



Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid

Module III – Vervoer van gevaarlijke stoffen
Versie maart 2022

In het Bkl zijn voor sommige milieubelastende activiteiten, zoals vervoer van gevaarlijke stoffen, vaste afstanden opgenomen voor het plaatsgebonden risico en/of de aandachtsgebieden. Indien u met behulp van de rekenmodellen inzicht wilt verkrijgen in de te verwachten brand-, explosie- of gifwolkaandachtsgebieden adviseert het RIVM om gebruik te maken van de meest actuele inzichten, zoals de meest recente interventiewaarden en rekenmodellen. De inzichten die u verkrijgt met de rekenmodellen kunt u bijvoorbeeld gebruiken voor het bepalen van de [gelijkwaardigheid](#) of het onderbouwen van een besluit over een [voorschriftengebied](#) of [beschermende maatregelen](#). De oude voorschriften die opgenomen zijn in versie 2.3 van het rekenpakket RBMII, zijn opgenomen in de Handleiding Risicoberekeningen Transport ([link](#)). Deze nieuwe Module III biedt u de actuele inzichten voor vervoer van gevaarlijke stoffen. Module III is niet aangewezen in de Omgevingsregeling en er is dus ruimte het rekenvoorschrift in Module III te blijven actualiseren met nieuwe inzichten. Onderstaand treft u de huidige inhoud van Module III. Een nieuwe versie van het rekenpakket RBMII, dat aansluit bij deze nieuwe Module III, moet nog worden ontwikkeld.

Colofon

© RIVM 2022

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
RBMII@rivm.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Leeswijzer	5
2	Modelparameters	6
2.1	Stoffen	6
2.1.1	Stofcategorieën en voorbeeldstoffen	6
2.1.2	Overige gevaarlijke stoffen	8
2.2	Meteorologische parameters	9
2.3	Modellering van de transportroutes	9
2.3.1	Lengte van de transportroute	9
2.3.2	Breedte van de transportroute	9
2.3.3	Tunnels en overkappingen	9
3	Spoor	11
3.1	Vervoersgegevens	11
3.1.1	Inleiding	11
3.1.2	Combinatie stofcategorieën	11
3.1.3	Gerelateerde parameters	11
3.2	Modelscenario's	12
3.3	Kans op een groot ongeval	13
3.3.1	Waardering veiligheidsmaatregelen	13
4	Weg	15
4.1	Vervoersgegevens	15
4.1.1	Combinatie stofcategorieën	15
4.1.2	Gerelateerde parameters	15
4.2	Modelscenario's	15
4.3	Kans op een groot ongeval	16
5	Vaarwegen met minder dan 10% zeevaart (binnenvaartroutes)	17
5.1	Vervoersgegevens	17
5.1.1	Inleiding	17
5.1.2	Combinatie stofcategorieën	18
5.1.3	Gerelateerde parameters	18
5.2	Modelscenario's	18
5.3	Kans op groot ongeval	20
5.3.1	Locatiespecifieke sloopschadefrequentie	20
5.3.2	Default sloopschadefrequentie	22
6	Vaarwegen met meer dan 10% zeevaart (zeevaartroutes)	24
6.1	Vervoersgegevens	24
6.1.1	Inleiding	24
6.2	Modelscenario's	26
6.3	Kans op een groot ongeval	27
	Referenties	28



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

1 Inleiding

Deze module bevat basisrekenvoorschriften voor het uitvoeren van effect- en risicoberekeningen voor verschillende vervoersmodaliteiten. Het gaat hierbij om de modaliteiten spoor, weg en vaarwegen (zie Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl) Bijlage VII, onderdeel C).

Voor de berekeningen wordt het rekenpakket RBMII versie 2.3 gebruikt. Een nieuwe versie van het rekenpakket RBMII, dat aansluit bij deze Module, moet nog worden ontwikkeld.

1.1 Leeswijzer

Deze module begint met modelparameters die voor alle modaliteiten gelden (hoofdstuk 2). Vervolgens worden de uitgangspunten die gehanteerd moeten worden bij het analyseren van de risico's en effecten verbonden aan het vervoer van gevaarlijke stoffen 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 en in hoofdstuk 6 vaarwegen met meer dan 10% zeevaart.

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

2 Modelparameters

Paragraaf 2.1 beschrijft welke gevaarlijke stoffen in de kwantitatieve risicoanalyses beschouwd moeten worden. Paragraaf 2.2 geeft een overzicht van de meteorologische parameters die niet verschillen per modaliteit. Paragraaf 2.3 beschrijft hoe een transportroute moet worden gemodelleerd.

In hoofdstuk 3 voor het spoor, hoofdstuk 4 voor de weg en hoofdstuk 5 voor vaarwegen 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].

