcategorie LF, voor -zeevaart-binnenvaart aanvaringen.

	Naam Safeti-NL	Waarde
Algemeen	Workspace	Transport by water
	Model	Standalone
	Scenario	Pool fire
	Diameter	Zie bij modelscenario's
	Elevation	0 m
	Base surface	Fire on water
	Event probability	Zie paragraaf 2.2 en 6.3.1
Groot modelscenario	Diameter	70 m (conform paragraaf 6.2.1, zie opm. 1)
Klein modelscenario	Diameter	20 m (conform paragraaf 6.2.1, zie opm. 1)

Opmerking:

1. Indien de breedte van de vaarweg kleiner is dan de diameter van de plasbrand is er maatwerk nodig.

6.5.4 Scenario's invoeren voor zeevaart-zeevaart aanvaringen

In Tabel 6.18 t/m Tabel 6.20 zijn de invoerparameters voor Safeti-NL weergegeven. Standaard waarden in Safeti-NL zijn doorgaans niet opgenomen in de tabellen.

Voor enkele algemene parameters moet worden aangesloten bij module I. Dit zijn o.a. de uitstroomhoogte (*elevation*) en de ruwheidslengte van de omgeving (*surface roughness length*). Opmerking: voor de ruwheidslengte moet een waarde worden gebruikt die past bij land. Als er sprake is van open water (het bovenwindse gebied van de vaarweg is open water tot ten minste een afstand van 3 á 5 kilometer) kies dan 10 mm.

De drijvende kracht achter de uitstroming is de vloeistofkolom (*tank head*) en voor een gat dat zich op de waterlijn bevindt is aangenomen dat de vloeistofkolom 5,5 m is. Voor een gat onder de waterlijn wordt de uitstroming verminderd door de tegenwerkende waterdruk. Dit wordt gemodelleerd met een aangepaste vloeistofkolom, zoals gegeven in Tabel 6.17.

Tabel 6.17 De hoogte van de vloeistofkolom voor zeevaart-zeevaart aanvaringen [33]. Hierbij staat de L voor gekoeld en de P voor onder druk.

Stofcategorie	Hoogte van de vloeistofkolom voor uitstroming op de waterlijn (m)	Hoogte van de vloeistofkolom voor uitstroming onder de waterlijn (m)
GF0 zie opm. 1		-
GF1 - L	5,5	4,7
GF2 - L	5,5	1,5
GF3 - L (propaan)	5,5	1,2
GF3 - L (etheen)	5,5	1
GF1 - P	5,5	4,7
GF2 - P	5,5	1,5
GF3 - P (propaan)	5,5	1,2
GF3 - P (etheen)	5,5	1
GT3	5,5	2,7
GT4/5 (zwaveldioxide)	5,5	7,4
GT4/5 (chloor)	5,5	7,7
LT1	5,5	4,1
LT2	5,5	7,7
LT3	5,5	9,6
LT4	5,5	5,3
LF1	5,5	2,9
LF2	5,5	2,1

Opmerkingen:

1. Voor GF0 is maatwerk nodig.
2. De effecten van GT-P zijn groot, waardoor hier maatwerk nodig kan zijn.

6.5.4.1 Invoer stofcategorieën GT en GF in Safeti-NL

Tabel 6.18 beschrijft de modellering van gassen die onder druk vervoerd worden. Dit is anders dan gassen die tot vloeistof gekoeld zijn. Deze methode staat beschreven in Tabel 6.19.

Bij de uitstroom van gassen in Safeti-NL kan een deel van het materiaal vrijkomen als vloeistof, waardoor er een plas ontstaat. De plasgrootte wordt beperkt door de ingevoerde bund. Daarnaast worden stoffen die zowel giftig en brandbaar zijn, gemodelleerd als twee verschillende voorbeeldstoffen, zoals besproken in paragraaf 6.1.5

Tabel 6.18 Invoerparameters in Safeti-NL voor stofcategorie GT-P en GF-P, voor zeevaart-zeevaart aanvaringen.

	Naam Safeti-NL	Waarde
Algemeen	Workspace	Transport by water
	Vessel	Pressure vessel
	Material	Zie Tabel 2.5
	Mass inventory	Zie Tabel 6.3, Tabel 6.7 en opm. 1
	Temperature	9,8°C
	Specified condition	Temperature/bubble point
	Tank head	Zie Tabel 6.17
	Type of terrain for dispersion	Land (zie opm. 2)
	Scenario	Leak
	Event probability	Zie paragraaf 6.3.2
GT	Release direction	Vertical
	Type of effects to model	Toxic only
	Type of effects to model	Flammable only
GF	Activity	Waterway > 10% sea traffic
	Orifice diameter	1100 mm (conform paragraaf 6.2.2)
Groot modelscenario	Orifice diameter	250 mm (conform paragraaf 6.2.2)
Klein modelscenario	Orifice diameter	250 mm (conform paragraaf 6.2.2)
Bund	Invoerparameters bund	Zie paragraaf 6.5.2

Opmerkingen:

1. De hoeveelheid die hier ingevuld moet worden is de uitstroomhoeveelheid. Dit is te berekenen door de tankinhoud uit Tabel 6.3 te vermenigvuldigen met het percentage dat uitstroomt in Tabel 6.7.
2. Voor zeer brede vaarwegen kan worden gekozen voor water. De invloed van deze keuze op risico- en effectafstanden is echter minimaal.

