



AH.2019.0843.03.R001

**QRA Waalhaven Botlek
Terminal**

definitief
18 februari 2020

Bedrijfsgegevens

Opdrachtgever	BMD Advies Rijndelta Ebweg 18 2991 LT Barendrecht
Contactpersoon opdrachtgever	De heer M. van der Velde mark@bmdadviesrijndelta.nl 06 107 744 20
Project Betreft Uw kenmerk	Waalhaven Botlek Terminal, Botlek Onderzoek externe veiligheid -
Rapport Datum Versie Status	AH.2019.0843.03.R001 18 februari 2020 002 definitief
Uitgevoerd door	Adviesbureau de Haan B.V. Van Pallandtstraat 9-11 6814 GM Arnhem Postbus 153 6800 AD Arnhem
Contactpersoon	ing. D.J. (Dennis) Sanders 026 845 46 32 d.sanders@adviesbureau-de-haan.nl
Auteur	drs. E. (Elias) den Breejen 088 346 78 22
Projectadviseur	ing. D.J. (Dennis) Sanders 026 845 46 32 d.sanders@adviesbureau-de-haan.nl
2e lezer/secr.	RBO APT

Inhoud

1. Inleiding	4
2. Wettelijk kader	5
2.1 Landelijk beleid	5
2.2 Decentraal beleid	7
3. Bedrijfssituatie	8
3.1 Ligging	8
3.2 Bedrijfsactiviteiten	9
3.3 Doorzet geklasseerde stoffen	10
3.4 Handelingen met geklasseerde stoffen	10
3.5 Overige activiteiten	11
4. Berekening	13
4.1 Uitgangspunten	13
4.2 Modelscenario's	13
4.3 Populatie	17
4.4 Diverse invoergegevens	17
5. Resultaten	19
5.1 Plaatsgebonden risico	19
5.2 Groepsrisico	20
5.3 Effectafstanden	21
6. Conclusie	22

Bijlagen

Bijlage 1	Invoergegevens populatie
Bijlage 2	Faalkansen
Bijlage 3	Overige PR-contouren
Bijlage 4	Maximale effectafstanden
Bijlage 5	Berekening volgens Safeti 6.54

1. Inleiding

Aan de Nieuwesluisweg in de Botlek (gemeente Rotterdam) ligt de Waalhaven Botlek Terminal. Het bedrijf vraagt een nieuwe omgevingsvergunning aan. Onderdeel van de bedrijfsactiviteiten is de doorzet van geklasseerde stoffen. Vanwege deze doorzet van geklasseerde stoffen is vanuit het aspect externe veiligheid een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) uitgevoerd. Hiermee zijn de risico's voor de omgeving in beeld gebracht.

Dit rapport beschrijft de effecten van de activiteiten met gevaarlijke stoffen op het gebied van externe veiligheid. In hoofdstuk 2 staat het van toepassing zijnde wettelijke kader. Vervolgens beschrijft hoofdstuk 3 de aan te vragen bedrijfssituatie en hoofdstuk 4 de manier waarop deze gemodelleerd is. Hoofdstuk 5 toont de externe risico's voor de aan te vragen situatie. Hoofdstuk 6 is een samenvattende conclusie van het onderzoek.

2. Wettelijk kader

2.1 Landelijk beleid

Externe veiligheid beschrijft de kans dat personen in de omgeving van een activiteit waar met gevaarlijke stoffen wordt gewerkt, slachtoffer worden van een ongeval met die stoffen. Dit kan zowel een transportroute als een inrichting betreffen. Het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) beschrijft de wetgeving voor externe veiligheid rondom inrichtingen.

In het Bevi wordt verwezen naar het Besluit risico's zware ongevallen 2015 (Brzo). Dit besluit is van toepassing op inrichtingen waar gevaarlijke stoffen boven bepaalde drempelwaarden aanwezig kunnen zijn.