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 op het bovenstaande 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). 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 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 2.2 Overzicht van de indeling van giftige gassen (GT) op basis van de kritische temperatuur (T_{krit}) of, wanneer de T_{krit} niet beschikbaar is, het kookpunt (T_{kook}) en de letale concentratie (LC_{50} , concentratie die bij 50% van de proefdieren in één uur tot de dood leidt).

T_{krit} (K)	LC_{50} (< 5.0 x 10 ⁴) (ppm)				T_{kook} (K)
	< 10 ²	10 ² - 10 ³	10 ³ - 10 ⁴	10 ⁴ - 5x10 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 2.3 Overzicht van de indeling van de giftige vloeistoffen (LT) op basis van de dampspanning bij 293 K (P_{20}) of, wanneer de P_{20} niet beschikbaar is, het kookpunt (T_{kook}) en de letale concentratie (LC_{50} , 1 uur).

P_{20} (mbar)	LC_{50} (< 5.0 x 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 (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 water (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/m³ 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 alle relevante vervoerde stoffen te vinden. Deze indeling kan worden gebruikt als hulpmiddel.

In Tabel 2.5 zijn de voorbeeldstoffen per stofcategorie gegeven.

Tabel 2.5 Voorbeeldstoffen per stofcategorie [2, 3].

Stofcategorie	Voorbeeldstof	CAS-nummer voorbeeldstof
GF0	Niet beschikbaar (LNG als GF3 ¹)	
GF1	Ethyleenoxide	75-21-8
GF2	n-Butaan	106-97-8
GF3	Propaan	74-98-6
GT0	Niet beschikbaar	
GT3	Ammoniak	7664-41-7
GT4/GT5	Zwavel dioxide ²	7446-09-5
LF1	Heptaan (diesel)	142-82-5
LF2	Pentaaan (benzine)	109-66-0
LT1	Acrylonitril (synoniem: acrylnitril)	107-13-1
LT2	Fosfortrichloride	7719-12-2
LT3	Broom	7726-95-6
LT4	Methylisocyanaat	624-83-9

¹ Voor stofcategorie GF0 en GT0 is nog geen voorbeeldstof bepaald. LNG is ingedeeld in GF0. Zolang er geen voorbeeldstof is voor GF0, moet LNG voorlopig als GF3 worden behandeld worden en met de voorbeeldstof propaan worden doorgerekend.

² Voor stofcategorie GT4/5 is zwavel dioxide de voorbeeldstof, behalve wanneer chloor wordt vervoerd.

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, water) en wordt uitgelegd in respectievelijk hoofdstuk 3, 4 en 5.

2.1.2 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 en ontplofbare stoffen beschouwd. Deze rekenmethode beschrijft niet hoe de effecten en/of risico's van stoffen zoals, ontplofbare stoffen, gassen onder druk en tot vloeistof gekoelde gassen moeten

worden bepaald. Vervoer van deze stoffen moet wel beschouwd worden als dit relevant is voor effecten en/of risico's.

2.2 Meteorologische parameters

Het meteorologisch weerstation dat representatief is voor meteorologische situatie ter hoogte van de transportroute moet worden gekozen. Daarbij moet uitgegaan worden van het weerstation uit Tabel 2.6 dat het dichtst bij de transportroute gelegen is; bij zeer lange transportroutes kan het nodig zijn met meerdere weerstations te rekenen. Standaard zijn de meteorologische condities van elk weerstation gemodelleerd met zes weersklassen (een combinatie van Pasquill-klasse en windsnelheid) en twaalf windrichtingen. Het betreft bewerkte gegevens uit [4].

Tabel 2.6 Overzicht meteorologische weerstations.

Naam					
Beek	Eelde	Hoek van Holland	Rotterdam	Twente	Volkel
Deelen	Eindhoven	IJmuiden	Schiphol	Valkenburg	Woensdrecht
Den Helder	Gilze-Rijen	Leeuwarden	Soesterberg	Vlissingen	Ypenburg

2.3 Modelling van de transportroutes

2.3.1 Lengte van de transportroute

Bij het uitvoeren van een risicoberekening is het van belang dat de ingevoerde transportroute minstens dezelfde lengte heeft als het interessegebied. De minimale lengte is de lengte van de te onderzoeken transportroute plus de 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 1% letaliteitsafstand is 1 km, moet minimaal 2400 meter transportroute gemodelleerd worden.

2.3.2 Breedte van de transportroute

Ook de breedte van de transportroute is van belang voor de modellering van de uitstroomlocaties over de breedte van de route. Voor de breedte wordt uitgegaan van de afstand tussen de randen van het tracé waarover het vervoer van gevaarlijke stoffen kan plaatsvinden. Daarnaast bestaan er bij wegen situaties waarbij tussen de twee vervoersrichtingen een gebied ligt dat niet gebruikt wordt voor het vervoer van gevaarlijke stoffen. Denk hierbij aan een middenberm. Wanneer deze ongebruikte ruimte tussen de vervoersrichtingen méér dan 25 meter bedraagt moeten de beide vervoersrichtingen als aparte trajecten gemodelleerd worden.

