



Adviesgroep AVIV BV
Piet Heinstraat 12
7511 JE Enschede

Risicoanalyse / Gemengd ligplaats nemen kegelschepen, veiligheidsafstanden

Project	204386
Datum	30 maart 2022

Risicoanalyse / Gemengd ligplaats nemen kegelschepen

Project 204386

Datum 30 maart 2022

Auteur(s)

Persoonsgegevens

Review

Versie nr.

07

Opdrachtgever

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat
Directie Maritieme Zaken
Afdeling Binnenvaart en Vaarwegen
Postbus 20901
2500 EX Den Haag

Inhoudsopgave

1 Inleiding	5
2 Risico's van afgemeerde schepen met gevaarlijke stoffen	7
2.1 Verkeersongevallen	7
2.1.1 Frequentie zware scheepsschade gemeerd schip door aanvaring	8
2.1.2 Stoffen met een extern veiligheidsaspect	9
2.2 Intrinsiek falen omhulling	10
2.2.1 Vloeistoftankers	12
2.2.2 Gastankers	12
2.2.3 Droge ladingschepen of containerschepen	13
2.3 Resumé scenario's en afstanden	16
2.4 Overige scenario's	19
2.4.1 Handelingsfouten	20
2.4.2 Brand aan boord	20
2.4.3 Overige aspecten	20
2.5 Gemengd afmeren, voorwaarden en preferenties	21
2.5.1 Voorwaarden waaronder het toegestaan is om gemengd af te meren	21
2.5.2 Preferenties bij het aanwijzen van ligplaatsen voor gemengd afmeren	22
2.6 Afstanden tussen schepen onderling	23
2.7 Veiligheidsafstanden tussen schepen onderling	25
2.7.1 Scheidingsafstanden (separation distances)	25
2.7.2 Fakkelfbrand	25
2.7.3 Lekkage toxisch gas	26
2.8 Afstanden tussen gemeerde schepen en kwetsbare bestemmingen	27
3 Buitenwalevest	29
3.1 Huidige situatie	29
3.1.1 BPR 7.07 Ligplaats nemen nabij seinvloerende schepen	30
3.1.2 ADN 7.1.5.4.3 en 7.2.5.4.3	31
3.1.3 Resumerend	31
3.2 Risico's van de vaarweg	32
3.3 Risico ligplaats door aanvaring	32
3.4 Risico's ligplaats door intrinsiek falen	34
3.4.1 Afmeren gastankers met brandbaar gas (1 kegel)	34
3.4.2 Afmeren gastankers met toxisch gas (2 kegels)	34
3.4.3 Afmeren containerschip met brandbaar gas (1 kegel)	35
3.4.4 Afmeren containerschip met toxisch gas (2 kegels)	36
3.5 Resumé voor de externe veiligheid ligplaats Buitenwalevest	38
4 Voorhavens Volkeraksluizen	39
4.1 Huidige situatie	39
4.1.1 ADN 7.1.5.4.3 en 7.2.5.4.3	40

4.1.2	Realisatie bezettingsgraad	41
4.1.3	Resumerend	41
4.2	Risico's van de vaarweg	42
4.3	Risico ligplaats door aanvaring	43
4.4	Risico's ligplaats door intrinsiek falen	43
4.4.1	Afmeren gastankers met brandbaar gas (1 kegel)	44
4.4.2	Afmeren gastankers met toxisch gas (2 kegels)	44
4.4.3	Afmeren containerschip met brandbaar gas (1 kegel)	45
4.4.4	Afmeren containerschip met toxisch gas (2 kegels)	45
4.5	Resumé voor de externe veiligheid ligplaatsen voorhavens Volkeraksluizen	46
5	Overnachtingshaven IJzendoorn	47
5.1	Huidige situatie	47
5.1.1	ADN 7.1.5.4.3 en 7.2.5.4.3	49
5.1.2	Realisatie bezettingsgraad	50
5.1.3	Resumerend	51
5.2	Risico's van afgemeerde schepen met gevaarlijke stoffen	51
5.3	Resumé voor de externe veiligheid ligplaatsen overnachtingshaven IJzendoorn	53
6	Generieke locatie	54
6.1	Gastanker, 1 kegel	54
6.2	Gastanker, 2 kegels	55
6.3	Containerschip, 1 kegel	55
6.4	Containerschip, 2 kegels	56
6.5	Resumé generieke locatie	57
7	Conclusies	59
	Referenties	62

1 Inleiding

Het aantal ligplaatsen voor seinvloerende binnenschepen met gevaarlijke stoffen, de zogenoemde kegelschepen, is beperkt. De verandering van de seinvloering voor tankschepen geladen met methanol van 1 naar 2 kegels (ADN 2017) en de uitbreiding van de ontgassingsverboden hebben gezorgd voor nog meer druk op de ligplaatsen.

De huidige regelgeving voor het Rijngebied en de Nederlandse binnenwateren (BPR/RPR en de havenverordeningen) schrijft aan te houden afstanden voor tussen kegelschepen onderling en met andere schepen tijdens de vaart, tijdens het wachten voor sluizen en bruggen en bij het ligplaats nemen. Bovendien gelden bij het ligplaats nemen aan te houden afstanden tot woongebieden, kunstwerken en tankopslagplaatsen.

Om de druk op de beschikbare ligplaatsen te verminderen, wil de vaarwegbeheerder onderzoeken of het mogelijk is om met behoud van het huidige veiligheidsniveau.

- Scheidingsregels bij wachten voor en passeren van sluizen/bruggen los te laten en gemengd afmeren en schutten toe te staan, uitgezonderd recreatievaart en passagiersschepen die daadwerkelijk passagiers vervoeren.
- Bij ligplaats nemen in overnachtingshavens/ligplaatszones schepen met gevaarlijke stoffen¹ of met Certificaat van Onderzoek (CvO) niet meer van elkaar scheiden, maar nog wel van de overige vaart.

Wanneer dit eindbeeld veiligheidstechnisch stevig kan worden onderbouwd, zal dit eindbeeld op korte termijn worden vertaald in een beleidsregel waarin de voorwaarden worden opgenomen waaronder kan worden afgeweken van de bestaande regels. Tegelijkertijd wordt gewerkt aan de aanpassing van de (inter)nationale regelgeving.

Ten behoeve van een pilot gemengd afmeren in de Rotterdamse havens is onderzoek uitgevoerd door DNVGL [9]. Gemengd afmeren blijkt daar onder bepaalde voorwaarden mogelijk. Aanvullend is een evaluatie nodig van de voorgeschreven veiligheidsafstanden tussen gemengde ligplaatslocaties en woongebieden, kunstwerken en tankopslagplaatsen met, indien nodig, een herberekening ervan met behoud van het veiligheidsniveau.

Dit rapport is een aanvullend onderzoek naar de mogelijkheden om de afstanden tussen ligplaatsen en woongebieden, kunstwerken en tankopslagplaatsen zodanig aan te passen dat de afstanden zoveel mogelijk in lijn zijn met de geldende aanpak voor externe veiligheidsrisico's. Daarbij is ook een vooruitblik naar de Omgevingswet gemaakt.

¹ N.B. Aandachtspunt is dat de verzameling "schepen met gevaarlijke stoffen" groter is dan de verzameling "kegelschepen". Schepen met gevaarlijke stoffen zonder kegel, schepen zonder gevaarlijke stoffen maar met CvO en schepen met 1 of 2 kegels worden in het onderzoek als één groep beschouwd.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 is een algemeen hoofdstuk. Het gaat in op de mogelijke scenario's van vrijkomen van een gevaarlijke stof uit zijn verpakking of omhulling aan boord van een gemeerd liggend schip. Voor deze situatie zijn geen standaard scenario's gedefinieerd in de rekenvoorschriften voor risicoberekening [1, 4]. Hoofdstuk 2 beschrijft een maatwerk aanpak waarmee toch een indicatie van het risico voor de externe veiligheid kan worden gegeven.

De hoofdstukken 3, 4 en 5 passen deze aanpak toe op drie concrete vaarwegsituaties: de ligplaats aan de oostelijke oever van de Oude Maas aan de Buitenwalevest in Dordrecht, de ligplaatsen in de voorhavens van de Volkeraksluizen en de ligplaatsen in de overnachtingshaven IJzendoorn.

Hoofdstuk 6 veralgemeniseert de bevindingen uit de voorgaande hoofdstukken tot een generieke locatie. Voor meer naast elkaar liggende schepen op een ligplaats wordt een eenvoudig rekeninstrument gegeven.

Hoofdstuk 7 tenslotte vat de belangrijkste conclusies samen.

2 Risico's van afgemeerde schepen met gevaarlijke stoffen

De risico's van afgemeerde schepen met gevaarlijke stoffen voor naastliggende schepen en/of omwonenden komen voort uit scenario's van vrijkomen van de gevaarlijke stof uit zijn omhulling. In de praktijk zijn dat ladingtanks of (tank)containers². De oorzaken van vrijkomen van de gevaarlijke stof zijn:

- Verkeersongevallen, zoals aanvaringen of schadevaringen;
- Intrinsiek falen omhulling, zoals bezwijken na wanddikteverlies door corrosie;
- Handelingsfouten zoals ontijdig openen van een klep;
- Brand aan boord, zoals bij ontsteking van een brandstoflekkage.

Blootgesteld aan de risico's zijn enerzijds omwonenden op de wal, anderzijds bemanningen van naastliggend afgemeerde schepen.

2.1 Verkeersongevallen

Verkeersongevallen zijn aanvaringen waarbij de aanvaringsenergie (een combinatie van de massa van het invarende schip, de snelheid en de aanvaringshoek) zo groot is dat een ladingtank of productleiding lek raakt. In kwantitatieve risicoanalyses (QRA) van het transport van gevaarlijke stoffen over de vaarwegen worden de aanvaringen met direct langs de vaarweg gemeerde schepen verwerkt in de berekening van de frequentie van een zware scheepsschade op het betreffende vaarwegvak [1]. Omdat de afgemeerde schepen ook deel uitmaken van de transportstroom die over de vaarweg gaat, zijn de risico's van gemeerd liggende tankschepen met gevaarlijke stoffen deel van de risico's van de vaarweg zelf. In kwantitatieve risicoanalyses van transport van gevaarlijke stoffen over de binnenwateren worden alleen tankschepen betrokken. (Tank)containers hebben een relatief klein volume en de kans op verplaatsen c.q. over boord slaan van een container in geval van een aanvaring is groter dan de kans op daadwerkelijk lek raken [1].

Het plaatsgebonden risico van binnenvaartroutes is kleiner dan 10^{-6} per jaar op een enkel deel van het Amsterdam-Rijn kanaal en het Lekkanaal na [5].

Wanneer de afmeerlocatie gescheiden ligt van de hoofdvaarweg, zoals in een uitwijkhaven, zijn de vaarsnelheden klein. In kwantitatieve risicoanalyses wordt dan het scenario Loss of Containment (LOC) ten gevolge van een aanvaring niet beschouwd [4].

² Het brandstofsysteem blijft bij externe veiligheid buiten beschouwing.

2.1.1 Frequentie zware scheepsschade gemeerd schip door aanvaring

Zoals in de inleiding op deze paragraaf geschetst is de berekening van het risico van het vervoer van gevaarlijke stoffen over een vaarweg gebaseerd op de frequentie van optreden van een zware scheepsschade op die vaarweg. Aan die zware scheepsschade wordt vervolgens een kans toegekend op uitstroming van een hoeveelheid lading in een bepaalde tijd. Daarmee wordt de verspreiding van de stof in water en lucht berekend en van daar uit de omvang van het gevaar en het risico van overlijden op een bepaalde afstand. De methodiek is beschreven in een handleiding [1].

Van de zware scheepsschades op een vaarweg bestaat een deel uit schades aan gemeerde schepen. Het risico van een ligplaats langs een doorgaande vaarweg is dus een deel van het totale risico van de vaarweg zelf. De bijdrage van gemeerde schepen aan de frequentie en dus aan het risico kan op de volgende manier worden bepaald.

Bij een bezettingsgraad van 100% van de tijd en afmeerlengte kan de frequentie op een aanvaring van een gemeerd liggend tankschip met gevaarlijke stoffen op een ligplaats direct langs de hoofdvaarweg worden berekend als:

$$P = F_{\text{zwaar}} * f_{\text{gemeerd}} * 0.5 * f_{\text{schade}_{\text{gemeerd}}} * L * f_{Lz} * I \quad (1)$$

waarin:

P	Frequentie zware scheepsschade door aanvaring [/jr]
F _{zwaar}	Frequentie van zware scheepsschade op dit vaarwegdeel. Deze is te ontlelen aan de Handleiding [1]
f _{gemeerd}	Aandeel van ongevallen met gemeerde schepen in het totaal van de ongevallen. Het aandeel van ongevallen met gemeerde schepen is plaatsafhankelijk, ongeveer variërend tussen 10 en 50% [3].
0.5	Correctie voor ongevallen aan één van beide oevers
F _{schade_gemeerd}	Kans op schade aan het gemeerd liggende schip = 0.75
L	Afmeerlengte van de ligplaats in km
f _{Lz}	Fractie van de afmeerlengte die ladingzone is = 0.7
I	Verkeersintensiteit beroepsvaart: aantal passerende vtg/jr

Dit resulteert in een frequentie per jaar op een zware scheepsschade door aanvaring wanneer de ligplaats 100% van de tijd over de gehele afmeerlengte bezet zou zijn. Het aandeel van lekkages van afgemeerde schepen in het totaal van de lekkages is

$$\text{Aandeel lekkages gemeerd} = f_{\text{gemeerd}} * 0.5 * f_{\text{schade}_{\text{gemeerd}}}$$

Een landelijk gemiddelde waarde voor het aandeel van aanvaringen met gemeerde schepen in het totaal van de ernstige scheepsschades is te ontlelen aan het onderzoek Veiligheid Vervoer over Water [8]. Over de periode 1978-1988 bedroeg dit aandeel ca. 15%. Hoewel dit een oud getal is, ligt dit ook in de bovengenoemde range.

2.1.2 Stoffen met een extern veiligheidsaspect

Wanneer geen beperkingen gelden voor het ligplaats nemen dan zal de samenstelling van de schepen op de ligplaats globaal dezelfde zijn als van het doorgaande verkeer³. De samenstelling van de tankvaart is te ontleenen aan de Regeling Basisnet [5]. Deze geeft de referentiehoeveelheden voor de gebruikruimte van het basisnet over water. Tabel 1 toont bijvoorbeeld de samenstelling op de corridors Rotterdam-Duitsland en Westerschelde-Rijn.

Corridor		Rotterdam-Duitsland		Westerschelde-Rijn	
Stofcategorie	Omschrijving	Aantal	Aandeel	Aantal	Aandeel
LF2	Brandbare vloeistoffen	13958	0.53	5612	0.34
LF1	Brandbare vloeistoffen	9882	0.38	7191	0.43
LT1	Toxische vloeistoffen	146	0.01	90	0.005
GF3	Brandbare gassen	2135	0.08	3735	0.22
GT3	Toxische gassen	196	0.01	41	0.002

Tabel 1. Vervoerssamenstelling tankvaart corridor Rotterdam-Duitsland en Westerschelde-Rijn [5]

Voor dit project is een nadere analyse gemaakt van de daadwerkelijk gerealiseerde vervoersstroom door de Volkeraksluizen in 2014. De Volkeraksluizen zijn onderdeel van de corridor Westerschelde-Rijn. Hieruit blijkt dat ca. een derde van de reizen bestaat uit tankvaart, waarvan ca. 60% één van de stofcategorieën van tabel 1 betreft. Voor de overige vaart (vracht en containers) betreft slechts 1.5% één van de stofcategorieën van tabel 1⁴.

De frequentie van een zeer zware scheepsschade aan een gemeerd liggend schip per stofcategorie per jaar voor een continu bezette ligplaats is dan:

$$Freq_{stofcat\ i} = P * f_{tankvaart} * f_{EV-stoffen} * f_{stofcat\ i} \quad (2)$$

Waarin

$Freq_{stofcat\ i}$	Frequentie per km per jaar zware scheepsschade van een tankschip met stofcategorie i
P	Frequentie zware scheepsschade door aanvaring [/jr], zie vgl. (1)
$f_{tankvaart}$	Aandeel tankvaart in aantal; reizen (Volkerak 2014=0.32)
$f_{EV-stoffen}$	Aandeel stofcategorieën in tankvaartreizen (Volkerak 2014=0.6)
$F_{stofcat\ i}$	Fractie stofcategorie i in EV-stoffen in de tankvaart, zie tabel 1.

³ Dit laat buiten beschouwing dat stofspectifieke vervoersarrangementen voor verschillen kunnen zorgen. Zo zijn in de huidige situatie ligplaatsmogelijkheden voor 2-kegelvaart zo beperkt dat de logistieke planning het proces zoveel mogelijk inricht op alleen afmeren bij de terminal.