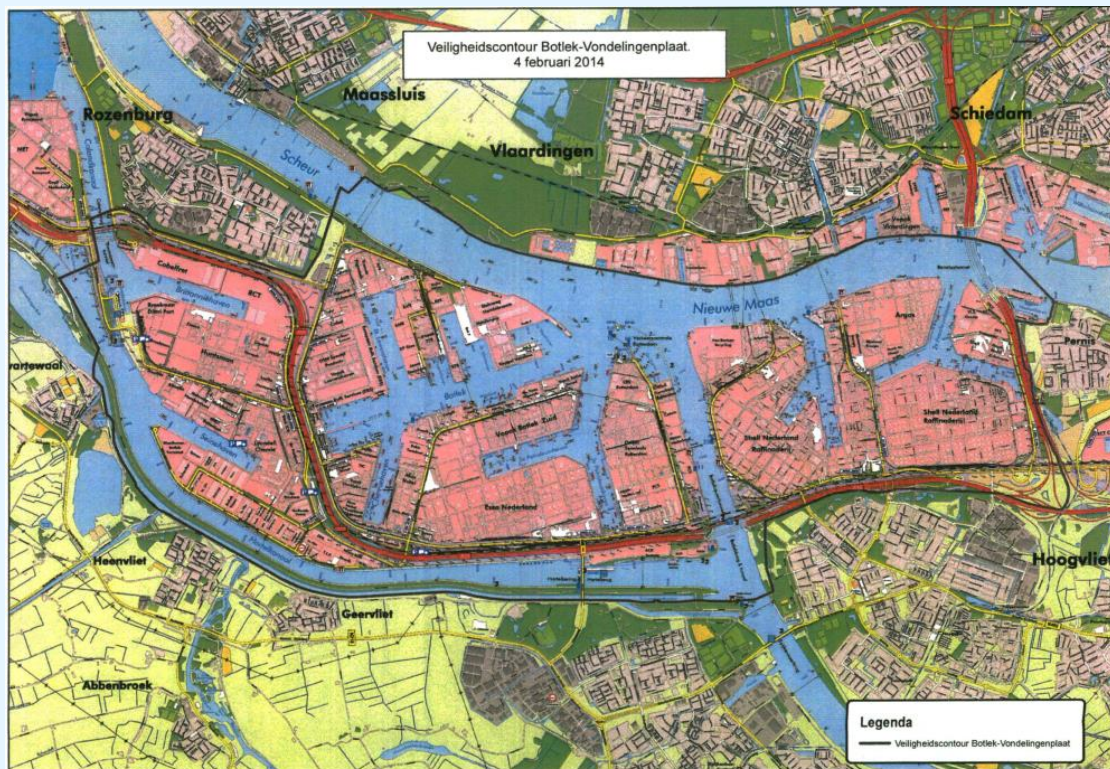
Het Brzo is niet van toepassing indien sprake is van tussenplaatsing in afwachting van verder transport. Vanwege de verblijftijd binnen de inrichting van enkele maanden, is deze vrijstelling voor WBT niet van toepassing en valt het bedrijf onder het Brzo en daarmee ook onder het Bevi.

Het beleid externe veiligheid is gericht op een verantwoorde situering van activiteiten waarbij ongevallen met effecten op de omgeving niet kunnen worden uitgesloten. De mate van blootstelling wordt uitgedrukt in de kans op dodelijke effecten. Er zijn twee componenten om de grootte van dit gevaar uit te drukken. Ten eerste de grootte van het effect dat samenhangt met de gevaareigenschappen van een stof (giftigheid, brandbaarheid, hoeveelheid, en dergelijke). Ten tweede de kans dat een dergelijk effect optreedt, wat samenhangt met de activiteiten die tot een ongeval kunnen leiden (opslag, overslag, aantal handelingen en dergelijke). Beide componenten worden tot uitdrukking gebracht wanneer gevaren worden uitgedrukt in risico's. Door een risico wordt een gevaar gekwantificeerd (in een getal uitgedrukt) en onder meer vergelijkbaar gemaakt met normen. De omvang van de gevaren voor de omgeving wordt uitgedrukt met twee risicobegrippen: plaatsgebonden risico (PR, voorheen individueel risico genoemd) en groepsrisico (GR). Voor de mate van aanvaardbaarheid van deze risico's zijn in het Bevi normen vastgesteld.