2.3.3 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.

3 Spoor

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 het spoor. Het hoofdstuk is ingedeeld in drie paragrafen, te weten:

- § 3.1 Vervoersgegevens
- § 3.2 Modelscenario's
- § 3.3 Kans op een groot ongeval

3.1 Vervoersgegevens

3.1.1 Inleiding

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). Eén gas- en/of vloeistofketelwagen is gelijk aan één kwe en 2 tankcontainers brandbare stof of 3 tankcontainers giftige stof zijn gelijk gesteld aan één ketelwagenequivalent.

3.1.2 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[5, 6].

3.1.3 Gerelateerde parameters

Voor verdeling van de transporten over dag/nacht en week/weekend geldt de volgende standaardverhouding [7]:

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

Voor de dag/nachtverdeling wordt voor het spoorproces uitgegaan van de periodes 7:00-19:00 uur en 19:00-7:00 uur. Dit wijkt iets af van de definities voor de meteorologische dag en nacht (8:00-18:30 en 18:30-8:00 uur). Voor de meteorologische dag / nacht verhouding geldt dan een verhouding 0,29 / 0,71.

N.B. In de verdeling van de transporten dient te worden meegenomen of een bepaalde stof alleen 's nachts of overdag vervoerd wordt.

3.2 Modelscenario's

Alle mogelijke uitstromingen worden gemodelleerd met drie standaard modelscenario's, een "groot" 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, breuk van een aangesloten leiding, 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 met brandbare vloeistof, of een ketelwagen met brandbaar of giftig gas 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 3.1.

Tabel 3.1 Modelscenario's spoor [8, 9].

Type wagen	Stofcat.	Model-scenario	Omschrijving uitstroming	Plas (m ²)
Vloeistof	LF, LT	groot	Vrijkomen van de gehele tankinhoud.	600
Vloeistof	LF, LT	klein	Vrijkomen van een deel van tankinhoud.	300
Gas	GF,GT	groot	Instantaan vrijkomen van de gehele tankinhoud.	-
Gas	GF, GT	klein	Continue uitstroming uit de vloeistoffase uit een gat met een effectieve diameter van 75 mm.	-
Vloeistof, Gas	LF, GF, GT	warme BLEVE	Instantaan vrijkomen van de gehele tankinhoud bij verhoogde temperatuur en druk.	-

3.3 Kans op een groot ongeval

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 [9], namelijk:

- 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. Uitgangspunt zijn situaties waarbij wissels gelegen zijn binnen 500 m én de breedte van de spoorbundel groter is dan 25 m. Deze situaties zijn nog eens apart beoordeeld of ze inderdaad complex zijn. Ook zijn er trajectdelen bij de totstandkoming van het Basisnet als complex aangemerkt[9].

De kans op een groot ongeval is gegeven in Tabel 3.2 voor wagens met brandbaar gas (GF), giftig gas (GT) en giftige vloeistof (LT), en in Tabel 3.3 voor wagens met brandbare vloeistof [9].

Tabel 3.2 Kans op een groot ongeval voor een wagen met brandbaar gas (GF), giftig gas (GT) en giftige vloeistof (LT).

Spoortype	Kans op een groot ongeval (per wagen.km)
A (spoor zonder wissels)	$6,2 \times 10^{-11}$
B (spoor met wissels)	$2,8 \times 10^{-10}$
C (complexe situatie)	$7,4 \times 10^{-10}$

Tabel 3.3 Kans op een groot ongeval voor een wagen met brandbare vloeistof (LF).

Spoortype	Kans op een groot ongeval (per wagen.km)
A (spoor zonder wissels)	$1,4 \times 10^{-10}$
B (spoor met wissels)	$6,1 \times 10^{-10}$
C (complexe situatie)	$1,6 \times 10^{-9}$

3.3.1 Waardering veiligheidsmaatregelen

In de standaard faalfrequenties is geen rekening gehouden met de aanwezigheid van aanvullende veiligheidsmaatregelen. Voor een aantal veiligheidsmaatregelen is na onderzoek een reductiefactor op de standaard faalfrequentie afgeleid. Dit betreft de volgende veiligheidsmaatregelen. Voor *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 [9].

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. Voor ETCS (level 1) wordt een risicoreductiefactor van 0,14 toegepast, dat wil zeggen een correctiefactor op de faalfrequentie voor de vrije baan van 0,86. Deze factor is afgeleid op basis van

een inschatting van enkele experts naar welke ongevallen voorkomen hadden kunnen worden door ETCS [10].

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. In een expert judgement studie is deze maatregel gewaardeerd met een risicoreductiefactor van 0,08 [11]. Wanneer de wagons voorzien zijn van deze voorziening, wordt een correctiefactor van 0,92 toegepast op de faalfrequentie voor de vrije baan. De correctiefactor mag daarnaast alleen worden toegepast bij wagens die uitgerust zijn met deze voorzieningen, te weten wagens met giftige/brandbare gassen en giftige vloeistoffen.