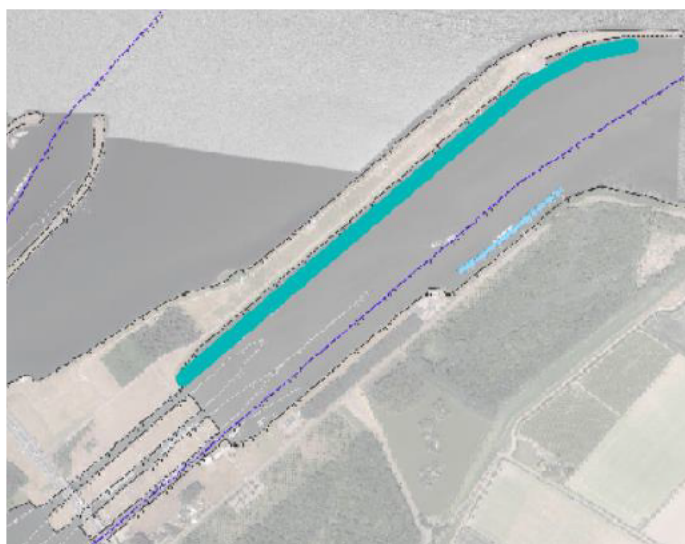
⁴ Het maximum aantal verschillende stoffen per schip met een externe veiligheidsaspect is 31, met een genoteerde minimum hoeveelheid van 1 kg en een maximum van 1061 kg, beide brandbare vloeistoffen. Gezien deze hoeveelheden ging het waarschijnlijk om colli in een boxcontainer.

De risico's van een ligplaats direct langs de hoofdvaarweg kunnen dan worden berekend met RBM II, het voorgeschreven rekenpakket voor de risico's van transport.

Hierin wordt dan een fictieve vaarweg gedefinieerd met een breedte gelijk aan de breedte van de afmeerlocatie, zie figuur 1. De invoer is weergegeven in tabel 2.

Invoerparameter	Waarde
Bevaarbaarheidsklasse	Gelijk aan hoofdvaarweg
Frequentie (/vtg.km)	MIN(FReqstofcat i) of te wel: de laagste waarde voor enige stofcategorie
Aantal schepen per jaar stofcategorie i	$FReqstofcat\ i / MIN(FReqstofcat\ i)$, met freqstofcat i cf. vgl. (2) of te wel: de aantallen van de andere stofcategorieën worden naar verhouding met de laagste waarde ingevoerd.

Tabel 2. Invoer fictieve route in RBM II voor berekening risicoaandeel gemeerde schepen



Figuur 1. Voorbeeld RBM berekening afmeerlocatie Noordervoorhaven Volkeraksluizen (fictieve "route" in blauw)

2.2 Intrinsiek falen omhulling

Onder "intrinsiek falen" wordt in dit geval verstaan het verlies van lading door alle oorzaken behalve aanvaringen. Het gaat dan om oorzaken als corrosie, constructiefouten, scheuren

van lasnaden, uitblazen van pakkingen, verstopping van tankontluchtingen e.d. Deze oorzaken leiden mogelijk tot falen van de omhulling op enig moment gedurende de aanwezigheid van de gevaarlijke stof op een bepaalde locatie.

In de in Nederland bestaande consensus [4] worden deze LOC's ("Loss of containment") van transportmiddelen op het terrein van een inrichting van gevaarlijke stoffen standaard met een aantal representatieve scenario's in een QRA verwerkt. De bijbehorende scenario's en frequenties zijn weergegeven in figuur 2. Deze scenario's zijn standaard voor tankwagens en spoorwagengereedschappen en uitstroming op land. Voor schepen zijn geen intrinsiek falen scenario's gedefinieerd met het argument dat verladingsscenario's (falen laad-/loslang of –arm) en/of scheepsbotsingen het risico bepalen.

Het risico van aanvaring is in de voorgaande paragraaf behandeld. Dat geldt voor ligplaatsen direct gelegen langs de hoofdvaarweg. De situatie in een overnachtingshaven verschilt wezenlijk van die op het terrein van een inrichting. De mate van (industriële) activiteit is veel geringer. Het aantal transportbewegingen, hijsactiviteiten, onderhouds- en reparatieactiviteiten en dergelijke is veel kleiner dan wel geheel afwezig. Als dat het geval is, is bijvoorbeeld mechanische impact als faaloorzaak uit te sluiten. De vraag is nu welke LOC scenario's een geschikte keuze zijn om het risico van intrinsiek falen van de omhulling van gevaarlijke stoffen aan boord van een afgemeerd tankschip of containerschip adequaat te beschrijven. Hiervoor maken we onderscheid tussen vloeistoffen en gassen en tussen tankschepen en droge ladingsschepen/containerschepen.

Voor druktanks (LPG, ammoniak) zijn het de scenario's • Instantaan falen met een frequentie van $5 \cdot 10^{-7}$ per jaar • Vrijkomen inhoud uit de grootste aansluiting met een frequentie van $5 \cdot 10^{-7}$ per jaar Voor leidingen (gassen > 150 mm) • Breuk van de leiding met een frequentie van $1 \cdot 10^{-7}$ per meter per jaar • Lek met een diameter van 10% van de leidingdiameter met een frequentie van $5 \cdot 10^{-7}$ per meter per jaar Voor atmosferische tanks (benzine) • Instantaan falen met een frequentie van $1 \cdot 10^{-5}$ per jaar • Vrijkomen inhoud uit de grootste aansluiting met een frequentie van $5 \cdot 10^{-7}$ per jaar Voor tankcontainers • Tankcontainer gas: Instantaan falen met een frequentie van $5 \cdot 10^{-7}$ per jaar • Tankcontainer vloeistof: Instantaan falen met een frequentie van $5 \cdot 10^{-7}$ per jaar

Figuur 2. Standaard scenario's intrinsiek falen transportmiddel op inrichtingsterrein [4]

2.2.1 Vloeistoftankers

De scheepsconstructie (afstand romp-ladingtank, weerstand tegen vervorming) biedt extra bescherming van een ladingtank bij aanvaringsscenario's. Bij LOC-scenario's met andere oorzaken is de scheepsconstructie vooral een vorm van second containment bij lekkage van stoffen. Wanneer een vloeistofladingtank lek raakt bijvoorbeeld door een gescheurde lasnaad, zal de vloeistof binnen het schip uitstromen.

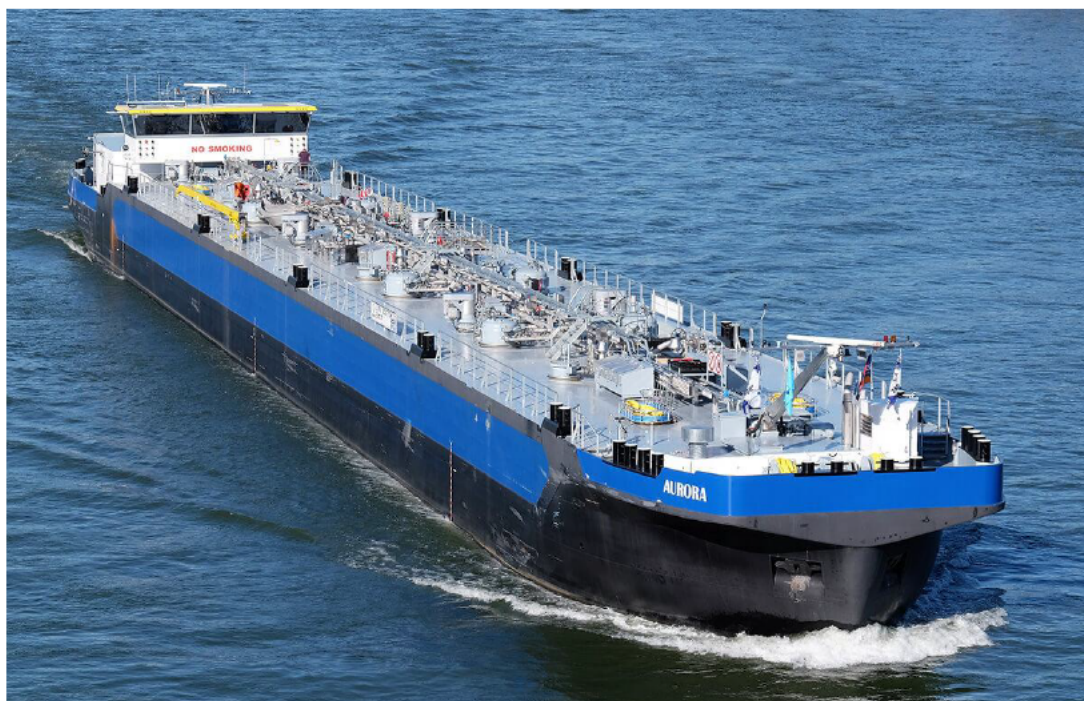
Dit is een geheel ander beeld dan een lekkage van een tankwagen op een parkeerplaats op een bedrijfsterrein. Om hieraan recht te doen is als uitgangspunt gehanteerd dat lekkage in een vloeistoftanker grotendeels in het schip geborgen blijft. Omdat er geen drijvende kracht is leidt lekkage van leidingen aan dek tot relatief kleine uitstromingen die geen grote verdampende plassen opleveren.

Een scenario dat wel tot (weliswaar gecontroleerd) vrijkomen van gevaarlijke stof kan leiden is het kortstondig afblazen van een veiligheidsventiel, in de DNV-studie naar gemengd afmeren in Rotterdam aangeduid als scenario 1 [9]. Het LOC-scenario is dan het opwarmen van de dampruimte van een ladingtank onder invloed van zoninstraling waardoor het overdrukventiel kortstondig opent bij een druk van 50 kPa (zie ADN lijst C voor de stoffen toegelaten in tankschepen). De afstanden tot waarop een levensbedreigende waarde van een stof in de ademlucht zou kunnen ontstaan liggen binnen de afmetingen van het schip zelf. Alleen de stofcategorie LT3, zeer toxische vloeistoffen, zouden bij ongunstige atmosferische omstandigheden (weinig wind, stabiele atmosfeer) tot op ca. 100 m tot deze waarden aanleiding kunnen geven. In de tankschepenlijst betreft dit alleen de stoffen acroleïne (UN 1092) en isobutylisocynaat (UN 2486).

2.2.2 Gastankers

Een lek onderdeks aan een gastank zal als een botsende jet zorgen voor verspreiding van de lekkende stof in het inwendige van het schip. Detectie en alarmering zullen bestrijdingsacties van personeel in gang zetten, eventueel ondersteund door de hulpdiensten. Bij gastankers staan de leidingen bovendeks tijdens de reis niet onder druk. Dit is geborgd in de regelgeving, zie ADN 7.2.4.14. Voor veel stoffen zijn de leidingen tijdens de reis geïnertiseerd. Dit betekent dat lekkages aan de over de lengte van het schip lopende gasleidingen geen scenario met consequenties voor de externe veiligheid opleveren.

De aansluitingen op de gastanks zijn opgenomen in de tankdome die bovendeks uitsteekt. Dat betekent een kort drukvoerend deel van de vloeistof-, damp- en monsternamleidingen van de ladingtanks tot aan de eerste flens waarop de afsluiter is gemonteerd. Figuur 3 geeft een representatief beeld.



Figuur 3. Voorbeeld van een gastanker: de Aurora

Waar lekkages aan de tank onderdeks gevangen blijven in de scheepsconstructie, leiden lekkages aan drukvoerende gedeelten bovendecks wel tot mogelijk directe uitstroming in de omgeving. Lekkage van deze leidinggedeelten wordt meegenomen in de beschouwing van het externe risico. Omdat grote impact scenario's op een afmeerlocatie gescheiden van de hoofdvaarweg niet als aannemelijk worden beschouwd, is in het vervolg uitgegaan van een lekkage met een equivalente gatdiameter van 15 mm (10% van de leidingdiameter van de grootste aansluiting).

Als indicatie voor de kans van optreden is voor de drukvoerende leidinggedeelten bovendecks uitgegaan van 8 ladingtanks met een aansluiting op de tank met een default lengte van 5 m, totaal 40 m leiding met een lekkagefrequentie van $5 \cdot 10^{-7}$ per m per jaar, zie figuur 2.

2.2.3 Droge ladingsschepen of containerschepen

Een containerschip van 135 m lang vervoert per laag ca. 80 containers. Met 5 lagen gaat het dan om 400 containers per reis. Een klein gedeelte daarvan zijn gevaarlijke stoffen en een nog kleiner gedeelte betreft stoffen die relevant zijn voor de externe veiligheid. Een schip ingedeeld als motorvrachtschip kan uiteraard ook containers aan boord hebben. Voor het mogen vervoeren van containers met gevaarlijke stoffen moeten de schepen beschikken over een certificaat van goedkeuring ADN.

Om een indruk te krijgen van de verhoudingen is een analyse gemaakt van het reizenbestand 2014 van de passages door de Volkeraksluizen. In 2014 passeerden 109152 schepen. Daarvan waren 59881 geen tankschip, merendeels motorvrachtschepen. Het aantal specifieke containerschepen bedroeg 1269.

Uiteindelijk passeerden “slechts” 173 schepen met een voor de externe veiligheid relevante stof in waarschijnlijk een tankcontainerverpakking (selectievoorwaarde vervoerd gewicht groter dan 5000 kg). De samenstelling naar stofcategorieën externe veiligheid is gegeven in tabel 3. Dit betekent dat gemiddeld genomen een schip minder dan 1 tankcontainer met een voor de externe veiligheid relevante stof aan boord heeft. Alleen voor brandbare vloeistoffen is het gemiddeld ca. twee tankcontainers per reis.

Stofcategorie	N_container	Stofcategorie	N_container
GF2	13.9 (2)	LF2/LT1	15.7 (2)
GF2/GT4	0.9 (1)	LF2/LT2	1.3 (1)
GT3	1.7 (2)	LT*	157.3 (56)
LF1	65.3 (38)	LT* (-1)	30.0 (16)
LF1/LT*	3.4 (3)	LT1	7.5 (2)
LF1/LT* (-1)	4.8 (2)	LT2	1.4 (1)
LF2	397.8 (118)	LT3	2.3 (1)
LF2/LT*	12.9 (11)	LTW	71.5 (20)
		Totaal	787.6 (173)

Tabel 3. Stofcategorieën externe veiligheid in containers, totaal en (aantal schepen), Volkerak 2014

Het maximale aantal per schip in de dataset voor brandbare gassen is 8 tankcontainers, voor toxische gassen 1 tankcontainer. De omvang van het vervoer van voor de externe veiligheid relevante stoffen in tankcontainers is gering. Dit is ook voor andere sluizen een gangbaar beeld.

Droge ladingschepen met vloeistoftankcontainers

De stuwage van containers aan boord van een schip is qua configuratie vergelijkbaar met de stapeling van containers bij een stuwadoorsbedrijf in een stack. Voor intrinsiek falen op het terrein van een stuwadoorsbedrijf wordt in de handleiding [4] het catastrofaal bezwijken bepalend geacht voor het externe risico. Ook hier geldt echter weer dat een afmeerlocatie gescheiden van de hoofdvaarweg een geheel andere situatie is dan een bedrijfsterrein van een stuwadoorsbedrijf. Wanneer grote impact scenario's zijn uitgesloten, is instantaan falen niet aannemelijk. In eerdere onderzoeken naar de casuïstiek van falen van containers zijn

ook alleen geringe lekkages gezien [10, 11]. Voor de risico's op afmeerlocaties gescheiden van de hoofdvaarweg beschouwen we in het vervolg dan ook alleen continue lekkages.

Voor continue lekkages van vloeistofcontainers bij overslag gaat de handleiding uit van uitstroming uit een gat van 20 of 50 mm resulterend in een verdampende plas van 180 resp. 900 m². Dit zijn impact scenario's (vallen uit een kraan) gevolgd door verspreiding op de vlakke ondergrond van een containerkade.

Wanneer op de afmeerlocatie geen containerverplaatsingen plaatsvinden, dus bijvoorbeeld geen herschikking van de containers aan boord met een tussenfase op de kade, is dit type impact uitgesloten. Bij lekkage van een vloeistofcontainer aan boord zal een deel van de vloeistof zich verspreiden tussen de andere containers, binnen het schip en deels afstromen naar het water aan de vaarwegzijde en/of tussen kade en schip. Deze verspreiding is niet voorspelbaar en hier is geen sprake van een situatie die met verdampingsmodellen voor vrij spreidende plassen adequaat kan worden beschreven.

Voor vloeistoftankcontainers wordt in het vervolg uitgegaan van een lekkage gevolgd door verdamping uit een plas met een equivalent oppervlak van 10 m². Dit om eventuele verschillen in effectafstanden tussen vloeistoffen in beeld te brengen. Een kansindicatie voor een dergelijk scenario is $5 \cdot 10^{-7}$ per container per jaar [4]. Gezien de grote variabiliteit in verspreidingspatroon van vloeistoflekkages aan boord van een schip is een nadere kwantificering van de kans op een bepaald oppervlak echter niet zinvol.