Plaatsgebonden risico

Onder het plaatsgebonden risico (PR) wordt verstaan: de kans per jaar op het overlijden van één fictief persoon op een vaste locatie ten gevolge van een ongeval. Het PR met een bepaalde waarde kan rond een inrichting of een vervoersas als lijn op de kaart worden weergegeven, de zogenoemde risicocontour. Voor het plaatsgebonden risico bij zo'n contour geldt een grenswaarde: in een nieuwe situatie mag een kwetsbaar object, zoals bijvoorbeeld woonbebouwing of een kantoor groter dan 1.500 m², niet binnen een 10⁻⁶/jaar -contour liggen (10⁻⁶/jaar is een verkorte schrijfwijze voor eens per miljoen jaar, vandaar het jargon '10 min 6' voor de kans 1/1.000.000 jaar).

Voor het gebied Botlek-Vondelingenplaat geldt een uitzondering. De provincie Zuid-Holland heeft voor dit industriegebied conform het Bevi artikel 14 een veiligheidscontour vastgesteld. Binnen deze contour mogen geen kwetsbare objecten aanwezig zijn, tenzij deze functioneel gebonden zijn aan het gebied waarvoor de veiligheidscontour is vastgesteld of de daarbinnen gelegen Bevi-inrichtingen. Figuur 1 toont de ligging van de veiligheidscontour waarbinnen het PR niet hoeft te worden getoetst. Op de rand van de contour moet het plaatsgebonden risico worden getoetst en voldoen aan 10⁻⁶/jaar.



figuur 1: ligging veiligheidscontour Botlek-Vondelingenplaat. Op de zwarte lijn moet aan de grenswaarde van 10^{-6} /jaar worden voldaan (bron: Besluit tot vaststelling van de Veiligheidscontour Botlek-Vondelingenplaat, Staatscourant Nr. 4014, d.d. 12 februari 2014).

Groepsrisico

Het groepsrisico (GR) is gedefinieerd als de cumulatieve kans per jaar, dat een groep van ten minste een bepaald aantal mensen het dodelijk slachtoffer is van een ongeval. Zowel de bronkant (inrichtingen met gevaarlijke stoffen of vervoer van gevaarlijke stoffen), als de blootgestelde kant (personen in de omgeving) bepalen de hoogte van het groepsrisico. Dit is een van de resultaten voor de rampenbestrijding, waarbij vastgesteld wordt of de aangevraagde activiteit nog wel past binnen de beschikbare operationele prestatie van hulpverleningsdiensten. Voor het GR geldt een oriëntatiewaarde, die het bevoegd gezag gebruikt bij de motivering van de groepsrisicohoogte.

De risico's worden berekend in een zogenoemde kwantitatieve risicoanalyse (QRA). De wijze van analyse, rekenwijze en rapportage zijn door de overheid vastgelegd in de Regeling externe veiligheid inrichtingen, de Handleiding Risicoberekeningen Bevi en met het verplichte rekenpakket Safeti-NL. Ten tijde van opstellen van dit rapport is versie 6.54 van dit rekenpakket wettelijk voorgeschreven. Naar verwachting wordt in het voorjaar van 2020 de nieuwe versie 8.21 verplicht. Hierom is gekozen om dit onderzoek met versie 8.21 uit te voeren. Voor de volledigheid hebben we in bijlage 5 de resultaten conform de huidige versie 6.54 opgenomen.

2.2 Decentraal beleid

Aanvullend op het nationale beleid heeft de provincie Zuid-Holland eigen beleid opgesteld¹.