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 drie paragrafen, te weten:

§ 4.1 Vervoersgegevens

§ 4.2 Modelscenario's

§ 4.3 Kans op een groot ongeval

4.1 Vervoersgegevens

4.1.1 *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). 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 [5]. De directe ontstekingskans hangt af van de stofcategorie en staat in Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Directe ontstekingskansen voor brandbare vloeistoffen en gassen [12, 13].

Stofcategorie	Directe ontstekingskansen
Brandbare vloeistof LF 1	0,01
Brandbare vloeistof LF 2	0,065
Brandbare gassen (GF1 t/m GF3)	0,8

4.1.2 *Gerelateerde parameters*

Voor berekeningen aan het wegtransport geldt een standaard dag-nachtverdeling van 70% van de transporten overdag en 30% in de nachtperiode. Voor de meteorologische dag/nacht verdeling geldt dan 61%/39%.

4.2 Modelscenario's

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

- 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, breuk van een aangesloten leiding, of falen van een afsluiter.

De onderscheiden modelscenario's zijn weergegeven in Tabel 4.2 (weg).

Tabel 4.2 Modelscenario's weg [14].

Type wagen	Stofcat.	Model scenario	Omschrijving uitstroming	Straal plas (m)
Vloeistof	LF, LT	groot	Vrijkomen van de gehele tankinhoud.	23
Vloeistof	LF, LT	klein	Vrijkomen van een deel van de tankinhoud	10
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 50 mm	-

4.3 Kans op een groot ongeval

De kans op een groot ongeval voor alle stofcategorieën is gegeven in Tabel 4.3. Daarbij wordt er onderscheid gemaakt tussen autosnelwegen, wegen buiten de bebouwde kom en wegen binnen de bebouwde kom[14].

Tabel 4.3 Kans op een groot ongeval per wegtype.

Wegtype	Kans op een groot ongeval (/vtg/km)	
	Druk tankwagen	Atmosferische tankwagen
Autosnelweg	$4,3 \cdot 10^{-9}$	$8,4 \cdot 10^{-9}$
Weg buiten de bebouwde kom	$1,2 \cdot 10^{-8}$	$2,8 \cdot 10^{-8}$
Weg binnen de bebouwde kom	$3,8 \cdot 10^{-9}$	$1,2 \cdot 10^{-8}$

5 Vaarwegen met minder dan 10% zeevaart (binnenvaartroutes)

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% zeevaart. Het betreft alleen vervoer gevaarlijke stoffen met binnenvaartschepen. Het hoofdstuk is ingedeeld in drie paragrafen, te weten:

§ 5.1 Vervoersgegevens

§ 5.2 Modelscenario's

§ 5.3 Kans op een groot ongeval

5.1 Vervoersgegevens

5.1.1 Inleiding

Bij een risicoanalyse die betrekking heeft op het vervoer van gevaarlijke stoffen over water wordt alleen vervoer in tankschepen betrokken.

In aanvulling op Tabel 2.5 is in Tabel 5.1 de categorie- en stofindeling van het vervoer van gevaarlijke stoffen over de binnenwateren weergegeven met de bijbehorende scheepstype, waarbij de representatieve systeemgroottes zijn weergegeven in Tabel 5.2.

Tabel 5.1 Stofcategorie indeling binnenwater [1, 3].

Categorie		Scheepstype
GF2	Brandbaar gas	Gastanker
GF3	Brandbaar gas	Gastanker
GT3	Giftig gas	Gastanker/semi-gekoeld ¹
LF1	Brandbare vloeistof	dubbelwandig
LF2	Brandbare vloeistof	dubbelwandig
LT1	Giftige vloeistof	Dubbelwandig
LT2	Giftige vloeistof	Dubbelwandig

1. De stofcategorie GT3 wordt zowel semi-gekoeld (5 °C) als onder druk (omgevingstemperatuur) vervoerd.

Tabel 5.2 Karakteristieke tankinhouden [15].

Scheepstype	Inhoud	Eenheid
Dubbelwandig of gekoeld	150	m ³
Gastanker	180	m ³

5.1.2 *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). Bij het omwerken van de in stofcategorieën geregistreerde transporten naar de jaartensiteiten worden deze combinatie categorieën (bijv. LF1/LT2) voor 100% meegeteld in de categorie brandbaar¹ en voor (1-directe ontstekingskans) × 100% meegeteld in de categorie giftig [5]. De directe ontstekingskans hangt af van de stofcategorie en staat in Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Directe ontstekingskansen per brandbare stofcategorie [16].

Stofcategorie	Scenario	Kans directe ontsteking
Brandbare vloeistof LF 1	Alle	0,01
Brandbare vloeistof LF 2	Alle	0,13
Brandbare gassen (GF1 t/m GF3)	groot	0,7
Brandbare gassen (GF1 t/m GF3)	klein	0,5

5.1.3 *Gerelateerde parameters*

Voor berekeningen aan het vaarwegtransport geldt standaard een uniforme verdeling van het transport over het etmaal en alle dagen van de week, wat leidt tot een meteorologische dag/nacht verhouding van 0,44/0,56.