Droge ladingschepen met gastankcontainers

Bezwijken van de omhulling van tankcontainers met gas onder druk leidt wel tot directe uitstroming in de omgeving en wordt dus ook meegenomen voor het externe risico. Wanneer op de afmeerlocatie geen verticale verplaatsingen plaatsvinden beschouwen we alleen continue lekkages, zie ook de toelichting hierboven. Voor continue lekkages van gastankcontainers bij overslag gaat de handleiding uit van uitstroming uit een gat van 10 of 50 mm. Conservatief gaan we in het volgende uit van een gat met een diameter van 50 mm. Een kansindicatie voor een dergelijk scenario is $5 \cdot 10^{-7}$ per container per jaar [4].

2.3 Resumé scenario's en afstanden

1. Wanneer op een ligplaats direct langs de hoofdvaarweg seinvoerende schepen met gevaarlijke stoffen zijn afgemeerd, is het risico voor de externe veiligheid opgebouwd uit drie bijdragen:
 - a) schade aan schip en ladingtank/container door aanvaring
 - b) Intrinsiek falen van de verpakking en
 - c) Kort afblazen van de drukveiligheid van een ladingtank met een toxische stof
2. Het risico van het vrijkomen van gevaarlijke stoffen uit schepen op de ligplaats door aanvaring is een fractie van de risico's van het doorgaande verkeer, in de orde van 10%. Het plaatsgebonden risico op de oever is kleiner dan 10^{-6} per jaar en wordt meeberekend en beoordeeld bij de risico's van de vaarweg zelf.
3. Voor het berekenen van het risico van het intrinsiek falen van de omhulling van de gevaarlijke stof aan boord van een afgemeerd schip zijn geen standaard scenario's voorgeschreven in de Handleidingen voor risicoberekening externe veiligheid.
4. Daarom zijn per scheepstype en stof scenario's beschreven die in het vervolg van dit rapport worden gebruikt om de risico's voor de externe veiligheid van een ligplaats door intrinsiek falen van de verpakking zichtbaar te maken.
 - a. Chemicaliëntankers zijn dubbelwandig uitgevoerd. Het schip fungeert bij lekkages van een ladingtank als second containment. Er ontstaan bij lekkage geen spreidende verdampende plassen als op een vlakke ondergrond. Wel blijft uiteraard een scenario als brand aan boord (ook met niet gevaarlijke stof gerelateerde oorzaken) mogelijk, zie ook het hoofdstuk overige scenario's. Bij het afblazen van een veiligheidsventiel van een ladingtank onder invloed van zoninstraling kan alleen bij zeer toxische vloeistoffen in de stofcategorie LT3 als acroleïne en isobutylisocyaan tot op ca. 100 m een voor de gezondheid gevaarlijke concentratie ontstaan.
 - b. Tijdens de reis, en dus ook tijdens het gemeerd liggen, zijn de dekleidingen aan boord van gastankers drukloos. Lekkages van tankaansluitingen bij kleppen, flenzen, monsternameleidingen worden wel beschouwd. Een lek met een equivalente gatdiameter van 15 mm is daarvoor representatief geacht. Voor brandbare gassen is propaan (GF3) als voorbeeldstof beschouwd, voor toxische gassen ammoniak (GT3).
 - c. Stoffen die relevant zijn voor de externe veiligheid maken een gering deel uit van de stoffen/producten die in containers worden vervoerd. Voor gascontainers wordt een gat met een equivalente diameter van 50 mm als representatief beschouwd met weer propaan en ammoniak als voorbeeldstoffen. Bij lekkage van vloeistofcontainers is het verspreidingspatroon bij lekkages (in het schip, tussen de lading, deels naar het water) zeer variabel. Om de verschillen in effecten tussen toxische vloeistoffen te onderzoeken wordt een verdampende plas met een oppervlak van 10 m^2 beschouwd.
5. Tabel 4 geeft een overzicht van de scenario's die representatief zijn voor een schip dat ligt afgemeerd op een afmeerlocatie die is afgescheiden van de hoofdvaarweg. De veronderstelling is dat op de locatie verder geen industriële activiteiten worden

uitgevoerd, die kunnen leiden tot impact op de omhulling van de gevaarlijke stof, zoals hijswerkzaamheden, bouwactiviteiten, reparatiewerkzaamheden e.d.

	Gastanker		Containerschip			
	brandbaar	toxisch	brandbaar		toxisch	
			vloeistof	gas	vloeistof	gas
Scenario	Lek 15 mm	Lek 15 mm		Lek 50 mm		Lek 50 mm
verschijnsel	jetfire	jet	Plasbrand 10 m ²	jetfire	Plas 10 m ²	jet
Kansindicatie	2.10 ⁻⁵ /schip.jr	2.10 ⁻⁵ /schip.jr	geen	5.10 ⁻⁷ /ct.jr	geen	5.10 ⁻⁷ /ct.jr
1% overlijden (m)	30	55	15	100	80/70/1100	440
GAG (m)		50			30/50/1430	575
BAG (m)	30		15	100		
EAG (m)	45		-	45		

Tabel 4. Overzicht scenario's en effect- en schadeafstanden

Toelichting

kansindicatie Frequentie scenario (exclusief kans op ontsteking); indicatief, want geen casuïstiek onderzoek bekend; voor gastankers gebaseerd op 8 aansluitingen, een default lengte van 5 m per aansluiting en een frequentie van een 15 mm lek van 5.10⁻⁷ per meter per jaar; voor gastankcontainers op een frequentie van 5.10⁻⁷ per container per jaar. Voor brandbare gassen zijn 8 containers per schip verondersteld, voor toxische gassen 1 container per schip.

GAG Gifwolkaandachtsgebied. Afwegingsgebied ruimtelijke ordening voor blootstelling aan giftige stoffen in de ademlucht; grootste afstand tot waarop de concentratie zo hoog is dat binnenshuis een levensbedreigende waarde wordt bereikt. Gebied is gedefinieerd in artikel 5.12 van het Besluit Kwaliteit Leefomgeving (BKL); treedt in werking met de Omgevingswet, naar verwachting 1 juli 2022.
De waarde wordt achtereenvolgens gegeven voor de stofcategorieën LT1/LT2/LT3. De bijbehorende buitenconcentraties zijn respectievelijk 488, 443 en 6 ppm. Voor de toxische gassen is ammoniak representatief geacht. De buitenconcentratie voor ammoniak is 3799 ppm.
Deze waarden gelden voor een containerlekkage gevolgd door uitdamping van de stof uit een plas met een oppervlak van 10 m². Voor de categorie LT3 in tankschepen (2 stoffen) geldt dat het kortdurend afblazen van een veiligheidsventiel tot op ca. 100 m onder ongunstige condities tot gezondheidsschade kan leiden [9].

BAG Brandaandachtsgebied. Afwegingsgebied ruimtelijke ordening voor blootstelling aan warmtestraling bij brand; afstand tot een warmtestralingsniveau van 10

	kW/m² Gebied is gedefinieerd in artikel 5.12 van het Besluit Kwaliteit Leefomgeving (BKL); treedt in werking met de Omgevingswet, naar verwachting 1 januari 2023.
EAG	Explosieaandachtsgebied. Afwegingsgebied ruimtelijke ordening voor blootstelling aan overdruk bij explosie; afstand tot een invallende piekoverdruk van 100 mbar. Gebied is gedefinieerd in artikel 5.12 van het Besluit Kwaliteit Leefomgeving (BKL); treedt in werking met de Omgevingswet, naar verwachting 1 januari 2023.

2.4 Overige scenario's

Bovenstaande scenario's hebben alle betrekking op het falen van de omhulling van een gevaarlijke stof als lading. Ook andere scenario's kunnen echter gezondheidseffecten met zich meebrengen. Bij de beheersing van risico's op afmeerlocaties verdienen de overige scenario's ook aandacht. Tabel 5 geeft een aantal scenario's met restrisico op basis van DNV onderzoek [7], die in dit rapport niet nader worden behandeld.

Scenario	Deze studie
Lekkage van LNG/H2/methanol brandstofsysteem	Lekkages brandstofsysteem worden hier niet beschouwd. Seinvoering geldt hiervoor niet. In [6] worden alleen risico's beschouwd wanneer de brandstoftanks onder druk bovendecks zijn geplaatst.
Lekkage tijdens bunkeractiviteiten	Deze studie is niet gericht op bunkeren. Voor bunkeren gelden aparte regels vanuit o.a. RPR, de activiteitenregeling en/of uit lokale verordeningen. Voor bunkeractiviteiten geldt onder de Omgevingswet een meld- of vergunningplicht.
Afmeerrichting naastliggend schip zorgt voor uitlaat gevaarlijke gassen nabij machinekamer of accommodatie, ontstekingsrisico door schepen zonder cvo.	Geen onderwerp van deze studie. Aandachtspunt voor schippers onderling bij het afmeren.
Lichten ventielen onder invloed van zon	Door zoninstraling kunnen ventielen van vloeistoftankers kortstondig lichten. Kan leiden tot geuroverlast. Verticale uitstroming, relatief hoge snelheid. Alleen mogelijk een probleem direct naast het schip op enige hoogte (let op werkzaamheden of verblijfsruimten). Voor de omgeving alleen mogelijke gezondheidseffecten voor zeer toxische vloeistoffen (categorie LT3/LT4).
Vrijkomen gassen uit gegaste lading	Actueel door aantal fosfine incidenten. Bij gemeerd liggen zijn de ruimen gesloten.

Tabel 5. Overige scenario's met mogelijk gezondheidseffecten [7]

2.4.1 Handelingsfouten

Gevaarlijke stoffen kunnen ook vrijkomen door (onbedoelde) fouten bij handelingen aan de installaties. Het onderzoek van DNV [7] noemt:

- Aflaten druk voorafgaand aan monsternamen (ADN voorschriften borgen voorkomen letsel)
- Ventilatie ladingtanks: beperken ook ivm geuroverlast
- Vrijkomen gevaarlijke stoffen bij onderhoud ladingsysteem
- Beheersing risico's werkzaamheden aan boord
- Hijsen over ladingzone, vallen van last op installatieonderdeel

2.4.2 Brand aan boord

Het ontstaan van brand is niet één op één gekoppeld aan activiteiten met gevaarlijke stoffen, zie onderzoek DNV [7]:

- Reparaties
- Hijswerkzaamheden
- Werkzaamheden naastliggend schip/omgeving
- Woningbrand
- Lekkage brandstofsysteem
- Lekkages kleinverpakkingen in container

Bij ontsteking kan een brand ontstaan die kan uitgroeien tot een grote brand en effecten op de omgeving kan hebben.

2.4.3 Overige aspecten

Bij de risicobeheersing op afmeerlocaties spelen nog een aantal overige aspecten. Uit de workshop sessies ten behoeve van het al eerder genoemde DNV-rapport [7] volgen als aspecten die aandacht verdienen in de afweging om ook seinvloerende schepen wel of niet op een bepaalde locatie toe te staan:

- Inzetmogelijkheden hulpdiensten
 - Bereikbaarheid
 - Middelen
 - Preparatie
- Calamiteitenplannen afgestemd op gevaarlijke stoffen? Extern (hulpdiensten) en intern (bemanningen onderling, PBM's)
- Acceptatie van gedragsregels

- Basiskennis gevaarlijke stoffen ook op niet ADN schepen
- Bewaking/toezicht: verlaging kans op escalatie, extra eisen? Max reactietijd? Bereikbaarheid bemanning? Toezichthouder?
- Bijzonder milieurisico aan de hand?
- Duwbakken speciaal behandelen ivm manoeuvreerbaarheid?
- Risico's ingebracht door dienstverleners
- Overpadregels (onder 14 jaar niet op 2-kegelschip)
- Informatie omgeving (bewoners, bedrijven, bevoegde autoriteiten) over gevaarlijke stoffen, communicatieplan
- Ervaringen met overlast gevaarlijke stoffen bij branche, inspectie over licht, geluid, geur,...

2.5 Gemengd afmeren, voorwaarden en preferenties

De in de voorgaande paragraaf benoemde overige scenario's worden beheerst door voorwaarden te stellen aan en preferenties te formuleren voor het toestaan van gemengd afmeren door de bevoegde autoriteit.

2.5.1 Voorwaarden waaronder het toegestaan is om gemengd af te meren

Er mag door binnenschepen die geschikt zijn voor gemengd afmeren, op daarvoor speciaal aangewezen ligplaatsen gemengd worden afgemeerd, met uitzondering van de situatie waarin zij:

- a. hijswerkzaamheden uitvoeren over een langszij afgemeerd schip heen;
- b. werkzaamheden verrichten of te doen verrichten die verbandhouden met de bedrijfsgereedheid, aanpassing, herstel of verbetering van het schip of voorwerp of onderhoudswerkzaamheden waarbij vonkvorming mogelijk is;
- c. geen bemanningslid of bemanningsleden aan boord hebben die het schip kunnen verhalen, wanneer het schip niet direct aan de steiger afgemeerd ligt;
- d. een schip dat direct aan de steiger ligt afgemeerd onbemand achterlaten zonder contactgegevens te melden aan de bevoegde autoriteit;
- e. LNG, methanol of waterstof bunkeren;
- f. open vuur gebruiken of roken buiten de woning of het stuurhuis. Deuren en ramen dienen in geval van open vuur of roken in de woning of het stuurhuis gesloten te zijn;

- g. vonkvorming veroorzaken;
- h. onderhoud aan het ladingsysteem uitvoeren, indien het een binnentankschip betreft;
- i. open of deels gesloten monsternamen toepassen, ventileren met andere binnenschepen langs zijde, tanks schoonmaken of om andere reden tanks openen, indien het een binnentankschip betreft;
- j. lading overslaan;
- k. bij gebruik van walstroom de walstroomkabel door de ladingzone van een naastgelegen schip of de naastgelegen binnenschepen laten lopen
- l. binnen de ladingzone van een ander schip komen indien men dit andere schip gebruikt om zich van en naar de wal te verplaatsen, of;
- m. hinder of overlast veroorzaken voor naastliggende binnenschepen.

2.5.2 Preferenties bij het aanwijzen van ligplaatsen voor gemengd afmeren

Bij het aanwijzen van de ligplaatsen voor gemengd afmeren wordt de bevoegde autoriteit geadviseerd om de volgende preferenties op te nemen in het besluit:

- a. bij het ligplaats nemen te zorgen dat de woning, het stuurhuis en de machinekamer niet naast de ladingzone van een kegelvoerend schip ligt;
- b. personen jonger dan 14 jaar niet zonder begeleiding via een kegelvoerend schip de wal of een ander schip te laten betreden;
- c. deuren van de accommodatie en machinekamer gesloten te houden;
- d. te zorgen dat de ventilatieopeningen van de ladingtankruimten van een binnentankschip niet ter hoogte van de woning en stuurhuis van langs zij liggende binnenschepen komen te liggen, en;
- e. te zorgen dat een onbemand binnenschip, indien deze direct aan de steiger ligt, onder toezicht is gesteld van een persoon die binnen een uur kan ingrijpen, voor zover er geen wachtsman conform artikel 7.08, eerste lid, BPR resp. RPR aan boord wordt vereist.

Verder dienen beheerders het toestaan van gemengd afmeren af te stemmen met de veiligheidsregio's en andere lokale veiligheidsfunctionarissen en toezichthouders.

2.6 Afstanden tussen schepen onderling

De verkeersregelgeving schrijft in verschillende verkeerssituaties aan te houden afstanden tussen schepen met en zonder seinvoering voor. Tabel 6 geeft een overzicht.

Tabel 6. Afstanden tussen schepen onderling, volgend uit de regelgeving

Situatie	Grondslag	Schip 1	Schip 2	Afstand
Wachtplaatsen bij sluizen/bruggen	BPR 6.28 lid 11 [12]	Geen sein	1 kegel	10 m
		1 kegel	1 kegel	0 m
		CvO	1 kegel	0 m
Doorvaart van sluizen	6.28 lid 11	Geen sein	1 kegel	10 m
		1 kegel	1 kegel	0 m
		CvO	1 kegel	0 m
	6.28 lid 12	Elk schip	2 kegels	> kolk lengte
		Elk schip	3 kegels	> kolk lengte
	6.28 lid 13	2 kegels+ ¹⁾	2 kegels+	0 m
		2 kegels+ ¹⁾	1 kegel	0 m
		2 kegels+ ¹⁾	CvO	0 m
	6.28 lid 14	1 kegel	Passagiersschip	> kolk lengte
	RWS 2017 [13]	Elk schip	1 of 2 kegels++ ²⁾	0 m
		2 kegels+++ ³⁾	2 kegels+++ ³⁾	0 m
		Elk schip	DL_1/2 ⁴⁾	0 m
Ligplaats naast/in vaarweg	RPR 6.28 lid 10 [14]	Elk schip	LNG schip ⁵⁾	> kolk lengte
		Geen sein	1 kegel	10 m
		Geen sein	2 kegels	50 m
	BPR 7.07 lid 2	Geen sein	3 kegels	100 m
		1 kegel	1 kegel	0 m
		CvO	1 kegel	0 m

¹⁾ 2 kegels+= Droge ladingschepen met 2 kegels en uitsluitend containers, IBC's, grote verpakkingen, gascontainers met meerdere elementen (MEGC), transporttanks en tankcontainers volgens ADN nr. 7.1.1.18

²⁾ 1 of 2 kegels++=droge lading schip met 1 of 2 kegels

³⁾ 2 kegels+++=tankschip met 2 kegels, geladen met dezelfde stof

- 4) DL_1/2=Droge lading schip met 1 of 2 kegels
- 5) verbod om de sluis in te varen voor een LNG aangedreven schip waarbij tijdens schutten LNG kan vrijkomen

De grote lijn in de afstanden is dat schepen met gevaarlijke lading en zonder gevaarlijke lading ruimtelijk van elkaar worden gescheiden. Schepen met gevaarlijke lading zijn ook ongeladen schepen die wel voor gevaarlijke stoffen geschikt zijn: schepen met certificaat van onderzoek. Onder de schepen zonder gevaarlijke lading vormen de passagiersschepen die daadwerkelijk passagiers vervoeren een aparte categorie.