Dit besluit is een nadere uitwerking van het Bevi, waarin staat aangegeven bij welke omvang van het groepsrisico welke maatregelen moeten worden overwogen. Het beleid stelt dat:

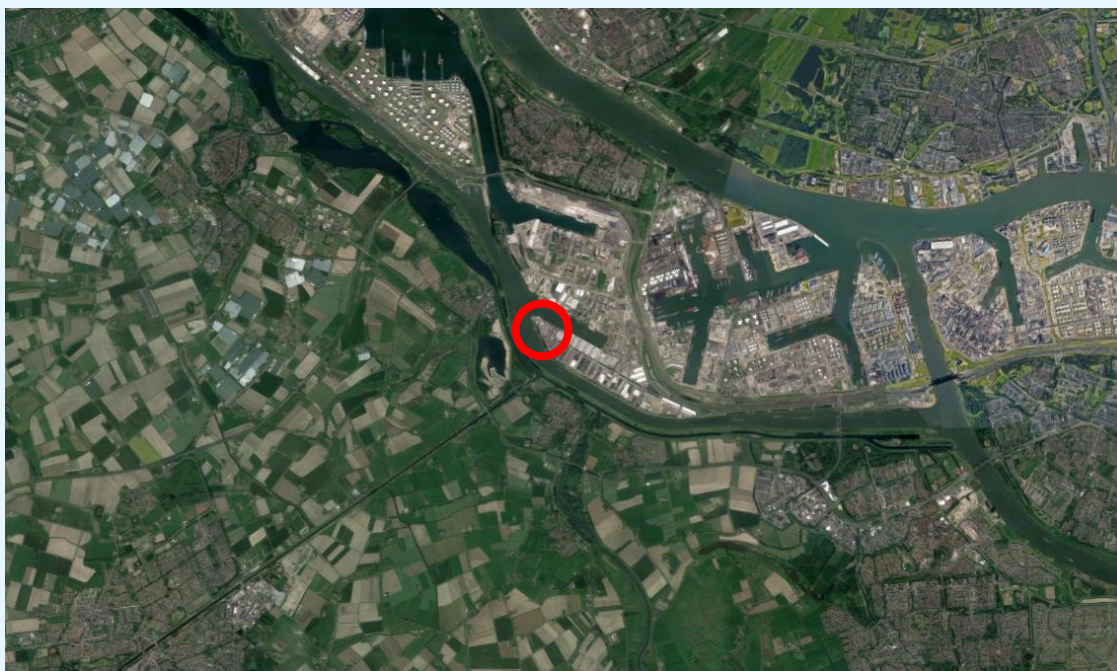
- In de QRA gestelde maatregelen en de door de veiligheidsregio geadviseerde redelijkerwijs te nemen maatregelen moeten worden geborgd.
- Een groepsrisico kleiner dan 0,1 keer de oriëntatiewaarde is verantwoord.
- Een groepsrisico tussen 0,1 en 1 keer de oriëntatiewaarde is verantwoord als onder meer de variant met het laagste groepsrisico is overwogen en aanvullende maatregelen zijn overwogen.
- Een groepsrisico groter dan de oriëntatiewaarde is verantwoord als onder meer de variant met het laagste groepsrisico is overwogen, aanvullende maatregelen zijn overwogen, ruimtelijke maatregelen en het weglaten van populatie van nabijgelegen Bevi-bedrijven.

¹ Besluit van Gedeputeerde Staten van Zuid-Holland van 17 december 2013, pzh-2013-451059199

3. Bedrijfssituatie

3.1 Ligging

De terminal ligt op industrieterrein Botlek-Vondelingenplaat aan de Nieuwesluisweg 268 in Rotterdam. In figuur 2 is de ligging van de inrichting weergegeven. De locatie maakt onderdeel uit van het gehele havengebied van Rotterdam. Circa 1 km ten westen van het bedrijf ligt de kern Zwartewaal, het dorp Heenvliet ligt circa 1 km ten zuiden van de inrichting.