Tabel 6.19 Invoerparameters in Safeti-NL voor stofcategorie GT-L en GF-L, voor zeevaart-zeevaart aanvaringen.

	Naam Safeti-NL	Waarde
Algemeen	Workspace	Transport by water
	Vessel	Atmospheric storage tank
	Material	Zie Tabel 2.5
	Mass inventory	Zie Tabel 6.3, Tabel 6.7 en opm. 1
	Temperature	Kookpunt van de voorbeeldstof (zie opm. 2)
	Tank head	Zie Tabel 6.17
	Type of terrain for dispersion	Land (zie opm. 3)
	Scenario	Leak
	Event probability	Zie paragraaf 6.3.2
	Release direction	Vertical
GT	Type of effects to model	Toxic only
GF	Type of effects to model	Flammable only
	Activity	Waterway > 10% sea traffic
Groot modelscenario	Orifice diameter	1100 mm (conform paragraaf 6.2.2)
Klein modelscenario	Orifice diameter	250 mm (conform paragraaf 6.2.2)
Bund	Invoerparameters bund	Zie paragraaf 6.5.2

Opmerkingen:

1. De hoeveelheid die hier ingevuld moet worden is de uitstroomhoeveelheid. Dit is te berekenen door de tankinhoud uit Tabel 6.3 te vermenigvuldigen met het percentage dat uitstroomt in Tabel 6.7.
2. Om foutmeldingen in Safeti-NL te voorkomen kan hier een waarde vlak onder het kookpunt worden ingevuld (bijv. 1 °C onder het kookpunt).
3. Voor zeer brede vaarwegen kan worden gekozen voor water. De invloed van deze keuze op risico- en effectafstanden is echter minimaal.

6.5.4.2 Invoer stofcategorie LF en LT in Safeti-NL

De invoerparameters voor stofcategorie LF en LT voor zeevaart-zeevaart aanvaringen staan in Tabel 6.20.

De voorbeeldstoffen voor LT1 (acrylonitril) en LT4 (methylisocyanat) zijn in Safeti-NL standaard ingedeeld als giftig én brandbaar. Voor de berekening zijn enkel de giftige effecten belangrijk (selecteer bij 'type of risk effects to model' de optie 'toxic only'). Stoffen die zowel giftig en brandbaar zijn, worden gemodelleerd als twee verschillende voorbeeldstoffen, zoals besproken in paragraaf 6.1.5

Tabel 6.20 Invoerparameters in Safeti-NL voor stofcategorie LF en LT, voor zeevaart-zeevaart aanvaringen.

	Naam Safeti-NL	Waarde
Algemeen	Workspace	Transport by water
	Vessel	Atmospheric storage tank
	Material	Zie Tabel 2.5
	Mass inventory	Zie Tabel 6.3, Tabel 6.7 en opm. 1
	Temperature	9,8°C
	Tank head	Zie Tabel 6.17
	Type of terrain for dispersion	Land (zie opm. 2)
	Scenario	Leak
	Event probability	Zie paragraaf 6.3.2
	Release direction	Vertical
LT	Type of effects to model	Toxic only
LF	Type of effects to model	Flammable only
	Activity	Specify directly
	Immediate ignition probability	1
	Minimum probability of delayed ignition	0
Groot modelscenario	Pipe internal diameter	1100 mm (conform paragraaf 6.2.2)
Klein modelscenario	Pipe internal diameter	250 mm (conform paragraaf 6.2.2)
Bund	Invoerparameters bund	Zie paragraaf 6.5.2

Opmerkingen:

1. De hoeveelheid die hier ingevuld moet worden is de uitstroomhoeveelheid. Dit is te berekenen door de tankinhoud uit Tabel 6.3 te vermenigvuldigen met het percentage dat uitstroomt in Tabel 6.7.
2. Voor zeer brede vaarwegen kan worden gekozen voor water. De invloed van deze keuze op risico- en effectafstanden is echter minimaal.