Doorvaart van sluisen

Op wachtplaatsen en bij de doorvaart van sluisen zijn de mogelijke vaarsnelheden en aanvaringshoeken dusdanig klein dat verlies van lading ten gevolge van aanvaring zeer onwaarschijnlijk is. Hierboven in paragraaf 2.2 is toegelicht dat met een verblijftijd in de sluisenkolk in de orde van een half uur de kans op een lekkage plus ontsteking door andere oorzaken dan aanvaring in de orde van 10^{-10} per schutting ligt. Een conclusie die ook al in 2005 werd getrokken [15].

Gezien het voorgaande zijn er geen op *waarschijnlijkheid* gebaseerde argumenten om schepen niet samen te schutten of om extra afstand te houden. Grote loss of containment (LOC) scenario's zijn immers niet te verwachten. Geredeneerd vanuit veiligheid en risico kunnen argumenten voor afstand houden of een combinatieverbod van bepaalde schepen wel worden ontleend aan de potentiële omvang van effecten en de perceptie bij betrokkenen, waaronder passagiers.

Eén van de doelen van afstand houden of een samenschutverbod is het vermijden van een ernstige escalatie van een incident met gevaarlijke stoffen tussen schepen. Het is duidelijk dat een grote lekkage van een brandbare stof gevolgd door ontsteking of lekkage van een toxische stof in een sluisenkolk een ernstige escalatie kan betekenen, ongeacht de aard van andere schepen in de kolk. Bemanning aan boord en sluispersoneel kunnen in dat geval worden blootgesteld.

Wat de ernst mogelijk nog versterkt, is het aantal mensen op een passagiersschip en het feit dat passagiers zich niet beroepsmatig daar bevinden. Bemanningen en sluispersoneel zijn immers vertrouwd met de omgeving en getraind in noodsituaties; passagiers niet. Voor de perceptie van gevaar door de passagiers is de geur van een lekkende stof mogelijk bepalender dan de werkelijke gevaarzetting. Dit is ook een grond om passagiersschepen alleen samen te schutten met elkaar en met overige schepen zonder seinvoering.

Voor seinvoerende schepen onderling is dan de vraag of afstand houden een bijdrage levert aan het vermijden van een ernstige escalatie en welke afstanden dat dan zijn. Daaraan is de volgende paragraaf gewijd.

2.7 Veiligheidsafstanden tussen schepen onderling

De vraag is of het mogelijk en zinvol is de kans op escalatie van een incident naar een naastliggend schip te verkleinen door een bepaalde afstand tussen de schepen aan te houden. Hierna is eerst beschreven wat de rol is van een scheidingsafstand en daarna of het bij genoemde scenario's zinvol is een afstand aan te houden.

2.7.1 Scheidingsafstanden (separation distances)

Bij de inrichting van bedrijfsterreinen van inrichtingen waar met gevaarlijke stoffen wordt gewerkt, is het gebruikelijk om de verschillende installatieonderdelen ruimtelijk zo van elkaar te scheiden dat de kans op escalatie van brandscenario's tussen installatie onderdelen zeer klein is. Vaak wordt die scheiding door afstand gecreëerd, in dat geval aangeduid als "veiligheidsafstand". Voorbeelden zijn te vinden in de richtlijnen van de publicatiereeks gevaarlijke stoffen o.a. voor propaan/LPG-tanks (PGS 16-19), LNG-tankstations (PGS 33), waterstof-tankstations (PGS 35) en cryogene opslagen (PGS 9).

Een dergelijke scheidingsafstand is niet bedoeld voor de catastrofale scenario's (leidingbreuk of scheuren van tanks), maar voor de vaker optredende kleinere lekkages. Voor de kleinere lekkages kiest men dan conservatief voor een lek met een uitstroomopening van 10% van de diameter van een leiding. De meest voorkomende lekkages zijn kleiner. Om escalatie van een brandscenario te voorkomen wordt de afstand tussen installatieonderdelen zo gekozen dat de warmtestraling door de brand op het blootgestelde installatieonderdeel kleiner is dan 10 kW/m^2 . Dit is voor stalen installatiedelen een conservatieve waarde. Voor bezwijken van stalen installatiedelen zijn stralingsniveaus in de orde van 100 kW/m^2 of meer of direct vlamcontact nodig. Een drempelwaarde voor het verkleuren van oppervlakken, afbladderen van verf of vervormen van onderdelen is 25 kW/m^2 [16].

Wanneer we deze scheidingsafstanden-benadering toespitsen op schepen in situaties met lage vaarsnelheden of stilliggend/afgemeerd, is van belang dat de leidingen aan dek van een tankschip tijdens de reis drukloos en leeg zijn (ADN 7.2.4.14). Dat verkleint nog verder zowel de kans op lekkage als de kans op escalatie naar een naastliggend schip of installatie-onderdeel.

2.7.2 Fakkelfbrand

Een fakkelfbrand uit een lekkage kan ontstaan uit een lek op een gastanker of uit een lekkende container met brandbaar gas. Een representatieve diameter voor een bovendeckse gasleiding op een gastanker is 150 mm. Dat betekent dat een lekkage uit een gat van 15 mm doorsnede een representatief scenario is waarop een veiligheidsafstand eventueel kan worden gebaseerd. De grootste aansluiting op een tankcontainer heeft in de regel een diameter van

ca. 50 mm. Volgens dezelfde benadering als hierboven kan een scheidingsafstand worden gebaseerd op een lek met een equivalente diameter van 5 mm. Tabel 7 geeft de afstanden tot de genoemde schadeniveaus voor een fakkelvlam. De vlam kan verschillende richtingen hebben en botsen met installatieonderdelen. Dit wordt weergegeven in de range in de tabel.

Warmtestraling (kW/m ²)	Schadeniveau	Afstand (m)	
		Lek 15 mm	Lek 5 mm
100	Bezwijken	10-17	3-7
25	Verkleuren, afbladderen, vervormen	14-20	6-9
2	Aandachtsgebied publieksveiligheid	30-36	14-16

Tabel 7. Warmtestraling als functie van de afstand voor een 15 mm propaan lek (gastanker)

Bij een volledige leidingbreuk voor een drukhoudende 6 inch leiding ligt de 100 kW/m² afstand in de orde van 85 m, voor een uitstroming uit de grootste aansluiting van een tankcontainer op 55 m. Dat laat zien dat afstand houden voor een dergelijk catastrofaal scenario geen betekenis heeft in het voorkomen van escalatie. Leidingen lopen zoveel mogelijk nabij de hartlijn van het schip en staan tijdens de reis niet onder druk. Korte drukvoerende tankaansluitingen op een gastanker bevinden zich in de tankdome. Het is in alle gevallen aannemelijk dat de uitstroming niet vrij uitstroomt, maar botst met andere installatiedelen.

De afmetingen van de schepen waar het om gaat zijn dusdanig groot dat binnen de afstanden voor het bezwijken van stalen constructiedelen uit tabel 7 normaliter geen kwetsbare installatiedelen op een naastliggend schip aanwezig zijn, ook niet als de schepen direct naast elkaar liggen. Voor passagiersschepen zijn de afstanden voor publieksveiligheid relevanter. Daarvoor kan afstand houden wel bijdragen aan de reductie van de kans op escalatie.

2.7.3 Lekkage toxisch gas

Bij lekkage van een toxisch gas zijn de afstanden tot overlijden (1% kans) mogelijk in de orde van 50 m (15 mm lekgrootte) en 20 m (5 mm lekgrootte). Een domino effect naar de technische installaties op een naastliggend schip treedt normaliter niet op, maar is in bijzondere gevallen wel mogelijk (cryogene schade, corrosie schade).

De conclusie uit voorgaande is dat afstand houden in situaties met lage vaarsnelheden of stilliggende schepen de kans op escalatie tussen seinvloerende schepen onderling nauwelijks beïnvloedt. Wel is een afstand mogelijk relevant voor de kans op gezondheidsschade van personen, zoals passagiers.

2.8 Afstanden tussen gemeerde schepen en kwetsbare bestemmingen

De wetgeving voor de externe veiligheid garandeert een ruimtelijke scheiding tussen inrichtingen/transportroutes en kwetsbare bestemmingen. De maat voor deze scheidingsafstand is de 10^{-6} -contour van het plaatsgebonden risico. Dit is een grenswaarde: binnen de 10^{-6} -contour kunnen geen kwetsbare bestemmingen worden gebouwd of, andersom bekeken: de 10^{-6} -contour van een inrichting of transportroute mag niet overlappen met een kwetsbare bestemming. Het begrip kwetsbaar is met name opgehangen aan de kwetsbaarheid van personen. Dit is vastgelegd in de besluiten externe veiligheid inrichtingen en externe veiligheid transportroutes. Zo garandeert de overheid een basisbeschermingsniveau voor de burger.

Een ligplaats of overnachtingshaven is in de regel geen bron van risico uit oogpunt van deze regelgeving. Toch worden in de uitvoeringspraktijk scheidingsafstanden aangehouden tussen ligplaatsen voor kegelschepen en woongebieden of kwetsbare infrastructuur. Dit zijn de afstanden die zijn genoemd in artikel 7.1.5.4.3 (droge lading schepen) en 7.2.5.4.3 (tankschepen) van het ADN-verdrag. Het ADN is opgenomen in de Nederlandse wetgeving als bijlage 1 bij de Regeling vervoer over de binnenwateren van gevaarlijke stoffen. De tekst wordt hieronder gegeven in figuur 4.

De beide artikelen uit het ADN zijn van toepassing op ligplaats nemen *buiten de door de bevoegde autoriteit speciaal aangegeven ligplaatsen*. Dat wil zeggen dat de afstanden formeel niet van toepassing zijn op de door de vaarwegbeheerder aangewezen ligplaatsen voor kegelschepen. Toch is het staande uitvoeringspraktijk deze afstanden op te vatten als geldend voor alle ligplaatsen voor kegelschepen. Als zodanig zijn ze opgenomen in menig bestemmingsplan.

In dit rapport noemen we daarom steeds ook de afstanden uit het ADN als mogelijk beperkend voor het ligplaats nemen van schepen geladen met gevaarlijke stoffen.

7.1.5.4.3

Buiten de door de bevoegde autoriteit speciaal aangegeven ligplaatsen mag bij het ligplaats nemen de onderstaande afstanden niet minder zijn dan:

- *100 m van woongebieden, kunstwerken en opslagtanks die gas of brandbare vloeistoffen bevatten, indien het schip conform hoofdstuk 3.2, Tabel A, kolom (12) een seinvoering met één blauwe kegel of één blauw licht moet voeren;*
- *100 m van kunstwerken en opslagtanks die gas of brandbare vloeistoffen bevatten en 300 m van woongebieden, indien het schip conform hoofdstuk 3.2, Tabel A, kolom (12) een seinvoering met twee blauwe kegels of twee blauwe lichten moet voeren;*
- *500 m van woongebieden, kunstwerken en opslagtanks die gas of brandbare vloeistoffen bevatten, indien het schip conform hoofdstuk 3.2, Tabel A, kolom (12) een seinvoering met drie blauwe kegels of drie blauwe lichten moet voeren.*

Tijdens het wachten voor sluizen of bruggen is het toegestaan afwijkende en geringere afstanden aan te houden. In geen geval mag de afstand korter zijn dan 100 m.

7.2.5.4.3

Buiten de door de bevoegde autoriteit speciaal aangegeven ligplaatsen mogen bij het ligplaats nemen van de schepen de onderstaande afstanden niet worden onderschreden:

- *100 m van woongebieden, kunstwerken en tankopslagplaatsen, indien het schip conform hoofdstuk 3.2, Tabel C, kolom (19) een seinvoering met één blauwe kegel of één blauw licht moet voeren;*
- *100 m van kunstwerken en tankopslagplaatsen en 300 m van woongebieden, indien het schip conform hoofdstuk 3.2, Tabel C, kolom (19) een seinvoering met twee blauwe kegels of twee blauwe lichten moet voeren;*

Tijdens het wachten voor sluizen of bruggen is het toegestaan geringere afstanden dan hierboven aangegeven aan te houden. In geen geval mag de afstand lager zijn dan 100 m.

Figuur 4. Artikelen ADN verdrag

3 Buitenwalevest

De eerste te beschouwen situatie is de ligplaats aan de oostzijde van de Oude Maas tegenover de Buitenwalevest in Dordrecht. De ligplaats ligt direct aan de hoofdvaarweg. Risico's voor de externe veiligheid, ook van de ligplaats, worden dan ook beschouwd in het kader van de risicoanalyses voor de hoofdvaarwegen. De situatie is een voorbeeld van een afmeerlocatie langs een drukke vaarweg in een dicht bebouwde omgeving.

3.1 Huidige situatie



Figuur 5. Ligplaatsen Buitenwalevest

De afmetingen van de ligplaatsen zijn gegeven in tabel 8.

	Zuid	Noord
Lengte (m)	260	130
Breedte (m)	25	25

Tabel 8. Afmetingen ligplaatsen Buitenwalevest

In de praktijk betekent dit dat twee schepen naast elkaar kunnen afmeren (uitgaande van een maatgevend schip van 110 x 11.4 m). Op de zuidelijke ligplaats is ruimte voor twee schepen

achter elkaar, totaal dus in theorie vier schepen (2x2), op de noordelijke ligplaats twee schepen (1x2).

3.1.1 BPR 7.07 Ligplaats nemen nabij seinvoerende schepen

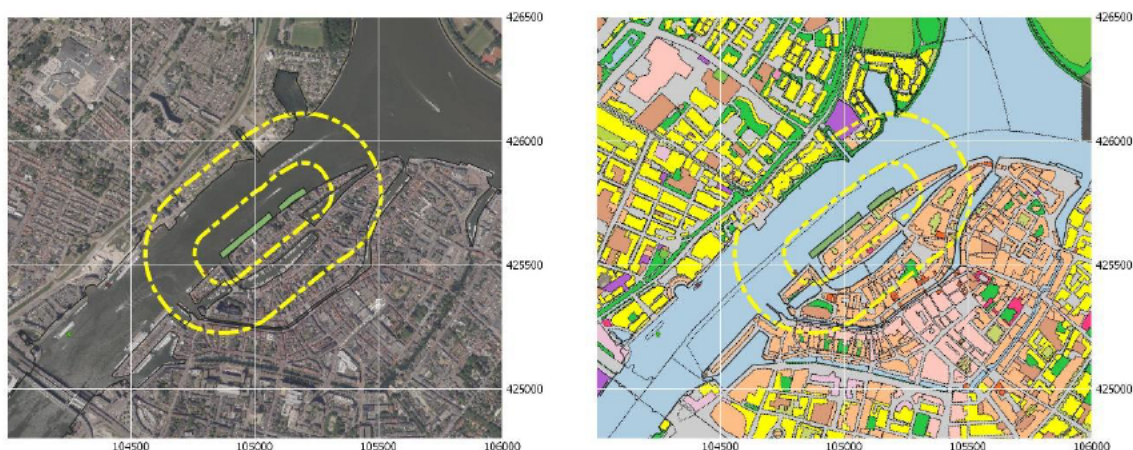
Tabel 9 toont de mogelijkheden en beperkingen die het Binnenvaartpolitiereglement biedt voor deze locatie voor het afmeren van twee of meer schepen. Schepen met 2 kegels kunnen niet naast elkaar afmeren, schepen met één kegel kunnen naast elkaar en naast schepen met een cvo. Voor één schip op het zuidelijke deel en één op het noordelijke deel zijn er vanuit BPR 7.07 geen beperkingen.

Type binnenschip	Schip zonder cvo	Schip met cvo	Schip met 1 kegel	Schip met 2 kegels
Schip zonder cvo	✓	✓	✗	✗
Schip met cvo	✓	✓	✓	✗
Schip met 1 kegel	✗	✓	✓	✗
Schip met 2 kegels	✗	✗	✗	✗

Tabel 9. Buitenwalevest: afmeermogelijkheden en –beperkingen conform BPR 7.07 voor twee schepen

3.1.2 ADN 7.1.5.4.3 en 7.2.5.4.3

Het ADN schrijft afstanden voor tussen seinvloerende schepen en woongebieden, kunstwerken en tankopslagplaatsen. Het gaat om afstanden van 100 m (schepen met één kegel) of 300 m (schepen met 2 kegels). Binnen deze afstanden van de ligplaatsen aan de Buitenwalevest zijn geen kunstwerken en tankopslagplaatsen aanwezig. Woongebieden echter wel, zoals figuur 6 met rechts de bestemmingsplankaart laat zien.