5.2 **Modelscenario's**

Alle mogelijke uitstromingen worden gemodelleerd met twee standaard modelscenario's, een "groot" en "klein" modelscenario. De relevante modelscenario's bij het uitvoeren van de effect- en risicoberekeningen zijn daarom:

- Groot modelscenario: Grote continue uitstroming van de inhoud van een tank [16].
- Klein modelscenario: Kleine continue uitstroming van de inhoud van de tank.

De modelscenario's voor de vaarweg zijn weergegeven in Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Modelscenario's vaarweg [17].

Type schip	Stofcat.	Modelscenario	Omschrijving uitstroming
vloeistof dubbelwandig	LF, LT	groot	Vrijkomen van 75 m ³ in 1800 seconden.
Vloeistof dubbelwandig	LF, LT	klein	Vrijkomen van 20 m ³ in 1800 seconden.
Gas	GT, GF	groot	Continue twee fasen uitstroming uit een gat van 150 mm (maximaal 1800 sec.).
Gas	GT, GF	klein	Continue twee fasen uitstroming uit een gat van 75 mm (maximaal 1800 sec.).

5.3 Kans op groot ongeval

5.3.1 Locatiespecifieke sloopschadefrequentie

Voor een risicoberekening van een vaarweg moet gebruik worden gemaakt van de locatiespecifieke sloopschadefrequentie. In Tabel 5.5 zijn de te hanteren locatiespecifieke sloopschadefrequenties gegeven. Wanneer een verkeersvak cursief is opgenomen in deze tabel, betekent dit dat er één of meer uitzonderingskilometers op dit verkeersvak zijn. Dit zijn kilometers met een significant hogere of lagere locatiespecifieke sloopschadefrequentie. De locatiespecifieke sloopschadefrequenties voor de uitzonderingskilometers zijn opgenomen in Tabel 5.6 [18]. Wanneer de vaarweg niet is opgenomen, moet advies worden gevraagd aan de Helpdesk Omgevingsveiligheid (omgevingsveiligheid@rivm.nl). Bij nautisch bijzondere situaties (o.a. sluisen, stuwen en havens) kan een meer gedetailleerde indeling van de vaarweg nodig zijn.

Tabel 5.5 Sloopschadefrequentie per verkeersvak [18].

Nr.	Verkeersvak	zware schade [1/vtgkm]	Nr.	Verkeersvak	zware schade [1/vtgkm]
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	<i>Eemskanaal</i>	$1,7 \cdot 10^{-7}$	58	Oosterschelde	$1,3 \cdot 10^{-7}$
11	<i>Gelderse IJssel_1</i>	$1,6 \cdot 10^{-7}$	59	Oude Maas_1	$7,0 \cdot 10^{-7}$
12	Gelderse IJssel_2	$6,7 \cdot 10^{-8}$	64	<i>Rijn_1</i>	$9,8 \cdot 10^{-7}$
13	Gelderse IJssel_3	$9,8 \cdot 10^{-8}$	65	<i>Rijn_2</i>	$1,3 \cdot 10^{-7}$
14	<i>Gelderse IJssel_4</i>	$4,7 \cdot 10^{-7}$	66	<i>Rijn_3</i>	$3,0 \cdot 10^{-7}$
15	Gouwe	$4,6 \cdot 10^{-7}$	67	<i>Rijn_4</i>	$1,4 \cdot 10^{-7}$
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	<i>Twentekanaal_1</i>	$4,9 \cdot 10^{-7}$
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	<i>IJsselmeer_1</i>	$2,6 \cdot 10^{-7}$	73	<i>Van Starckenborghkanaal</i>	$2,7 \cdot 10^{-7}$
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	<i>Waal_1</i>	$7,3 \cdot 10^{-8}$

Nr.	Verkeersvak	zware schade [1/vtgkm]	Nr.	Verkeersvak	zware schade [1/vtgkm]
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	$6,6 \cdot 10^{-8}$
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 5.6 Scheepsschade frequentie per uitzonderingskilometer [18].