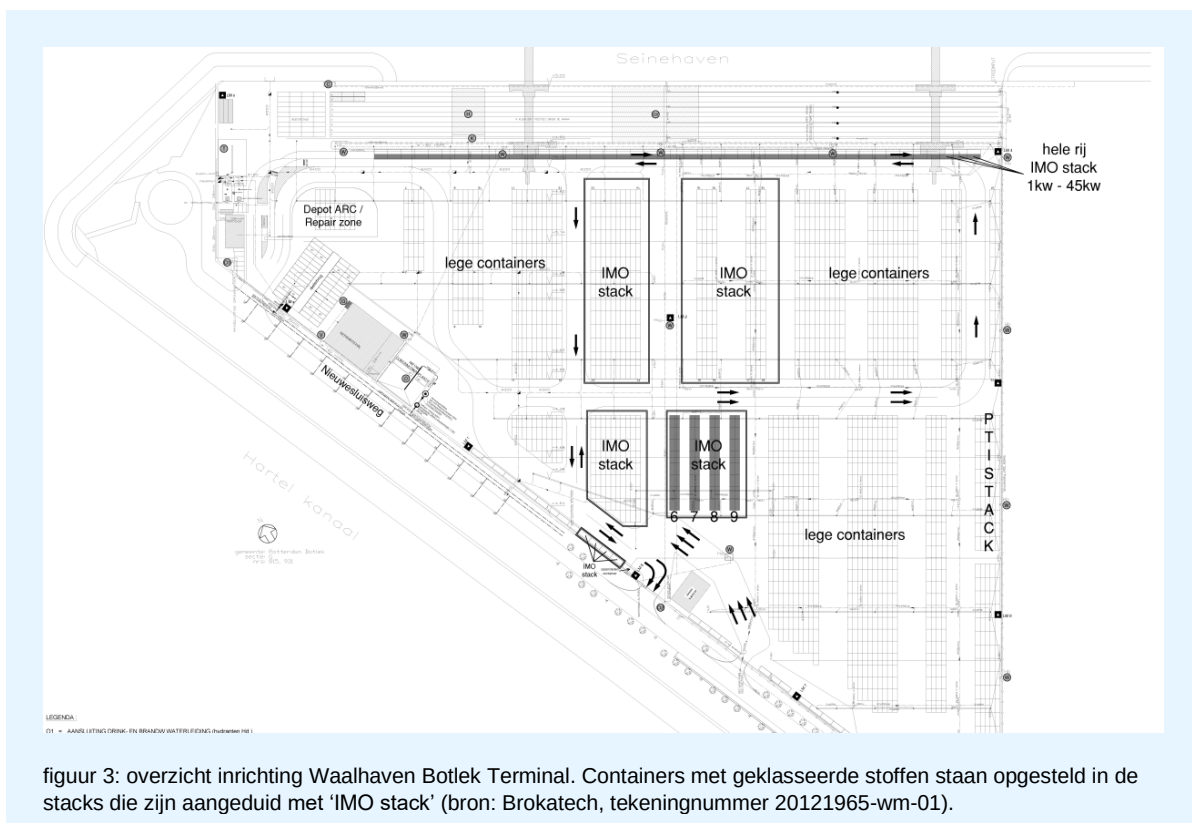


figuur 2: ligging Waalhaven Botlek Terminal (bron: Google Maps).

3.2 Bedrijfsactiviteiten

In figuur 3 staan de locaties van de voorgenomen activiteiten binnen de inrichting van Waalhaven Botlek Terminal weergegeven. De kranen staan opgesteld aan de zijde van de Seinehaven. Containers kunnen (tijdelijk) opgeslagen worden in de stack onder de kraanbaan of in de stacks op het achterliggende terrein. Geklasseerde containers staan altijd in de aangegeven stacks op het achterliggende terrein.

Paragraaf 3.3 beschrijft de aan te vragen aantallen geklasseerde containers. De activiteiten en omstandigheden specifiek voor geklasseerde containers komen in paragraaf 3.4 nader aan bod. Paragraaf 3.5 beschrijft overige activiteiten waar naar verhouding geringe hoeveelheden geklasseerde stoffen voor worden gebruikt.



3.3 Doorzet geklasseerde stoffen

Waalhaven Botlek Terminal vraagt de doorzet aan van 10.170 containers geklasseerde stoffen. Voor een risicobepaling zijn aantallen containers per IMDG-, RID- of ADR-categorie weinig geschikt. Binnen één categorie kunnen de gevaren op enige afstand (voor externen buiten de terminal) aanzienlijk verschillen. Daarom is het historische ladingpakket op basis van VN-nummer ingedeeld in zogenoemde S3-categorieën. Deze speciaal voor externe risico's van transport ontwikkelde methodiek werkt met 2x2 hoofdclusters: Liquid/Gas en Toxic/Flammable, gevolgd door een nummer dat de mate van gevaar aangeeft. Een toxische vloeistof als acrylonitril wordt bijvoorbeeld LT1, een zeer brandbaar gas als propaan wordt bijvoorbeeld GF3.