Referenties

1. AVIV, *Systematiek voor indeling van stoffen ten behoeve van risico-berekeningen bij het vervoer van gevaarlijke stoffen*, ed. AVIV Onderzoek- en Adviesgroep van Ingenieurs. 1999: AVIV.
2. AVIV, *Update stofcategorie indeling methodiek*. 2017.
3. RIVM, *Actualisatie giftige voorbeeldstoffen transport gevaarlijke stoffen. RIVM rapport 2018-0152*. 2019.
4. Timmers, P.G.J., P.A.M.U.d. Haag, and S.P. Verkleij, *Rekenmethode om de risico's te berekenen van het vervoer van samengeperste gassen en tot vloeistof gekoelde gassen*. 2023.
5. AVIV, *Achtergronddocument RBM II, Versie 2.0*. November 2011: Enschede.
6. Uijt de Haag, P.A.M., et al., *Rekenmethode risico's doorgaand vervoer gevaarlijke stoffen over spoor (Een actualisatie op basis van grote ongevallen in Europa)*. 2020.
7. Kruiskamp, M.M., *Telmethodiek voor het vervoer van gevaarlijke stoffen op de weg*. 2005, Rijkswaterstaat Adviesdienst Verkeer en Vervoer: Rotterdam.
8. P.A.M. Uijt de Haag; et al, *Rekenmethode risico's doorgaand vervoer gevaarlijke stoffen over spoor; Een actualisatie op basis van grote ongevallen in Europa, Bijlage bij rapport 2019-0208*. 2020.
9. Timmers, P.G.J., *ontstekingskansen voor stoffen die zowel brandbaar als giftig zijn*, RIVM, Editor. 2021: Bilthoven.
10. SAVE, *Basisfaalfrequenties voor het transport van gevaarlijke stoffen per spoor (emplacements)*. Ingenieurs/adviesbureau SAVE, kenmerk 951599-775, Apeldoorn, september 1995.
11. Antea, *Paired comparison of 7 rail safety measures, Project number 0400349.00, final revision 2.0* 21 oktober 2015.
12. SAVE, *Rekenprotocol Vervoer Gevaarlijke Stoffen per Spoor*. 2006.
13. AVIV, *Fundamenteel onderzoek naar kanscijfers voor risicoberekeningen bij wegtransport gevaarlijke stoffen: hoofdrapport*. 1994: Enschede.
14. AVIV, *Handleiding IPO-Risicoberekeningsmethodiek*. 1995: Enschede.
15. TNO, *LPG-Integraal, rapport 1112 Effectmodellen LPG*. 1983.
16. G.A.M. Golbach, D.H.v.A., L.M. Bus (AVIV), , *Actualisatie uitstroomfrequenties wegtransport, in project 05860*, Adviesgroep AVIV BV & Goudappel Coffeng, Editor. 2005: Enschede.
17. Rijkswaterstaat, *Analyse telresultaten vervoer gevaarlijke stoffen over de weg*. 2008: Den Haag.
18. Staatsecretaris van Infrastructuur en Milieu, *Regeling basisnet, Stcrt. 2014 8242*. 2014.
19. Rijkswaterstaat, *Scheepvaartinformatie hoofdvaarwegen*. 2008.
20. PGS, *Guidelines for quantitative risk assessment (purple book)*. 2005, .
21. P.J. Leenhouts and G.P. Wijers, *Risico's van het vervoer van gevaarlijke stoffen per container op de vaarweg Rotterdam-*

- Duitsland*. 1990, Koninklijk Instituut voor de Marine, Vakgroep Nautische wetenschappen: Den Helder.
22. M.M. Kruiskamp, *Programma van eisen voor een nieuwe externe veiligheid risicoanalyse op binnenvaarwegen*. 10 juli 2009, Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart: Delft.
 23. S.M. Geervliet, *Handleiding risicobepalingsmethodiek en doorrekenen maatregelen*. 1995, AEA Technology Netherlands BV: Den Haag.
 24. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer Vrom, *LPG integraal. Schadebepaling transport van LPG over de binnenwateren. Rapport 1225*. 1983: VROM.
 25. SAVE, *Risico's van het bulkvervoer van brandbare en giftige stoffen over het water*. november 1988: Apeldoorn.
 26. J. Heitink and L. Mentink, *Risicoatlas Hoofdvaarwegen Nederland*. 2003, AVIV: Enschede.
 27. RIVM, *Handleiding Risicoanalyse Transport versie 1.2. juli 2017*. 2017.
 28. H.G. Bos, *Default scheepsschadefrequenties RBM II*. 19 juli 2006, AVIV: Enschede.
 29. DNV/AVIV, *Risicoanalyse zee- en binnenvaart*. 2000.
 30. AVIV, *Default scheepsschadefrequenties RBMII*. 2006.
 31. DNV. *Protocol Zee- en Binnenvaart op vaarwegen met meer dan 10% zeevaart, inclusief Brief*. 2011; Available from: <https://www.rivm.nl/documenten/2011-protocol-vaarwegen-met-meer-dan-10-zeevaart-incl-brief-dvs-en-ienm>.
 32. DNV, *Procedure actualisatie transportaantallen risico's zeevaartroutes*. 2020.
 33. *Achtergronddocument Protocol Risicoanalyse Zee- en Binnenvaart*. 2011, DNV.
 34. DNV, *Documentatie Energiemodel*. 2020.
 35. DNV, *Vereenvoudiging Energiemodel en afleiding basis-uitstroomfrequenties*. 2020.