Nr.	Verkeersvak	Subkm	zware schade [1/vtgkm]
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	$1,2 \cdot 10^{-6}$

Nr.	Verkeersvak	Subkm	zware schade [1/vtgkm]
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	$6,8 \cdot 10^{-6}$
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	$3,7 \cdot 10^{-6}$

5.3.2 Default sloopsschadefrequentie

Wanneer de locatiespecifieke sloopsschadefrequentie onbekend is, moet deze bij voorkeur worden afgeleid op basis van de incident- en intensiteitregistratie van rijkswaterstaat (alle sloopvaart behalve recreatievaart). Is dat niet mogelijk dan is het toegestaan om de generieke ongevals-kans van de bevaarbaarheidsklasse (CEMT-klasse) te hanteren. De bevaarbaarheidsklasse is gebaseerd op het voor de vaarweg maatgevende schip (type, lengte, breedte, geladen diepgang en doorvaarthoogte). Transport van gevaarlijke stoffen vindt alleen op vaarwegen met een bevaarbaarheidsklasse IV, V en VI plaats in zulke hoeveelheden dat er mogelijk externe risico's kunnen optreden [19]. De generieke sloopsschadefrequentie voor sloopsschades met zware schade (minimaal een gat in de romp) per bevaarbaarheidsklasse zijn gegeven in Tabel 5.7 [20].

Tabel 5.7 Default sloopschadefrequentie per vaarwegtype [20].

Vaarwegtype (CEMT)²	Default sloopschadefrequentie (/vtgkm)
Bevaarbaarheidsklasse 4	$8,67 \cdot 10^{-8}$
Bevaarbaarheidsklasse 5	$1,32 \cdot 10^{-7}$
Bevaarbaarheidsklasse 6	$4,14 \cdot 10^{-7}$

² Binnenvaart in Europa is opgedeeld in CEMT-klassen. Hiermee worden de afmetingen van vaarwegen in West-Europa op elkaar af gestemd. Per klasse zijn de maximale afmetingen van het schip vastgelegd. De indeling loopt van 0 t/m VII. Zie Default sloopschadefrequentie RBM II voor meer informatie.

6 Vaarwegen met meer dan 10% zeevaart (zeevaartroutes)

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 vaarwegen met meer dan 10% zeevaart (zeevaartroutes). Het is belangrijk om een volledig beeld van de risico's van vervoer van gevaarlijke stoffen op vaarwegen te verkrijgen. Daarom moet het transport via zeeschepen en het transport via binnenvaartschepen worden beschouwd op zeevaartroutes. Er wordt onderscheid gemaakt tussen uitstromingen ten gevolge van aanvaringen tussen 1) zeevaart-zeevaart (ZV-ZV), 2) zeevaart-binnenvaart (ZV-BV) en 3) binnenvaart-binnenvaart [21].

Voor deze aanvaringen wordt de kans op een zwaar ongeval bepaald, hierna de basis-uitstroomfrequenties genoemd. De basis-uitstroomfrequenties worden met het *Energiemodel* berekend, wat onderdeel is van het Protocol. De basis-uitstroomfrequentie is de ongevalsfrequentie voor één referentiescheepvaartbeweging met gevaarlijke stoffen per jaar, scheepstype, scheepsgrootte en tanktype/opslagconditie. De uitstroomfrequenties voor een vaarweg worden bepaald door de basis-uitstroomfrequenties met actuele transportaantallen te vermenigvuldigen. Het Energiemodel en de berekende basis-uitstroomfrequenties zijn beschikbaar op de website van het RIVM.

Dit hoofdstuk is ingedeeld in drie paragrafen, te weten:

- § 6.1 Vervoersgegevens
- § 6.2 Modelscenario's
- § 6.3 Kans op een groot ongeval

6.1 Vervoersgegevens

6.1.1 Inleiding

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 scheepstype. In Tabel 6.1 is de scheepstype indeling voor zeevaart gegeven.

Tabel 6.1 Scheepstype indeling zeevaart [21].

Stof-cat.	Scheepstype	Stof-cat.	Scheepstype
LF1	IBC1	GF3	Gas Type 1, druk, cilindrisch
	IBC2		Gas Type 1, atmosferisch, cilindrisch
	IBC3		Gas Type 1, atmosferisch, prismatisch
	Olietanker		Gas Type 2, cilindrisch
LF2	IBC1	GT0	Gas Type 2, atmosferisch, cilindrisch
	IBC2		Gas Type 2, atmosferisch, prismatisch
	IBC3		Gas Type 1, druk, cilindrisch
	Olietanker		Gas Type 1, atmosferisch, cilindrisch
LT1	IBC1		Gas Type 1, atmosferisch, prismatisch
	IBC2		Gas Type 2, cilindrisch