WBT heeft de gerealiseerde doorzet aan geklasseerde containers voor het jaar 2018 aangeleverd. Dit betrof in totaal 8.287 geklasseerde containers. De aangeleverde cijfers (UN-nummers en ADR-klasse) zijn omgezet naar S3-indeling. Tabel 1 toont de doorzet geklasseerde containers in S3b-indeling. Met uitzondering van de vloeistoffen is gekozen om geen onderscheid te maken in de verschillende subcategorieën, maar is uitgegaan van de maatgevende stofcategorie GF3 of GT3. Dit kunnen ook containers uit de categorieën GF0, GF1, GF2, GT0, GT1 en GT2 zijn. Een deel van de geklasseerde stoffen is voor externe veiligheid niet relevant, bijvoorbeeld omdat het vaste stoffen zijn, omdat ze een lage dampspanning hebben of omdat ze weinig toxisch zijn. Op basis van het wel of niet voorkomen van een bepaalde stofcategorie is een vertaling gemaakt naar de aan te vragen aantallen containers per stofcategorie. Hierbij is rekening gehouden met een in overleg vastgestelde toename en afronding. In dit onderzoek is aangehouden dat alle containers volle tankcontainers betreffen.

tabel 1: aantallen geklasseerde containers – verdeling over stofcategorieën

Stofcategorie	Vergund	Doorzet 2018	Aan te vragen
LF2*	2415	653	2500
GF3*	200	229	425
LT1	1139	534	2250
LT2	575	260	1250
LT3	10	4	15
GT3*	16	108	225
GT4	0	1	5
NRE**	3932	Niet bekend	3500
Totaal	8287		10.170

* Voor deze stoffen is geen onderscheid gemaakt in de subcategorieën. Dit kunnen derhalve ook containers zijn uit de categorieën LF1, GF0, GF1, GF2, GT0, GT1 en GT2.

** Alle overige categorieën, waaronder LT0.

3.4 Handelingen met geklasseerde stoffen

Met betrekking tot externe veiligheid is de belangrijkste activiteit binnen de inrichting het overplaatsen van containers van de modaliteit 'water' naar de modaliteit 'weg' en andersom. Daarnaast vindt marginale overslag van weg naar weg plaats; deze is verdisconteerd in de overslag van weg naar water. Overslag van water naar water komt voor geklasseerde containers niet voor. Verder vindt tussentijdse opslag in stacks plaats. Deze paragraaf beschrijft deze handelingen. De totale ongevalskans per behandelde container wordt in hoofdstuk 4 nader uitgewerkt.

3.4.1 Verticale handelingen

Zowel het oppakken als het neerzetten van een container is een verticale handeling. Een geklasseerde container doorloopt één van de onderstaande processen over de terminal, waarbij is aangegeven hoeveel verticale handelingen optreden.

Overslaghandelingen van water naar weg:

- Een kadekraan hijst containers van het schip (één verticale handeling) en plaatst deze op de kade achter het kraangedeelte (één verticale handeling).
- Een reachstacker pakt de container op (één verticale handeling) en plaatst de container in één van de stacks waarin de geklasseerde containers staan opgeslagen (één verticale handeling).
- Binnen de stack is sprake van gemiddeld drie tussenverplaatsingen.
- Tot slot haalt de reachstacker de container uit de stack (één verticale handeling) en plaatst deze aan de rand van de stack op een vrachtwagen (één verticale handeling), die de container afvoert.

Overslaghandelingen van weg naar water:

- Een reachstacker tilt de container van de vrachtwagen (rand van de stack) en plaatst deze in één van de IMO-stacks (twee verticale handelingen).
- Binnen de stack is sprake van gemiddeld drie tussenverplaatsingen.
- Vanuit de stack (één verticale handeling) wordt de container klaargezet voor de kraan stack voor transport via schip (één verticale handeling).
- De kraan hijst ten slotte de container daarvandaan in het schip (twee verticale handelingen).