Figuur 6. Buitenwalevest, ligplaatsen en afstanden van 100 m respectievelijk 300 m

De in het ADN aangegeven afstanden maken het afmeren voor kegelschepen op deze locatie onmogelijk, vanwege de nabijheid van woongebieden. De afstand tot het woongebied is ca. 15 m en de ruimte tot aan het woongebied is ingevuld met een verkeersbestemming.

Type binnenschip	Toegestaan?
Schip zonder cvo	✓
Schip met cvo	✓
Schip met 1 kegel	✗
Schip met 2 kegels	✗

Tabel 10. Buitenwalevest: afmeermogelijkheden en –beperkingen conform ADN 7.1.5.4.3 en 7.2.5.4.3

3.1.3 Resumerend

Het afmeren van kegelschepen op de ligplaatsen langs de Buitenwalevest is niet (zonder ontheffing van de bevoegde autoriteit) mogelijk vanwege de ADN afstanden tot woongebieden.

3.2 Risico's van de vaarweg

De risico's van het transport van gevaarlijke stoffen over de vaarweg zijn berekend met RBM II op basis van de vervoersstroom van tabel 1. Het plaatsgebonden risico op de oever ter hoogte van de Buitenwalevest is 10^{-8} per jaar. Figuur 7 geeft de contouren weer voor 10^{-8} en 10^{-9} per jaar.



Figuur 7. Plaatsgebonden risicocontouren 10^{-8} en 10^{-9} per jaar vaarweg Oude Maas

3.3 Risico ligplaats door aanvaring

Een deel van de risico's van de vaarweg wordt gevormd door het risico van aanvaring van gemeerd liggende schepen. Bij een bezettingsgraad van 100% van de tijd en de afmeerlengte van 260 meter kan de frequentie op een aanvaring van een gemeerd liggend tankschip met gevaarlijke stoffen worden berekend als:

$$P = F_{\text{zwaar}} * f_{\text{gemeerd}} * 0.5 * f_{\text{schade}_{\text{gemeerd}}} * L * f_{Lz} * I$$

waarin:

P	Frequentie zware scheepsschade door aanvaring [/jr]
F_{zwaar}	Frequentie van zware scheepsschade op dit vaarwegdeel: $9.1 \cdot 10^{-7}$ /vtg.km [2]
f_{gemeerd}	Aandeel van ongevallen met gemeerde schepen in het totaal van de ongevallen = 0.35 (Het aandeel van ongevallen met gemeerde schepen is plaatsafhankelijk, ongeveer variërend tussen 10 en 50% [3].)
0.5	Correctie voor ongevallen aan één van beide oevers
$f_{\text{schade}_{\text{gemeerd}}}$	Kans op schade aan het gemeerd liggende schip = 0.75
L	Afmeerlengte van de ligplaats: 0.26 km

f_{Lz} Fractie van de lengte die ladingzone is = 0.7
 I Verkeersintensiteit beroepsvaart: 92822 vtg/jr [1]

Dit resulteert in een frequentie op een zware scheepsschade door aanvaring van $2.02 \cdot 10^{-3}$ per jaar wanneer de ligplaats 100% van de tijd over de gehele afmeerlengte bezet zou zijn.

De samenstelling van het vervoer in tankschepen is te ontlennen aan de Regeling Basisnet [5]. Tabel 11 toont de samenstelling.

Stofcategorie	Aantal	Aandeel
LF2	13958	0.53
LF1	9882	0.38
LT1	146	0.01
GF3	2135	0.08
GT3	196	0.01

Tabel 11. Vervoerssamenstelling tankvaart [5]

Omdat het ook transportrisico's zijn, zijn deze berekend met RBM II op basis van het aandeel van de stofcategorieën uit Tabel 1, de frequentie op een zware scheepsschade aan een gemeerd liggend schip en het aandeel tankvaart met voor de externe veiligheid relevante stoffen. Het plaatsgebonden risico van de ligplaats ten gevolge van aanvaringen ligt op de oever ter hoogte van de Buitenwalevest in de orde van 10^{-9} per jaar d.w.z. ca. 10% van het risico van de vaarweg, zie figuur 8.

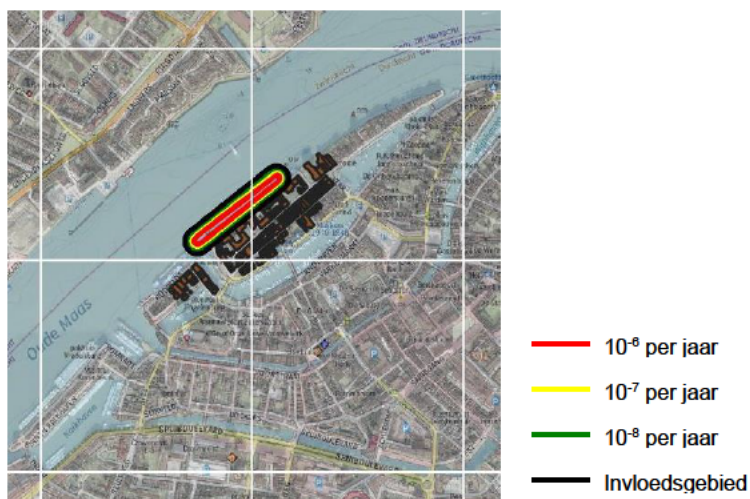


Figuur 8. Plaatsgebonden risicocontour 10^{-9} per jaar aanvaringsrisico ligplaats Buitenwalevest, 100% bezet

3.4 Risico's ligplaats door intrinsiek falen

3.4.1 Afmeren gastankers met brandbaar gas (1 kegel)

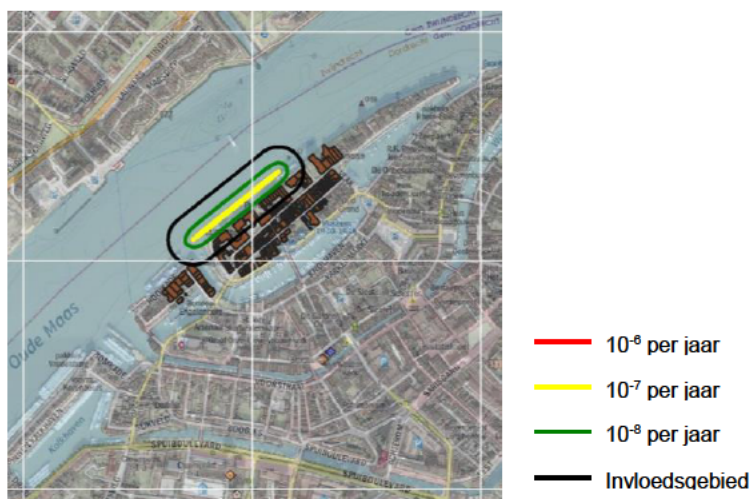
Figuur 9 toont met de uitgangspunten van hoofdstuk 2 de berekende plaatsgebonden risico contouren 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} en het invloedsgebied. Van een groepsrisico is geen sprake.



Figuur 9. Indicatie plaatsgebonden risico gastanker brandbaar gas, 100% bezetting, 2 schepen achter elkaar (grid 500 m)

3.4.2 Afmeren gastankers met toxisch gas (2 kegels)

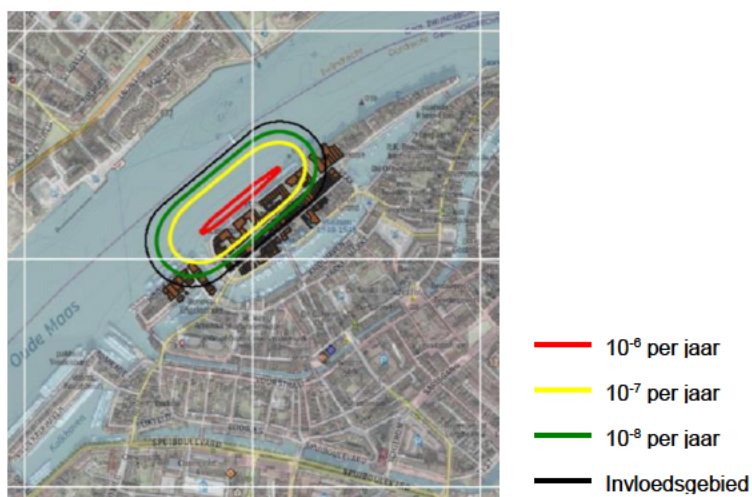
Met dezelfde uitgangspunten is de berekening uitgevoerd voor een toxisch gas met ammoniak als voorbeeldstof, zie figuur 10. Van een groepsrisico is geen sprake.



Figuur 10. Indicatie plaatsgebonden risico gastanker toxisch gas, 100% bezetting, 2 schepen achter elkaar (grid 500 m)

3.4.3 Afmeren containerschip met brandbaar gas (1 kegel)

Figuur 9Figuur 11 toont met de uitgangspunten van hoofdstuk 2 de berekende plaatsgebonden risico contouren 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} en het invloedsgebied. Van een groepsrisico is geen sprake.

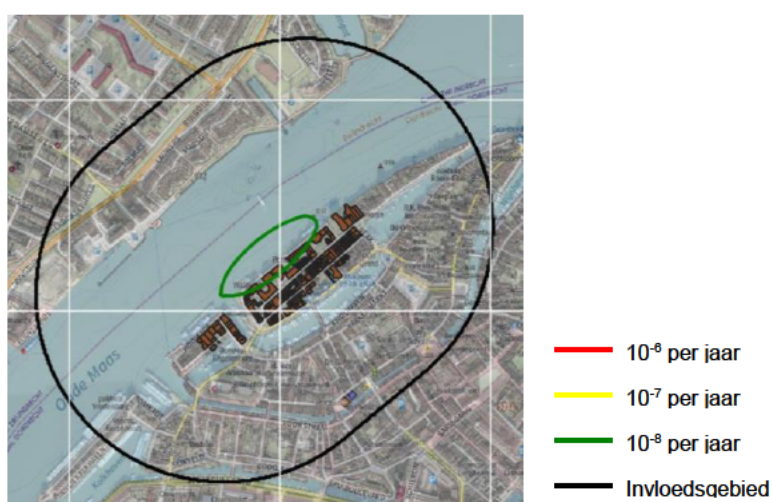


Figuur 11. Indicatie plaatsgebonden risico containerschip brandbaar gas, 100% bezetting, 2 schepen achter elkaar met elk 8 containers (grid 500 m)

Het plaatsgebonden risico ter plaatse van het schip is $7.6 \cdot 10^{-7}$ per jaar. In de berekening is verondersteld is dat 8 containers met brandbaar gas geladen zijn, verdeeld over de lengte van het schip. Met ca. 12 containers aan boord ligt de 10^{-6} -contour op de oever.

3.4.4 Afmeren containerschip met toxisch gas (2 kegels)

Met dezelfde uitgangspunten is de berekening uitgevoerd voor een toxisch gas met ammoniak als voorbeeldstof, zie figuur 12. Van een groepsrisico is geen sprake.



Figuur 12. Indicatie plaatsgebonden risico containerschip toxisch gas, 100% bezetting, 2 schepen achter elkaar met elk 1 container (grid 500 m)

Het plaatsgebonden risico ter plaatse van het schip is $4.9 \cdot 10^{-8}$ per jaar. In de berekening is verondersteld is dat 1 container met toxisch gas geladen is. Met ca. 25 containers aan boord ligt de 10^{-6} -contour op de oever.

Invloedsgebieden toxische vloeistoffen

Figuur 13 toont de invloedsgebieden voor een verdampende plas van 10 m² voor drie verschillende stofcategorieën. Het verschil tussen LT1 en LT2 is beperkt. Daar gaat het om enkel tientallen meters. Vloeistoffen in de categorie LT3 en LT4 hebben invloedsgebieden groter dan 1 km.



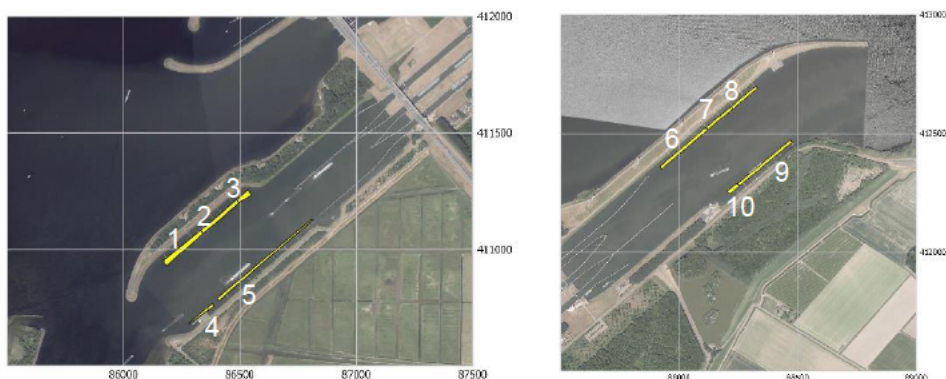
Figuur 13. Indicatie invloedsgebieden toxische vloeistoffen, van links naar rechts LT3, LT2 en LT1

3.5 Resumé voor de externe veiligheid ligplaats Buitenwalevest

1. Het afmeren van kegelschepen op de ligplaatsen langs de Buitenwalevest is onder de huidige regelgeving niet (zonder ontheffing van de bevoegde autoriteit) mogelijk vanwege de ADN afstanden tot woongebieden.
2. Wanneer op de ligplaats Buitenwalevest seinvloerende schepen met gevaarlijke stoffen zijn afgemeerd, is het risico voor de externe veiligheid opgebouwd uit drie bijdragen:
 - a) schade aan schip en ladingtank/verpakking door aanvaring
 - b) Intrinsiek falen van de verpakking en
 - c) Kort afblazen van de drukveiligheid van een ladingtank met een toxische stof
3. Het risico van het vrijkomen van gevaarlijke stoffen uit schepen op de ligplaats door aanvaring is een fractie van de risico's van het doorgaande verkeer, in de orde van 10%. Het plaatsgebonden risico op de oever is kleiner dan 10^{-6} per jaar en wordt meeberekend en beoordeeld bij de risico's van de vaarweg zelf.
4. Het plaatsgebonden risico op de oever door andere oorzaken dan aanvaring van een gastanker met één stofcategorie is kleiner dan 10^{-6} per jaar. Van een groepsrisico is geen sprake.
5. Het plaatsgebonden risico op de oever door een containerschip met één stofcategorie is kleiner dan 10^{-6} per jaar. Van een groepsrisico is geen sprake.
6. Het brandaandachtsgebied en explosieaandachtsgebied liggen tussen 0 en 100 m van de afmeerlocatie. Het gifwolkaandachtsgebied beslaat meerdere honderden meters afhankelijk van de aanwezige stofcategorieën, zie tabel 4.

4 Voorhavens Volkeraksluizen

4.1 Huidige situatie



Figuur 14. Ligplaatsen voorhavens Volkerak zuid (links) en noord (rechts)

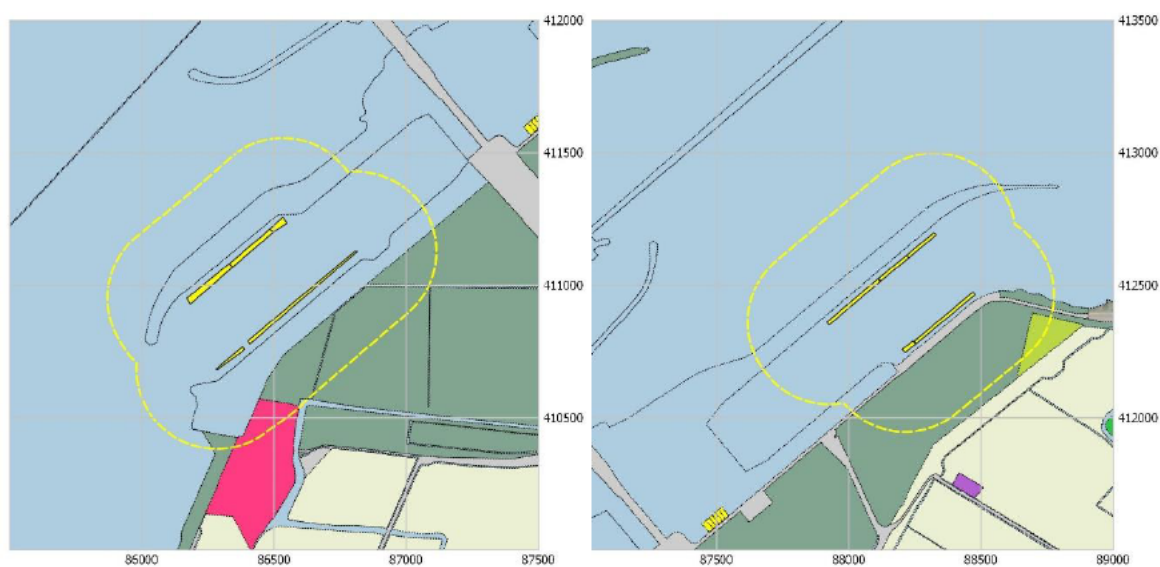
Figuur 14 toont de huidige indeling van de ligplaatsen. De afmetingen van de ligplaatsen zijn gegeven in tabel 12. De huidige kegelplaatsen zijn in de tabel genoemd. De breedte van de ligplaatsen is praktisch gezien beperkt tot 1 schip.