	IBC3		Gas Type 2, atmosferisch, cilindrisch	
LT2	IBC1	GT2	Gas Type 2, atmosferisch, prismatisch	
	IBC2		Gas Type 1, druk, cilindrisch	
	IBC3		Gas Type 1, atmosferisch, cilindrisch	
LT3	IBC1		Gas Type 1, atmosferisch, prismatisch	
	IBC2		Gas Type 2, cilindrisch	
	IBC3		Gas Type 2, atmosferisch, cilindrisch	
LT4	IBC1	GT3	Gas Type 2, atmosferisch, prismatisch	
	IBC2		Gas Type 1, druk, cilindrisch	
	IBC3		Gas Type 1, atmosferisch, cilindrisch	
GF0	Gas Type 1, druk, cilindrisch		GT4	Gas Type 1, atmosferisch, prismatisch
	Gas Type 1, atmosferisch, cilindrisch			Gas Type 2, cilindrisch
	Gas Type 1, atmosferisch, prismatisch			Gas Type 2, atmosferisch, cilindrisch
	Gas Type 2, cilindrisch	Gas Type 2, atmosferisch, prismatisch		
	Gas Type 2, atmosferisch, cilindrisch	GT5	Gas Type 1, druk, cilindrisch	
	Gas Type 2, atmosferisch, prismatisch		Gas Type 1, atmosferisch, cilindrisch	
	LNG, sferisch		Gas Type 1, atmosferisch, prismatisch	
	LNG, prismatisch		Gas Type 2, cilindrisch	
GF1	Gas Type 1, druk, cilindrisch	GT5	Gas Type 2, atmosferisch, cilindrisch	
	Gas Type 1, atmosferisch, cilindrisch		Gas Type 2, atmosferisch, prismatisch	
	Gas Type 1, atmosferisch, prismatisch		Gas Type 1, druk, cilindrisch	
	Gas Type 2, cilindrisch		Gas Type 1, atmosferisch, cilindrisch	
	Gas Type 2, atmosferisch, cilindrisch		Gas Type 1, atmosferisch, prismatisch	
	Gas Type 2, atmosferisch, prismatisch		Gas Type 2, cilindrisch	
GF2	Gas Type 1, druk, cilindrisch	GT5	Gas Type 2, atmosferisch, cilindrisch	
	Gas Type 1, atmosferisch, cilindrisch		Gas Type 2, atmosferisch, prismatisch	
	Gas Type 1, atmosferisch, prismatisch			
	Gas Type 2, cilindrisch			
	Gas Type 2, atmosferisch, cilindrisch			
	Gas Type 2, atmosferisch, prismatisch			

De zwaarte van een ongeval is, onder andere, afhankelijk van hoe zwaar het schip is (de massaklassen). Het totale zeescheepvaartverkeer wordt verdeeld over 13 massaklassen (Tabel 6.2). De basis-uitstroomfrequenties worden verdeeld in massaklasse 4 t/m 13. Actuele transportaantallen moeten daarom verzameld worden voor de scheepstypen uit Tabel 6.1, uitgesplitst in massaklasse 4 t/m 13.

Tabel 6.2 Indeling zeevaart – massaklassen [21].

Massaklasse	Massa bereik [ton]	Representatieve massa [ton]
4	1.000 – 1.500	1.250
5	1.500 – 3.000	2.250
6	3.000 – 6.000	4.500
7	6.000 – 10.000	8.000
8	10.000 – 20.000	15.000
9	20.000 – 40.000	30.000
10	40.000 – 60.000	50.000
11	60.000 – 80.000	70.000
12	80.000 – 100.000	90.000
13	> 100.000	125.000

6.2 Modelscenario's

Alle mogelijke uitstromingen worden gemodelleerd met vier standaard modelscenario's, een 'groot modelscenario boven de waterlijn', een groot modelscenario onder de waterlijn', een klein modelscenario boven de waterlijn' en een 'klein modelscenario onder de waterlijn'. De relevante modelscenario's bij het uitvoeren van effect- en risicoberekeningen zijn daarom [21]:

- Groot modelscenario boven de waterlijn: Grote continue uitstroming van de inhoud van een ladingtank uit een gat met een diameter van 1.100 mm;
- Groot modelscenario onder de waterlijn:
- Klein modelscenario boven de waterlijn: Kleine continue uitstroming van de inhoud van een ladingtank uit een gat met een diameter van 250mm, overeenkomend met de diameter van een typische laad-losaansluiting.
- Klein modelscenario onder de waterlijn:

De modelscenario's voor de vaarweg zijn weergegeven in Tabel 6.3 (zeevaart-zeevaart aanvaringen), Tabel 6.4 (zeevaart-binnenvaart aanvaringen) en Tabel 5.4 (binnenvaart ongevallen). De koppeling tussen massaklassen en scheepsgrootteklasse voor zeevaart is weergegeven in Tabel 6.5.

Tabel 6.3 Uitstroomscenario's zeevaart-zeevaart aanvaringen [22].

Type schip	Stof-categorie	Opslag-condities	Scheeps-grootte	Tank-grootte (ton)	Locatie lek	Model-scenario
IBC1/ IBC2/ IBC3	LF, LT	Atmosferisch	Klein/ Middel/ Groot	500/ 1.500/ 3.000	Waterlijn/ Bodem	Groot/ Klein
Olietanker	LF	Atmosferisch	Klein/ Middel/ Groot	3.000/ 10.000/ 21.000	Waterlijn/ Bodem	Groot/ Klein
Type 1, type 2 (cilindrisch en prismatisch)	GF, GT	Gekoeld/ Onder druk	Klein/ Middel/ Groot	5.000/ 5.000/ 7.500	Waterlijn/ Bodem	Groot/ Klein
LNG-tanker (sferisch en prismatisch)	GF0 (LNG)	Gekoeld	Klein/ Middel/ Groot/ Extra groot	5.000/ 7.000/ 10.000/ 21.000	Waterlijn/ Bodem	Groot/ Klein

Tabel 6.4 Uitstroomscenario's zeevaart-binnenvaart aanvaringen [22].