Gemiddeld ondervinden containers volgens het bovenstaande proces twaalf verticale handelingen. Wanneer een overslag van weg naar weg plaatsvindt, ondergaat een container tien verticale handelingen. De gekozen bepaling is daarmee worst-case.

3.4.2 Falen in stacks

Tijdens de aanwezigheid in de inrichting is er een (kleine) kans dat een container faalt door andere oorzaken dan hijsen of plaatsen. De kans op dit falen van een container is evenredig met de tijd dat de container binnen de inrichting aanwezig is. Omdat de containers verreweg de meeste tijd in de stacks staan, is dit ongevalsscenario op deze locatie gemodelleerd. De containers verblijven gemiddeld 130 dagen binnen de inrichting.

3.5 Overige activiteiten

Naast de containers met geklasseerde stoffen zijn beperkte voorraden met geklasseerde stoffen aanwezig voor intern gebruik:

- Aan de westzijde van de inrichting is een bovengrondse dieseltank voor brandstofvoorziening van reachstackers en heftrucks.
- Aan de zuidwestzijde en aan de westzijde van de inrichting zijn opslagen voor onderhoud aanwezig met voornamelijk verf, acetyleen en zuurstof (voor laswerkzaamheden).

Gezien de beperkte effectafstanden van brandbare vloeistoffen en de ligging van deze brandstoftank en veropslag binnen de terminal zijn de externe risico's van deze tank te verwaarlozen en niet beschouwd in de QRA. De gasflessen hebben ten opzichte van de tankcontainers een klein volume en daarom ook niet beschouwd.



4. Berekening

4.1 Uitgangspunten

De Handleiding Risicoberekeningen Bevi versie 3.3 van 1 juli 2015 beschrijft op welke manier een QRA voor een inrichting moet worden uitgevoerd. Module C beschrijft de modellering van verschillende typen risicovolle bedrijven. Voor een aantal type inrichtingen, waaronder stuwadoorsbedrijven, bevat de handleiding geen uitgewerkte rekenmethode. In plaats daarvan wordt verwezen naar andere documenten. Voor stuwadoorsbedrijven betreft dit de Rekenmethode voor stuwadoorsbedrijven van 1 maart 2015 (RS15). Zoals vermeld in hoofdstuk 2 hebben we gerekend met Safeti versie 8.21.

4.2 Modelscenario's

De rekenmethode voor stuwadoorsbedrijven onderscheidt drie ongevalsscenario's:

- Incidenten tijdens de overslag van een insluitsysteem met een gevaarlijke stof.
- Intrinsiek falen van een insluitsysteem met een gevaarlijke stof. Bij dit scenario moet volgens de HRB bovendien rekening worden gehouden met een verhoogde faalkans als gevolg van een nabijgelegen windturbine.
- BLEVE van een insluitsysteem met brandbaar gas door brand in de omgeving.

Overslag

Tijdens het traject over de terminal vinden meerdere overslaghandelingen met een container plaats die zouden kunnen leiden tot het vrijkomen van de inhoud. Per standaardoverslag van zes handelingen schrijft de RS15 een kans van $1 \cdot 10^{-6}$ op een lekkage en $1 \cdot 10^{-7}$ op een grote uitstroming voor.

- Een klein lek is een gat met 10 mm (gas) of 20 mm (vloeistof) diameter en een plas van 180 m².
- Een groot lek is een gat met 50 mm diameter en een plas van 900 m².

In tabel 2 zijn de kansen per zes verticale handelingen uitgerekend.