Nummer	Naam	lengte	breedte	kegels
1	Volkeraksluizen, kegelplaats (2)	210	23	2
2	Volkeraksluizen, kegelplaats (1)	200	12	1
3	Volkeraksluizen, ligplaats (1)	60	23	0
4	Volkeraksluizen, loswal links	135	12	0
5	Volkeraksluizen, ligplaats (2)	530	12	0
6	noordervoorhaven Volkeraksluizen 3	250	12	0
7	noordervoorhaven Volkeraksluizen 2	135	12	1
8	Volkeraksluizen, kegelplaats (3)	135	12	2
9	noordervoorhaven Volkeraksluizen 4	300	12	0
10	noordervoorhaven Volkeraksluizen 5	50	20	0

Tabel 12. Afmetingen ligplaatsen voorhavens Volkeraksluizen

4.1.1 ADN 7.1.5.4.3 en 7.2.5.4.3

Het ADN schrijft afstanden voor tot woongebieden, kunstwerken en tankopslagplaatsen. Het gaat om afstanden van 100 of 300 m. Binnen deze afstanden zijn geen kunstwerken en tankopslagplaatsen of woongebieden aanwezig, zoals figuur 15 laat zien.



Figuur 15. Voorhavens Volkerak, ligplaatsen en afstandsbuffer 300 m

4.1.2 Realisatie bezettingsgraad

Met behulp van het BLIS⁵ bestand 2018 is een indruk verkregen van de bezettingsgraad. In dit bestand is per uur per steiger het bezette oppervlak van de ligplaats geregistreerd en het aandeel kegelschepen daarin. Uitgaand van een standaard scheepsafmeting (lengte 135 m) is een gemiddelde bezettingsgraad over de afmeerlengte geschat, zie tabel 13.

Ligplaats	F_bezet	F_bezet_kegel	Frac_kegel
Volkeraksluizen, kegelplaats (1)	47.6%	21.4%	45.0%
Volkeraksluizen, kegelplaats (2)	36.2%	28.4%	78.4%
Volkeraksluizen, kegelplaats (3)	72.3%	60.4%	83.4%
Volkeraksluizen, ligplaats (1)	30.7%	1.6%	5.3%
Volkeraksluizen, ligplaats (2)	69.1%	7.7%	11.1%
Volkeraksluizen, loswal links	11.0%	0.8%	7.5%

Tabel 13. Bezetting steigers 2018

4.1.3 Resumerend

Het gebruik van de ligplaatsen in de voorhavens van de Volkeraksluizen wordt niet beperkt door de afstanden die het ADN en BPR voorschrijven. De afstand tot kunstwerken, tankopslagplaatsen en woongebieden is groter dan 300 m en de afmeerlengte is voldoende om in de langsrichting tussen schepen 10 dan wel 50 m afstand te houden.

⁵ BLIS is het Binnenvaart Ligplaats Informatie Systeem van Rijkswaterstaat

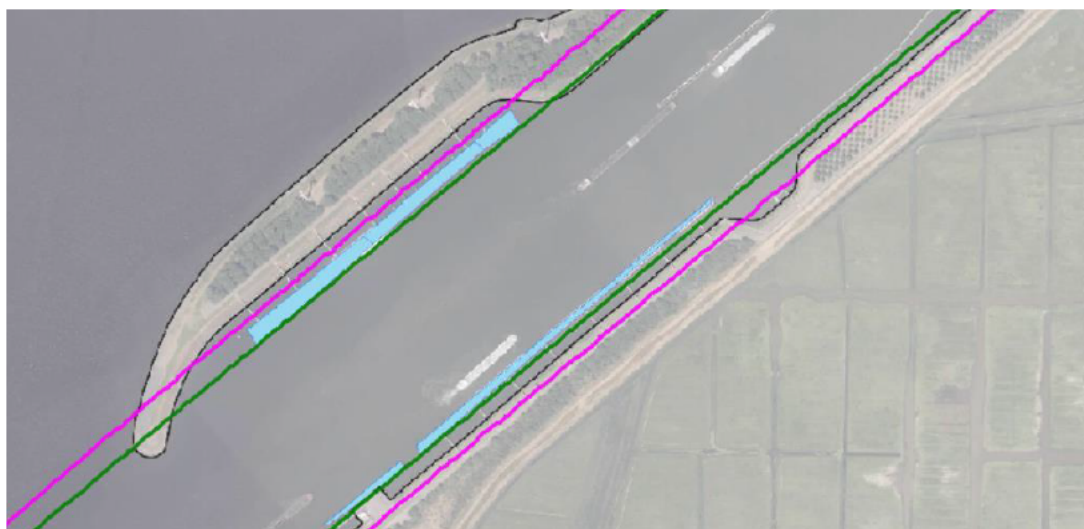
4.2 Risico's van de vaarweg

Onder de aanname dat de samenstelling van de afgemeerde schepen dezelfde is als die van de langsvarende vervoersstroom is de samenstelling van de tankvaart te ontleen aan de Regeling Basisnet [5]. Tabel 14 toont de samenstelling.

Stofcategorie	Aantal	Aandeel
LF2	5612	0.34
LF1	7191	0.43
LT1	90	0.01
GF3	3735	0.22
GT3	41	0.01

Tabel 14. Vervoerssamenstelling tankvaart [5]

De risico's van het transport van gevaarlijke stoffen over de vaarweg zijn berekend met RBM II op basis van de vervoersstroom van tabel 14. Het plaatsgebonden risico op de oever ter hoogte van de Zuidervoorhaven is 10^{-9} per jaar. Figuur 16 geeft de contouren weer voor 10^{-8} en 10^{-9} per jaar.



Figuur 16. Plaatsgebonden risicocontouren 10^{-8} en 10^{-9} per jaar vaarweg Zuidervoorhaven Volkeraksluis

4.3 Risico ligplaats door aanvaring

Een deel van de risico's van de vaarweg wordt gevormd door het risico van aanvaring van gemeerd liggende schepen. Omdat het ook transportrisico's zijn, zijn deze berekend met RBM II op basis van het aandeel van de stofcategorieën uit tabel 14, de frequentie van een zware scheepsschade aan een gemeerd liggend schip en het aandeel tankvaart met voor de externe veiligheid relevante stoffen. Het plaatsgebonden risico van de ligplaats ten gevolge van aanvaringen ligt op de oever ter hoogte van de Zuidervoorhaven in de orde van 10^{-9} per jaar d.w.z. ca. 10% van het risico van de vaarweg, zie figuur 17.



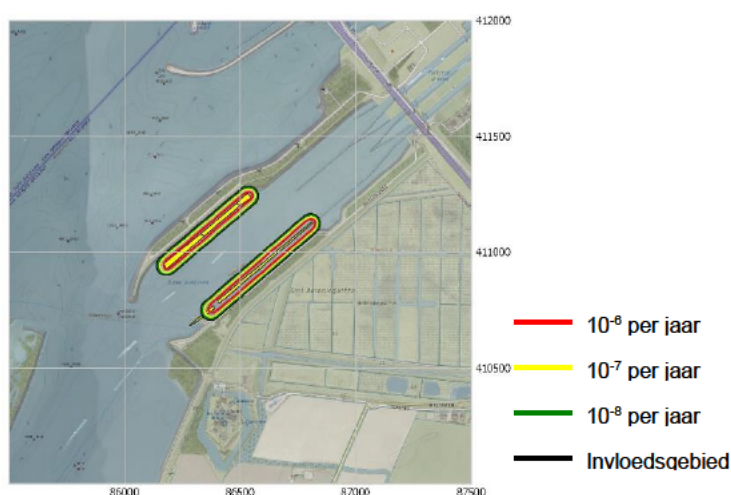
Figuur 17. Plaatsgebonden risicocontour 10^{-9} per jaar aanvaringsrisico ligplaats Zuidervoorhaven oostzijde Volkeraksluizen, 100% bezet

4.4 Risico's ligplaats door intrinsiek falen

Hiervoor geldt dezelfde beschouwing als hierboven onder paragraaf 3.4. Deze is hieronder uitgewerkt voor de zuidelijke voorhaven, maar geldt evenzeer voor de noordelijke voorhaven. Het gaat hierbij om een verkenning van de consequenties van de theoretische situatie dat op de ligplaatsen 100% van de tijd kegelschepen liggen.

4.4.1 Afmeren gastankers met brandbaar gas (1 kegel)

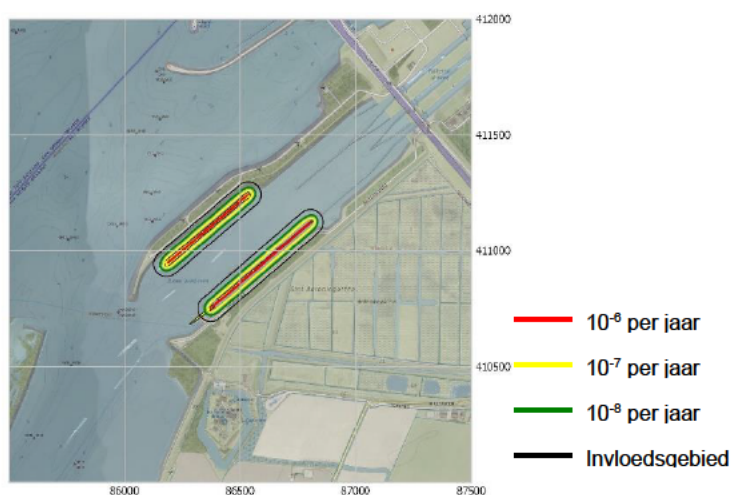
Figuur 9Figuur 18 toont met de uitgangspunten van hoofdstuk 2 de berekende plaatsgebonden risico contouren 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} en het invloedsgebied. Van een groepsrisico is geen sprake.



Figuur 18. Indicatie plaatsgebonden risico gastanker brandbaar gas, 100% bezetting (grid 500 m)

4.4.2 Afmeren gastankers met toxisch gas (2 kegels)

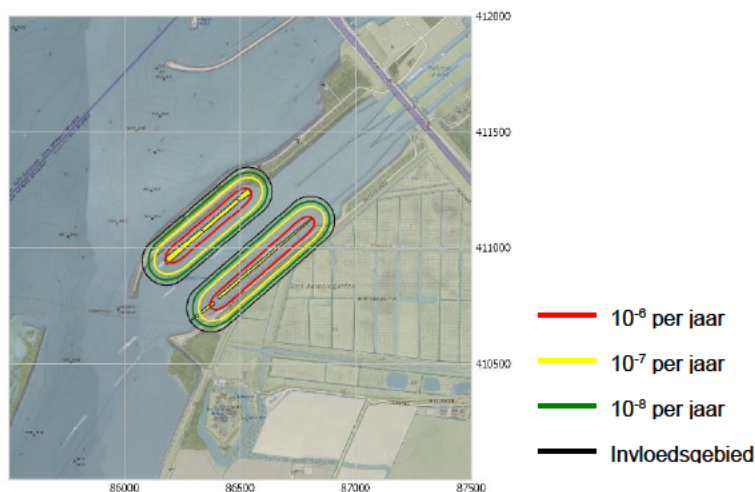
Figuur 19 toont met de uitgangspunten van hoofdstuk 2 de berekende plaatsgebonden risico contouren 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} en het invloedsgebied. Van een groepsrisico is geen sprake.



Figuur 19. Indicatie plaatsgebonden risico gastanker toxisch gas, 100% bezetting (grid 500 m)

4.4.3 Afmeren containerschip met brandbaar gas (1 kegel)

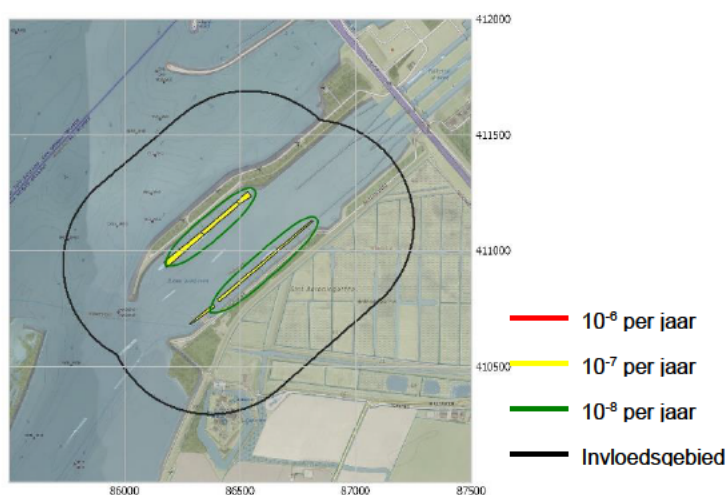
Figuur 20 toont met de uitgangspunten van hoofdstuk 2 de berekende plaatsgebonden risico contouren 10^{-6} , 10^{-7} , 10^{-8} en het invloedsgebied. Van een groepsrisico is geen sprake.



Figuur 20.. Indicatie plaatsgebonden risico containerschip brandbaar gas, 8 containers geladen, 100% bezetting (grid 500 m)

4.4.4 Afmeren containerschip met toxisch gas (2 kegels)

Figuur 20 toont met de uitgangspunten van hoofdstuk 2 de berekende plaatsgebonden risico contouren 10^{-8} en het invloedsgebied. Van een groepsrisico is geen sprake.



Figuur 21. Indicatie plaatsgebonden risico containerschip toxisch gas, 1 container geladen, 100% bezetting (grid 500 m)

4.5 Resumé voor de externe veiligheid ligplaatsen voorhavens Volkeraksluizen

1. Het gebruik van de ligplaatsen in de voorhavens van de Volkeraksluizen wordt niet beperkt door de afstanden die het ADN en BPR voorschrijven. De afstand tot kunstwerken, tankopslagplaatsen en woongebieden is groter dan 300 m en de lengte is voldoende om tussen schepen 10 dan wel 50 m afstand te houden.
2. Wanneer op de ligplaatsen in de voorhavens seinvloerende schepen met gevaarlijke stoffen zijn afgemeerd, is het risico voor de externe veiligheid opgebouwd uit drie bijdragen:
 - a) schade aan schip en ladingtank/verpakking door aanvaring
 - b) Intrinsiek falen van de verpakking en
 - c) Kort afblazen van de drukveiligheid van een ladingtank met een toxische stof
3. Het risico van het vrijkomen van gevaarlijke stoffen uit schepen op de ligplaatsen door aanvaring is een fractie van de risico's van het doorgaande verkeer, in de orde van 10%. Het plaatsgebonden risico op de oever is kleiner dan 10^{-6} per jaar en wordt meeberekend en beoordeeld bij de risico's van de vaarweg zelf.
4. Het plaatsgebonden risico op de oever door andere oorzaken dan aanvaring van een gastanker met één stofcategorie is kleiner dan 10^{-6} per jaar. Van een groepsrisico is geen sprake.
5. Het plaatsgebonden risico op de oever door een containerschip met één stofcategorie is kleiner dan 10^{-6} per jaar. Van een groepsrisico is geen sprake.
6. Het brandaandachtsgebied en explosieaandachtsgebied liggen tussen 0 en 100 m van de afmeerlocatie. Het gifwolkaandachtsgebied beslaat meerdere honderden meters afhankelijk van de aanwezige stofcategorieën, zie tabel 4.

5 Overnachtingshaven IJzendoorn

5.1 Huidige situatie



Figuur 22. Indeling vluchthaven IJzendoorn

Figuur 22 toont de huidige indeling van de vluchthaven IJzendoorn. De afmetingen van de ligplaatsen zijn gegeven in tabel 15. De nummering van de steigers is van links naar rechts. De meest westelijke steiger is de autosteiger. Schepen met 1 kegel zijn toegestaan op de servicesteiger (S) en de kegelsteiger (K). Gezien de breedte van de ligplaatsen kunnen twee schepen naast elkaar afmeren behalve op de servicesteiger en de palen.

Naam	lengte	breedte	kegels
IJzendoorn servicesteiger1	110	15	1
IJzendoorn kegelsteiger1	110	40	1
IJzendoorn palen1	400	23	0
IJzendoorn steiger2, links	135	40	0
IJzendoorn steiger2, rechts	135	35	0
IJzendoorn steiger3, links	135	40	0
IJzendoorn steiger3, rechts	135	40	0
IJzendoorn steiger4, links	135	40	0
IJzendoorn steiger4, rechts	135	40	0
IJzendoorn steiger5, links	135	40	0
IJzendoorn steiger5, rechts	135	35	0

Tabel 15. Afmetingen ligplaatsen IJzendoorn

Tabel 16 toont de mogelijkheden en beperkingen die het Binnenvaartpolitiereglement biedt voor deze locatie voor het afmeren van twee of meer schepen. Schepen met 2 kegels kunnen niet naast elkaar afmeren, schepen met één kegel kunnen naast elkaar en naast schepen met een cvo.