Type schip	Stofcat.	Modelscenario	Omschrijving uitstroming
vloeistof dubbelwandig	LF, LT	groot	Vrijkomen van 150 m ³ in 300 seconden.
Vloeistof dubbelwandig	LF, LT	klein	Vrijkomen van 75 m ³ in 1800 seconden.
Gas	GT, GF	groot	Continue twee fasen uitstroming uit een gat van 800 mm (maximaal 1800 sec.).
Gas	GT, GF	klein	Continue twee fasen uitstroming uit een gat van 150 mm (maximaal 1800 sec.).

Tabel 6.5 Uitstroomscenario's zeevaart-binnenvaart aanvaringen [22].

Scheepstype	Scheepsgrootteklasse	Massaklasse
Chemicaliëntankers	Klein	4-7
	Middel	8
	Groot	9-13
Olietankers	Klein	4-9
	Middel	10-12
	Groot	13
Gastankers	Klein	4-7
	Middel	8-9
	Groot	10-13
LNG-tankers	Klein	4-8
	Middel	9-10
	Groot	11-12
	Extra groot	13

6.3 Kans op een groot ongeval

Voor het bepalen van de ongevalsfrequentie worden basis-uitstroomfrequenties met actuele transportaantallen vermenigvuldigd.

De basis-uitstroomfrequenties zijn berekend en samengevat in een bestand dat de basis-uitstroomfrequenties bevat voor de vier scenario's per scheepstype-massaklasse combinatie, voor segmenten van de eerdergenoemde vaarwegen (Figuur 6.1). Door de omvang van dit bestand is ervoor gekozen het niet te includeren in dit document, in plaats daarvan is het beschikbaar op de website van het RIVM.

Figuur 6.1 Schermafbeelding document basis-uitstroomfrequenties.

	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	4	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	5	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	6	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	7	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	8	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	9	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			

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. AVIV, *Achtergronddocument RBM II, Versie 2.0*. November 2011: Enschede.
4. KNMI (Royal Dutch Meteorological Institute), *Climatological data of Netherlands stations. No. 8 Frequency tables of atmospheric stability*. 1972: De Bilt.
5. Kruiskamp, M.M., *Telmethodiek voor het vervoer van gevaarlijke stoffen op de weg*. 2005, Rijkswaterstaat Adviesdienst Verkeer en Vervoer: Rotterdam.
6. 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.
7. SAVE, *Rekenprotocol Vervoer Gevaarlijke Stoffen per Spoor*. 2006.
8. SAVE, *Basisfaalfrequenties voor het transport van gevaarlijke stoffen per spoor (emplacements)*. Ingenieurs/adviesbureau SAVE, kenmerk 951599-775, Apeldoorn, september 1995.
9. 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.
10. Arcadis, *Invloed ERTMS op risico's spoorvervoer van gevaarlijke stoffen, kenmerk RIVM nr 3910079285*. 31 oktober 2016.
11. Antea, *Paired comparison of 7 rail safety measures, Project number 0400349.00, final revision 2.0* 21 oktober 2015.
12. AVIV, *Handleiding IPO-Risicoberekeningsmethodiek*. 1995: Enschede.
13. TNO, *LPG-Integraal, rapport 1112 Effectmodellen LPG*. 1983.
14. AVIV, *Fundamenteel onderzoek naar kanscijfers voor risicoberekeningen bij wegtransport gevaarlijke stoffen: hoofdrapport*. 1994: Enschede.
15. S.M. Geervliet, *Handleiding risicobepalingsmethodiek en doorrekenen maatregelen*. 1995, AEA Technology Netherlands BV: Den Haag.
16. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer Vrom, *LPG integraal. Schadebepaling transport van LPG over de binnenwateren. Rapport 1225*. 1983: VROM.
17. SAVE, *Risico's van het bulkvervoer van brandbare en giftige stoffen over het water*. november 1988: Apeldoorn.
18. J. Heitink and L. Mentink, *Risicoatlas Hoofdvaarwegen Nederland*. 2003, AVIV: Enschede.
19. Rijkswaterstaat, *Scheepvaartinformatie hoofdvaarwegen*. 2008.
20. H.G. Bos, *Default scheepsschadefrequenties RBM II*. 19 juli 2006, AVIV: Enschede.
21. DNV, *Protocol Zee- en Binnenvaart op vaarwegen met meer dan 10% zeevaart*. 2011.
22. DNV, *Procedure actualisatie transportaantallen risico's zeevaartroutes*. 2020.