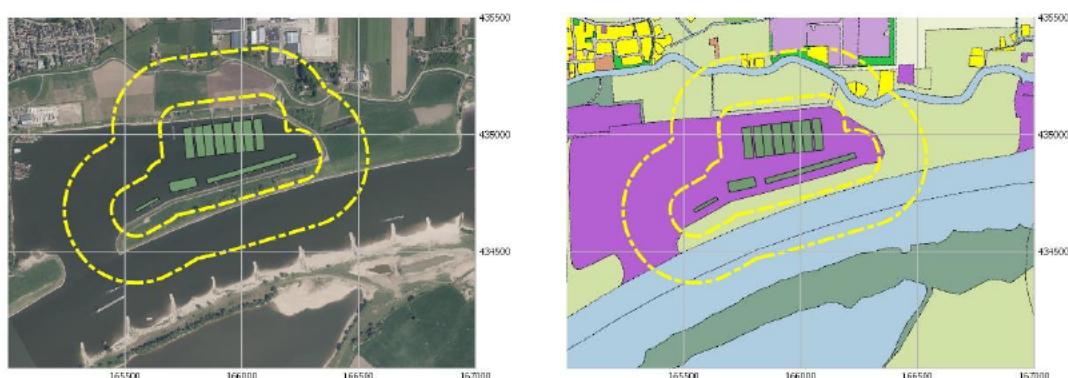
Type binnenschip	Schip zonder cvo	Schip met cvo	Schip met 1 kegel	Schip met 2 kegels
Schip zonder cvo	✓	✓	1)	2)
Schip met cvo	✓	✓	✓	2)
Schip met 1 kegel	1)	✓	✓	2)
Schip met 2 kegels	2)	2)	2)	2)

Tabel 16. IJzendoorn: afmeermogelijkheden en –beperkingen conform BPR 7.07 voor twee schepen

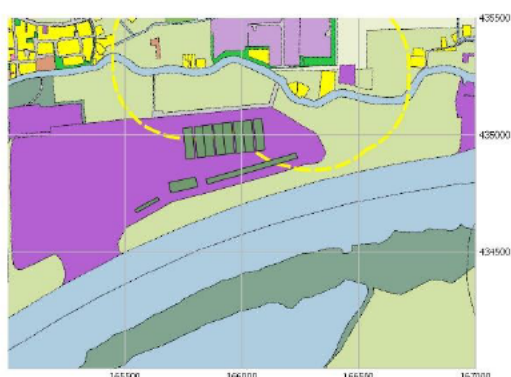
- 1) 10 m afstand vereist, praktisch gezien dus niet aan dezelfde steiger
- 2) 50 m afstand vereist, praktisch gezien dus 1 steiger ertussen leeg laten

5.1.1 ADN 7.1.5.4.3 en 7.2.5.4.3

Het ADN schrijft afstanden voor tot woongebieden, kunstwerken en tankopslagplaatsen. Het gaat om afstanden van 100 of 300 m. Binnen deze afstanden zijn geen kunstwerken en tankopslagplaatsen aanwezig. Woongebieden echter wel, zoals figuur 23 met rechts de bestemmingsplankaart laat zien⁶.



Figuur 23. IJendoorn, ligplaatsen en afstanden van 100 m respectievelijk 300 m



Figuur 24. IJendoorn, 300 m buffer vanaf bestemming wonen

Figuur 24 toont een afstandsbuffer van 300 m rond de gebieden die in het bestemmingsplan zijn aangeduid met de bestemming wonen. De in het ADN aangegeven afstanden maken het afmeren voor schepen met twee kegels alleen mogelijk op de servicesteiger en de kegelsteiger, vanwege de nabijheid van woongebieden.

⁶ N.B het gaat hier weer om een theoretische exercitie om te verkennen wat de consequenties zouden kunnen zijn van kegelschepen op alle ligplaatsen.

Type binnenschip	Toegestaan?
Schip zonder cvo	✓
Schip met cvo	✓
Schip met 1 kegel	✓
Schip met 2 kegels	✓/X

Tabel 17. IJzendoorn: afmeermogelijkheden en –beperkingen conform ADN 7.1.5.4.3 en 7.2.5.4.3

5.1.2 Realisatie bezettingsgraad

Met behulp van het BLIS bestand 2018 is een indruk verkregen van de bezettingsgraad. In dit bestand is per uur per steiger het bezette oppervlak van de ligplaats geregistreerd en het aandeel kegelschepen daarin. Uitgaand van een standaard scheepsafmeting (lengte 135 m) is een gemiddelde bezettingsgraad over de afmeerlengte geschat, zie tabel 18.

Ligplaats	F_bezet	F_bezet_kegel	Frac_kegel
IJzendoorn Kegelsteiger1	40.2%	30.6%	76.1%
IJzendoorn Palen1	54.2%	8.1%	14.9%
IJzendoorn Servicesteiger1	12.1%	8.5%	69.9%
IJzendoorn Steiger2, links	75.4%	6.2%	8.2%
IJzendoorn Steiger2, rechts	74.8%	7.7%	10.2%
IJzendoorn Steiger3, links	75.4%	16.1%	21.4%
IJzendoorn Steiger3, rechts	68.0%	5.9%	8.7%
IJzendoorn Steiger4, links	71.3%	10.4%	14.6%
IJzendoorn Steiger4, rechts	73.9%	6.5%	8.8%
IJzendoorn Steiger5, links	73.3%	10.4%	14.2%
IJzendoorn Steiger5, rechts	72.6%	7.9%	10.9%
Totaal	59.3%	10.0%	16.9%

Tabel 18. Bezetting steigers 2018

Tabel 18 laat zien dat aan de kegelsteiger en de servicesteiger ca. 70% van de schepen een kegelschip is. Op de andere steigers gaat het bij uitzondering om een kegelschip (ca. 10% van de gevallen).

5.1.3 Resumerend

Afmeren van schepen met zowel 1 als 2 kegels aan de noordelijke steigers in de overnachtingshaven IJzendoorn zou afmeerbeperingen betekenen voor naastgelegen steigers. Het afmeren van schepen met 2 kegels op de ligplaatsen in de overnachtingshaven IJzendoorn is niet (zonder ontheffing van de bevoegde autoriteit) mogelijk vanwege de nu geldende ADN afstanden tot woongebieden.

5.2 Risico's van afgemeerde schepen met gevaarlijke stoffen

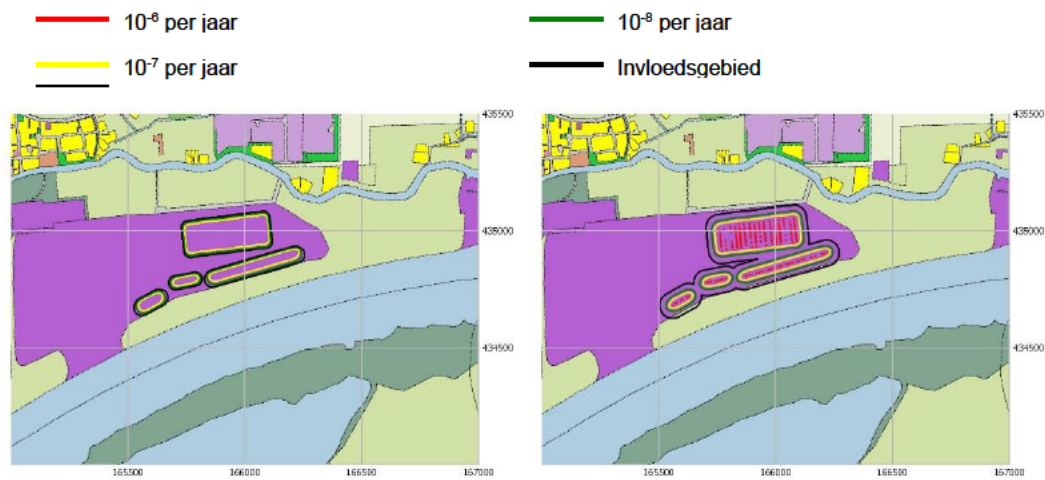
De overnachtingshaven is afgeschermd van de hoofdvaarweg. Dit betekent dat aanvaring als oorzaak van het vrijkomen van gevaarlijke stoffen uit een ladingtank of container niet aan de orde is. Alleen het falen door andere oorzaken wordt beschouwd.

Om de grenzen van de benadering in dit rapport te verkennen is het theoretische geval onderzocht dat alle ligplaatsen bezet zouden zijn met seinvloerende schepen.

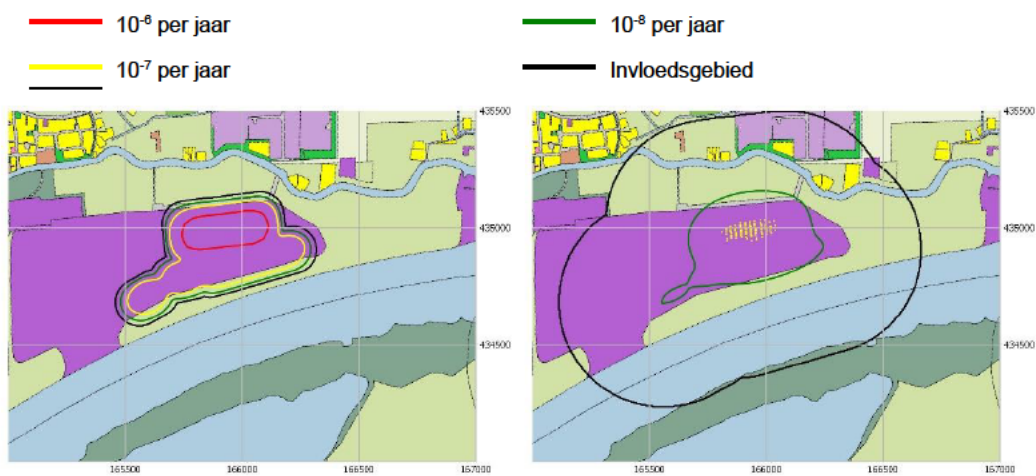
Figuur 25 en figuur 26 tonen de contouren voor het plaatsgebonden risico 10^{-6} per jaar voor 100% bezetting met gastankers dan wel containerschepen met respectievelijk 1 of 2 kegels. In geen van de gevallen is sprake van een groepsrisico.

Wanneer, zoals in dit geval, meer schepen direct naast elkaar afmeren overlappen de risicocontouren en effectgebieden van de schepen. Dit betekent dat niet volstaan kan worden met de beschouwing van één enkel afgemeerd schip, maar dat ook rekening moet worden gehouden met configuraties met meer schepen naast elkaar.

Dit wordt in het hoofdstuk hierna uitgewerkt voor een generieke locatie.



Figuur 25. Plaatsgebonden risico gastankers 1 kegel (links) en 2 kegels (rechts)



Figuur 26. Plaatsgebonden risico containerschip 1 kegel (links) en 2 kegels (rechts)

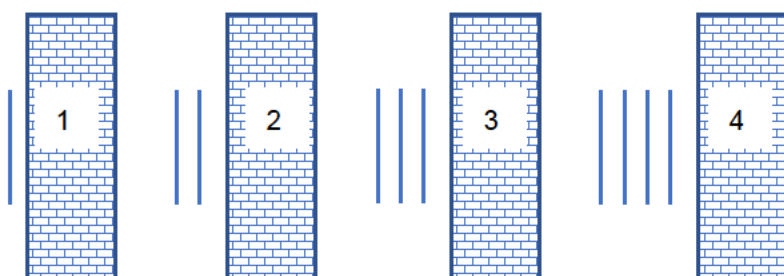
5.3 Resumé voor de externe veiligheid ligplaatsen overnachtingshaven IJzendoorn

1. Conform de huidige regels zou afmeren van schepen met zowel 1 als 2 kegels aan de noordelijke steigers in de overnachtingshaven IJzendoorn afmeerbepkeringen betekenen voor naastgelegen steigers. Het afmeren van schepen met 2 kegels op de ligplaatsen in de overnachtingshaven IJzendoorn is niet (zonder ontheffing van de bevoegde autoriteit) mogelijk vanwege de ADN afstanden tot woongebieden.
2. Wanneer op de ligplaatsen in de overnachtingshaven seinvoerende schepen met gevaarlijke stoffen zijn afgemeerd, is het risico voor de externe veiligheid opgebouwd uit twee bijdragen:
 - a) Intrinsiek falen van de verpakking en
 - b) Kort afblazen van de drukveiligheid van een ladingtank met een toxische stof
3. Het plaatsgebonden risico op de oever door andere oorzaken dan aanvaring van een gastanker met één stofcategorie is kleiner dan 10^{-6} per jaar. Van een groepsrisico is geen sprake.
4. Het plaatsgebonden risico op de oever door een containerschip met één stofcategorie is kleiner dan 10^{-6} per jaar. Van een groepsrisico is geen sprake.
5. Het brandaandachtsgebied en explosieaandachtsgebied liggen tussen 0 en 100 m van de afmeerlocatie. Het gifwolkaandachtsgebied beslaat meerdere honderden meters afhankelijk van de aanwezige stofcategorieën, zie tabel 4.

6 Generieke locatie

De hierboven opgebouwde beschouwing is te generaliseren naar een ligplaats in het algemeen. Hiervoor zijn ook configuraties met naast elkaar afgemeerde schepen in beschouwing genomen. Figuur 27 toont de onderzochte configuraties met afgemeerde schepen naast elkaar. Gezien de gebruikelijke aantallen zijn ten hoogste 4 kegelschepen naast elkaar verondersteld. Bebouwing is op een variabele afstand verondersteld dwars op de lengterichting van het schip. Dit is een conservatief uitgangspunt.

Voor de generieke berekeningen gaan we ervan uit dat op de locatie scenario's met lekragen van een ladingtank door aanvaring niet mogelijk zijn of een verwaarloosbare kans van optreden hebben. Zoals in paragraaf 2.2 hierboven toegelicht beperkt de volgende beschouwing zich tot gastankers en containerschepen. Vloeistoftankers leveren geen significante bijdrage aan het risico van afmeerlocaties.



Figuur 27. Configuraties, afmeerlocaties (1-4) en bebouwing

6.1 Gastanker, 1 kegel

Afhankelijk van de bezetting van ligplaats 1 t/m 4 (zie figuur 27) is de indicatieve ligging van de 10^{-6} -contour weergegeven in tabel 19.

1	2	3	4	10^{-6} -contour (m) ¹⁾
j	n	n	n	0
j	j	n	n	0
j	j	j	n	5
j	j	j	j	10

Tabel 19. Indicatie 10^{-6} -contour gastanker, 1 kegel (j=bezet, n=onbezet)

¹⁾ afstand gemeten vanaf het eerste schip vanaf de bebouwing

Het brandaandachtsgebied bedraagt 30 meter vanaf het schip, het explosieaandachtsgebied 45 m. Van een groepsrisico is geen sprake. Bij aanwezigheid van mensen in bebouwing dan

wel in de open lucht kan de omgevingsveiligheid in principe een beperkende rol spelen. Welke dat is hangt af van het beleid dat de gemeente in zijn omgevingsvisie en -plan uitwerkt.

6.2 Gastanker, 2 kegels

Afhankelijk van de bezetting van ligplaats 1 t/m 4 (zie figuur 27) is de indicatieve ligging van de 10^{-6} -contour weergegeven in tabel 20.

1	2	3	4	10^{-6} -contour (m)
j	n	n	n	0
j	j	n	n	5
j	j	j	n	12
j	j	j	j	16

Tabel 20. Indicatie 10^{-6} -contour gastanker, 2 kegels

¹⁾ afstand gemeten vanaf het eerste schip vanaf de bebouwing

Het gifwolkaandachtsgebied bedraagt 50 meter vanaf het schip. Van een groepsrisico is geen sprake. Bij aanwezigheid van mensen in bebouwing dan wel in de open lucht kan de omgevingsveiligheid in principe een beperkende rol spelen. Welke dat is hangt af van het beleid dat de gemeente in zijn omgevingsvisie en -plan uitwerkt.

6.3 Containerschip, 1 kegel

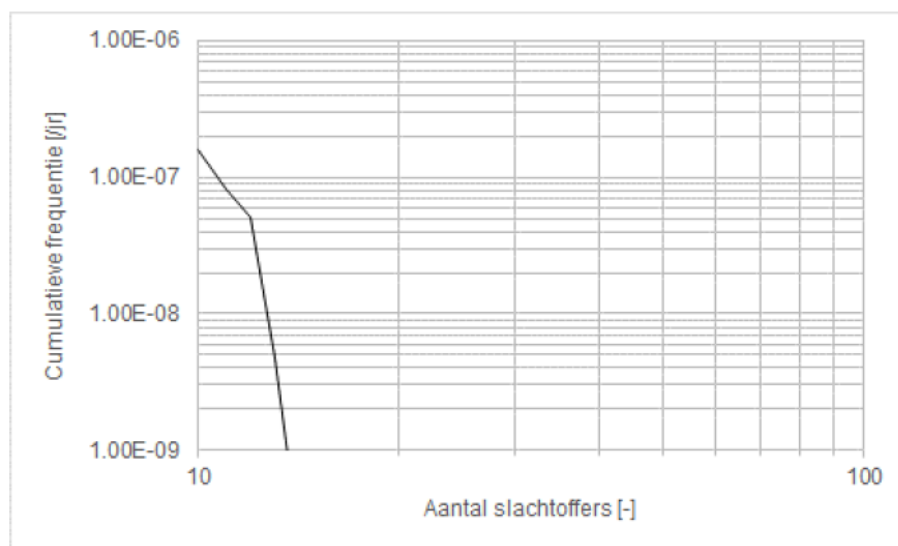
Afhankelijk van de bezetting van ligplaats 1 t/m 4 (zie figuur 27) is de indicatieve ligging van de 10^{-6} -contour weergegeven in tabel 21.

1	2	3	4	10^{-6} -contour (m)
j	n	n	n	0
j	j	n	n	40
j	j	j	n	53
j	j	j	j	59

Tabel 21. Indicatie 10^{-6} -contour containerschip, 1 kegel

¹⁾ afstand gemeten vanaf het eerste schip vanaf de bebouwing

Het brandaandachtsgebied bedraagt 100 meter vanaf het schip, het explosieaandachtsgebied 45 m. Het groepsrisico bij 100% bezetting van alle 4 ligplaatsen en een bebouwingsdichtheid van 100/ha vanaf 20 m van het schip bedraagt minder dan 2% van de oriëntatiewaarde, zie figuur 28.



Figuur 28. Indicatie groepsrisico 4 containerschepen, 1 kegel, naast elkaar, dichtheid 100/ha

Bij aanwezigheid van mensen in bebouwing dan wel in de open lucht kan het groepsrisico in principe een beperkende rol spelen. Welke dat is hangt af van het beleid dat de gemeente in zijn omgevingsvisie en -plan uitwerkt.

6.4 Containerschip, 2 kegels

Bij elke mogelijke bezetting van ligplaats 1 t/m 4 (zie figuur 27) is het plaatsgebonden risico kleiner dan 10^{-6} per jaar, zie tabel 22.

1	2	3	4	10^{-6} -contour (m)
j	n	n	n	0
j	j	n	n	0
j	j	j	n	0
j	j	j	j	0

Tabel 22. Indicatie 10^{-6} -contour containerschip, 2 kegels

¹⁾ afstand gemeten vanaf het eerste schip vanaf de bebouwing

Het gifwolkaandachtsgebied bedraagt 575 meter vanaf het schip (zie tabel 4). Van een groepsrisico is geen sprake. Bij aanwezigheid van mensen in bebouwing dan wel in de open lucht kan de omgevingsveiligheid in principe een beperkende rol spelen. Welke dat is hangt af van het beleid dat de gemeente in zijn omgevingsvisie en -plan uitwerkt.

6.5 Resumé generieke locatie

Tabel 23 vat de voorgaande resultaten samen. Zoals al aangegeven beperkt de tabel zich tot containerschepen en gastankers. Vloeistoftankers dragen niet significant bij aan het risico van een afmeerlocatie gescheiden van de hoofdvaarweg.

Type schip	Kegels	Configuratie	PRmax	Groepsrisico (100/ha) t.o.v. OW	Aantal containers voor PR=10 ⁻⁶
Gastanker	1	1	5 ^{E-7}	N<10	Nvt
		2	9 ^{E-7}	N<10	Nvt
		3	1.3 ^{E-6}	N<10	Nvt
		4	1.8 ^{E-6}	N<10	Nvt
Gastanker	2	1	6.4 ^{E-7}	N<10	Nvt
		2	1.3 ^{E-6}	N<10	Nvt
		3	1.9 ^{E-6}	N<10	Nvt
		4	2.5 ^{E-6}	N<10	Nvt
Containerschip	1	1	7.6 ^{E-7}	< 0.01	10
		2	1.5 ^{E-6}	< 0.01	5
		3	2.3 ^{E-6}	0.01	3
		4	3.1 ^{E-6}	0.02	3
Containerschip	2	1	4.9 ^{E-8}	N<10	20
		2	9.8 ^{E-8}	N<10	10
		3	1.5 ^{E-7}	N<10	7
		4	2 ^{E-7}	N<10	5

Tabel 23. Plaatsgebonden risico en groepsrisico ligplaatssituaties bij 100% bezetting

Toelichting

Type schip	Onderscheid in vervoer gevaarlijke stoffen in bulk (gastanker) en vervoer in verpakking (containerschip). Op de generieke locatie is verondersteld dat
------------	--

	aanvaarscenario's met LOC niet mogelijk dan wel zeer onwaarschijnlijk zijn. Alleen gastankers en tankcontainers met gassen onder druk zijn beschouwd. Atmosferische vloeistoffen verspreiden grotendeels binnen het schip en tussen de lading. Die lekkages leiden niet tot een extern veiligheidsrisico.
Kegels	1 kegel staat voor stof met brandbare eigenschappen, 2 kegels voor stof met toxische eigenschappen. Gebruikte voorbeeldstoffen zijn propaan en ammoniak.
Configuratie	1 tot 4 schepen naast elkaar, zoals weergegeven in figuur 27.
PRmax	Indicatie van het maximaal plaatsgebonden risico ter plaatse van het schip waarbij alle schepen op 1 locatie worden verondersteld.
Groepsrisico (100/ha) tov OW	Groepsrisico t.o.v. de oriëntatiewaarde, gebaseerd op een bevolkingsdichtheid in woongebieden van 100 personen per hectare vanaf een afstand van 20 m van het dichtstbijzijnde schip. Het hele invloedsgebied is met deze dichtheid gevuld.
Aantal containers voor PR=10 ⁻⁶	Aantal containers per schip waarbij het maximale plaatsgebonden risico gelijk is aan 10 ⁻⁶ . Vanaf deze waarde ontstaat mogelijk een plaatsgebonden risico groter dan de grenswaarde voor kwetsbare gebouwen in de omgeving.

Voor combinaties van verschillende scheepstypen en seinvoering naast elkaar is een eenvoudige spreadsheet toepassing beschikbaar (PR_som_test - LEAK_15.xlsm). Deze geeft het indicatieve plaatsgebonden risico als functie van de afstand voor een generieke locatie. Tabel 24 geeft de afhankelijkheid van het aantal containers voor 4 naast elkaar afgemeerde schepen.

	1-kegelschip	2-kegelschip
Aantal containers	Indicatieve 10 ⁻⁶ afstand (m)	
1	0	0
5	50	0
10	60	30
20	75	90
50	80	170
100	80	200

Tabel 24. Indicatie 10⁻⁶-afstanden afhankelijk van aantal containers, 4 schepen naast elkaar, 100% van de tijd

7 Conclusies

- 1 Voor direct langs de hoofdvaarweg gelegen ligplaatsen geldt dat het risico van het vrijkomen van gevaarlijke stoffen door aanvaring van een gemeerd liggend schip al wordt berekend en beoordeeld samen met het risico van de vaarweg zelf. Het plaatsgebonden risico van het transport van gevaarlijke stoffen over de binnenvaarwegen is op een enkele locatie na kleiner dan 10^{-6} per jaar. Gemiddeld bedraagt het aandeel van de gemeerd liggende tankschepen in het risico circa 10% van het risico van de vaarweg. Containerschepen dragen niet bij aan het risico van de vaarweg door aanvaringen of schadevaringen.
- 2 Voor vrijkomen door andere oorzaken dan aanvaring, ook wel aangeduid als intrinsiek falen, zijn in de handleidingen voor risicoberekening geen scenario's beschreven [1,4]. Wel geeft de handleiding risicoberekeningen Bevi scenario's voor transportmiddelen bij verblijf op het terrein van een inrichting en voor containers in een stack van een stuwadoorsbedrijf. Met in acht neming van de verschillen tussen deze situaties en een gemeerd liggend schip is een indicatie te geven voor de risico's voor de externe veiligheid van een ligplaats. Voor ligplaatsen die fysiek gescheiden zijn van de hoofdvaarweg spelen alleen deze andere oorzaken dan aanvaring.
- 3 Wanneer op ligplaatsen a) de vaarsnelheid van passerende vaart gering is (manoeuvrersnelheid) en b) de activiteiten op en nabij het gemeerd liggende schip geen "industriële intensiteit" hebben, d.w.z. geen reguliere hijs-, reparatie-, laswerkzaamheden e.d. in of over de ladingzone, zijn scenario's voor instantaan falen van ladingtank of verpakking of full bore ruptures van leidingen niet aannemelijk.
- 4 Lekkages van vloeistoffen zullen of gevangen blijven binnen de scheepsconstructie (chemicaliëntankers zijn dubbelwandig, vloeistofleidingen aan dek staan niet onder druk) of, in geval van geladen containers, afstromen tussen de lading, in het schip, naar het water op een zeer variabele wijze. Voor vloeistofcontainers met toxisch vloeistoffen worden daarom alleen de effecten beschouwd (gifvolkaandachtsgebied). Een kwantitatieve indicatie voor een frequentie van optreden is voor deze gevallen niet zinvol.
- 5 Een indicatie van het risico is in dat geval te geven door
 - a) voor gastankers een lekkage met een equivalente gatdiameter van 15 mm uit een tankaansluiting en
 - b) voor gascontainers een lekkage met een equivalente gatdiameter van 50 mm
 Vloeistoftankers dragen op dit type locaties niet bij aan het risico.
- 6 Frequenties van optreden voor deze scenario's zijn te ontleen aan de standaard scenario's voor risicoberekening in de handleiding [4]. Ze geven echter alleen een indicatief beeld, omdat voor deze situaties met lage vaarsnelheden, zoals sluizen en overnachtingshavens, geen scenario's zijn beschreven.
- 7 Enkel afgemeerde gastankers met 1 of 2 kegels leiden niet tot een 10^{-6} -contour op de oever. Een kleine 10^{-6} -contour (10 à 20 m) ontstaat bij afmeren van twee of meer schepen naast elkaar. Van een groepsrisico is geen sprake.
- 8 Voor een gastanker met 1 kegel bedraagt het brandaandachtsgebied 30 m, het explosieaandachtsgebied 45 m. Voor een gastanker met 2 kegels bedraagt het gifvolkaandachtsgebied 50 m. Binnen deze afstanden dient de gemeente in zijn

omgevingsplan de veiligheid van gebouwen, installaties en aanwezigen mee te wegen in de ruimtelijke invulling.

- 9 Enkel afgemeerde containerschepen met 1 of 2 kegels leiden niet tot een 10^{-6} -contour op de oever. Bij afmeren van twee of meer schepen naast elkaar ontstaat voor een 1 kegel-schip een 10^{-6} -contour van maximaal ca. 60 m. Een groepsrisico van ca. 2% van de oriëntatiewaarde is mogelijk bij een aanwezigheidsdichtheid van 100 per hectare.
- 10 Het risico van containerschepen is afhankelijk van het aantal containers in een bepaalde stofcategorie. Voor een enkel afgemeerd schip met 1 kegel kan bij meer dan 10 tankcontainers brandbaar gas een 10^{-6} -contour ontstaan. Voor een 2 kegel schip zijn meer dan 20 containers toxisch gas nodig. Gemiddeld zijn de aantallen containers met voor de externe veiligheid relevante stoffen per schip in de binnenvaart kleiner dan 10.
- 11 Voor een containerschip met 1 kegel bedraagt het brandaandachtsgebied 100 m, het explosieaandachtsgebied 45 m. Voor een containerschip met 2 kegels bedraagt het gifwolkaandachtsgebied 575 m. Deze aantallen zijn gebaseerd op tankcontainers met tot vloeistof verdichte gassen en zijn derhalve conservatief voor andere stoffen en verpakkingen. Alleen wanneer zeer toxische vloeistoffen in de stofcategorie LT3 of LT4 aan boord zijn kan het gifwolk aandachtsgebied groter zijn, ca 1.5 km. Binnen deze afstanden dient de gemeente in zijn omgevingsplan de veiligheid van gebouwen, installaties en aanwezigen mee te wegen in de ruimtelijke invulling.
- 12 In de verkeersregelgeving (BPR, RPR) zijn scheidingsafstanden voorgeschreven tussen seinvoerende schepen en andere schepen bij het ligplaats nemen en de doorvaart van sluizen. Passagiersschepen mogen niet met seinvoerende schepen worden geschut; tussen 1 kegelschepen en andere schepen moet 10 m afstand worden aangehouden. De kans op een incident door lekkage van een gevaarlijke stof is zeer klein.
De BBT (best beschikbare technieken) documenten voor milieubelastende activiteiten hanteren interne veiligheidsafstanden tussen delen van een installatie met gevaarlijke stoffen onderling en ten opzichte van de publieke omgeving. Interne veiligheidsafstanden zijn bedoeld om escalatie van incidenten te voorkomen naar naastliggende installaties en naar aanwezige personen. Het gaat daarbij met name om de, vaker voorkomende, kleinere lekkages. Voor de catastrofale scenario's als volledig afbreken van een leiding of scheuren van een vat, bieden afstanden geen reductie van de kans op verdere escalatie. Als dezelfde benadering wordt gehanteerd bij het doorvaren van sluizen blijkt dat aanhouden van afstanden in een sluiskolk tussen schepen met 1 of 2 kegels of CvO onderling nauwelijks reductie geeft van de kans op domino effecten. Wel geeft het aanhouden van afstand een reductie van de kans op gezondheidsschade aan passagiers op het schip waar het incident niet plaatsvindt.
- 13 In het ADN worden afstanden voorgeschreven tussen ligplaatsen en woongebieden, tankopslagplaatsen en kunstwerken. Deze afstanden gelden alleen buiten de door de bevoegde autoriteit speciaal aangegeven ligplaatsen. Desalniettemin worden ze algemeen gebruikt voor aangewezen ligplaatsen en zijn ze in bestemmingsplannen toegepast. De afstanden hebben globaal gezien dezelfde orde van grootte als de aandachtsgebieden voor omgevingsveiligheid. Alleen de rol van de afstanden in de besluitvorming verschilt. Waar het ADN kiest voor afstand houden, een grenswaarde-invalshoek, kiest de Omgevingswet voor "rekening houden met", een afwegingsbenadering.

- 14 Uit oogpunt van de risiconormering externe veiligheid, plaatsgebonden risico 10^{-6} als grenswaarde voor (zeer) kwetsbare gebouwen of locaties, ontstaat in de praktijk geen ruimtelijke beperking. In uitzonderlijke gevallen, meer dan twee 2 kegelschepen naast elkaar met relatief grote aantallen tankcontainers in bepaalde stofcategorieën, kan wel een 10^{-6} -contour op de oever ontstaan. Een eenvoudig rekeninstrument is ontwikkeld om daar rekening mee te houden.
- 15 Naast de scenario's van vrijkomen van een gevaarlijke stof door falen van de leiding/container zijn overige locatiespecifieke oorzaken en de beheersing daarvan op de ligplaats van belang voor de afweging om al dan geen seinvloerende schepen op een bepaalde ligplaats toe te staan. Het gaat dan om handelingen (ventilatie, werkzaamheden, onderhoud e.d.), brand aan boord (woningbrand, lekkage brandstofsysteem e.d.) en overige aspecten (inzetmogelijkheden hulpdiensten, deskundigheidseisen personeel, bewaking/toezicht e.d.).

Referenties

1. RIVM 2017 Handleiding Risicoanalyse Transport versie 1.2, 11 januari 2017
2. AVIV 2012 Update scheepsschadefrequenties, AVIV rapport 122302
3. AVIV 1998 Veiligheidsafstanden kegelschepen, rapport 98155
4. RIVM 2021 Handleiding risicoberekeningen Bevi, versie 4.3, 1 januari 2021; wordt na 1-7-2022 opgevolgd door het rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid, bestaande uit 6 modules
5. Ministerie I&M 2014 Regeling Basisnet, Stcrt. 2014, nr. 8242
6. AVIV 2021 Veiligheidsaspecten nieuwe energiedragers binnenvaart, Rapport nr. 204323 13 april 2021
7. DNV 2021 Risicostudie gemengd ligplaats nemen kegelschepen, DNV rapport 10286944-1, 28-6-2021
8. MSCN 1993 Ongevalsmodellering mbv. GLM, Veiligheid Vervoer over Water, deelproject i4b, rapport OV-005
9. DNV-GL 2021 Gemengd afmeren kegelschepen, Report 10247921-1 d.d. 8-12-2020
10. AVIV 2010 Incidenten met containers bij stuwadoorsbedrijven, Rapport 071183 d.d. 31 maart 2010
11. Havenbedrijf Rotterdam 2021 Pm. Incidentscenario's containers aan boord van schepen 2019-2020
12. Minister Verkeer en Waterstaat 2017 Binnenvaartpolitiereglement
13. Rijkswaterstaat 2017 Syllabus gemengd schutten
14. 2018 Rijnvaartpolitiereglement
15. Oranjewoud 2005 Veiligheid: gevoel versus werkelijkheid, Onderzoek vereenvoudiging gedragsregels van het schutten en ligplaats nemen van kegelschepen, project 156694, november 2005
16. Ministerie BZK Publicatiereeks gevaarlijke stoffen Deel 1, 1B: Effecten van brand op constructies