Tabel 2: faalkansen per standaard overslag container

Stofcategorie	Aantal tankcontainers	Initiële faalkans groot lek	Kans groot lek per 6 handelingen	Initiële faalkans klein lek	Kans klein lek per 6 handelingen
GF3	425	1,0E-07	4,3E-05	1,0E-06	4,3E-04
GT3	225	1,0E-07	2,3E-05	1,0E-06	2,3E-04
GT4	5	1,0E-07	5,0E-07	1,0E-06	5,0E-06
LF2	2.500	1,0E-07	2,5E-04	1,0E-06	2,5E-03
LT1	2.250	1,0E-07	2,3E-04	1,0E-06	2,3E-03
LT2	1.250	1,0E-07	1,3E-04	1,0E-06	1,3E-03
LT3	15	1,0E-07	1,5E-06	1,0E-06	1,5E-05

De in tabel 2 berekende ongevalskans als gevolg van handelingen met een container geklasseerde stoffen hebben we vervolgens verdeeld over de mogelijke ongevalslocaties, die we als lijnsegmenten hebben gemodelleerd. Figuur 5 geeft een overzicht van deze lijnsegmenten.



figuur 5: overzicht gemodelleerde ongevalslocaties. Op de met groen aangegeven locaties vinden handelingen plaats, op de met rood over groen aangegeven stacklocaties vinden ook handelingen plaats, maar zijn ook intrinsiek falen en een BLEVE gemodelleerd.

In de segmenten hebben we per de faalkansen als volgt gecorrigeerd voor het werkelijke aantal verticale handelingen op de betreffende locatie, zie tabel 3. Het plaatsen van een container op de vrachtwagen of het optillen van een container van de vrachtwagen hebben we gemodelleerd op de buitenste rijen van de stacks. De stacks A en C (zie figuur 5) hebben alleen buitenste rijen, de stacks B en D hebben ook rijen tussen de stacks waar geen vrachtwagens komen. Vanwege de onderlinge afstanden zijn de uiteindelijke gevolgen voor de berekening beperkt.

Tabel 3: verdeling ongevalskans verticale handelingen

Locatie	Handelingen	Fractie doorzet	Fractie
Schip	1	100%	0,167
Kadestack	2	100%	0,333
Stack A	9	9% per rij (2 rijen)	0,136
Stack B (binnenzijde)	8	9% per rij (2 rijen)	0,121
Stack B (buitenzijde)	10	9% per rij (2 rijen)	0,152
Stack C (zuidzijde)	9	4,5% per rij (2 rijen)	0,068
Stack D (binnenzijde)	8	9% per rij (2 rijen)	0,121
Stack D (buitenzijde)	10	9% per rij (2 rijen)	0,152

Intrinsiek falen

Naast de eerdergenoemde ongevallen tijdens overslag, kan een gevaarlijke stof ook vrijkomen tijdens de tussenplaatsing, dus ergens tijdens verblijf binnen de inrichting zonder overslaghandelingen. De verblijfstijd in de stack (130 dagen) is hiervoor maatgevend.

Andere locaties zijn vanwege de korte verblijfsduur niet beschouwd. De faalkans tijdens het verblijf in de stacks staat uitgewerkt in tabel 4.

Bij intrinsiek falen komt de gehele inhoud instantaan vrij (catastrophic rupture). De plas is begrensd op 1400 m².

Tabel 4: initiële faalkans intrinsiek falen per jaar

Scenario	Basiskans	Aantal	Verblijftijd	Faalkans
GF3	5,00E-07	425	130 dagen -> 0,36	7,6E-05
GT3	5,00E-07	225	130 dagen -> 0,36	4,0E-05
GT4	5,00E-07	5	130 dagen -> 0,36	8,9E-07
LF2	5,00E-07	2.500	130 dagen -> 0,36	4,4E-04
LT1	5,00E-07	2.250	130 dagen -> 0,36	4,0E-04
LT2	5,00E-07	1.250	130 dagen -> 0,36	2,2E-04
LT3	5,00E-07	15	130 dagen -> 0,36	2,7E-06

Verhoogd risico door naastgelegen windturbine

Circa 30 meter ten westen van de inrichting staat één van de acht windturbines van het windpark Hartelbrug II. Deze windturbine leidt tot een verhoogde kans op intrinsiek falen, wanneer een deel van de turbine afbreekt, naar beneden valt en een container treft.

Tabel 5 toont de voor deze analyse belangrijkste kenmerken van deze windturbine, type Enercon E101. De overige windturbines uit dit windpark staan op meer dan 300 meter vanaf de stacks, zodat falen van deze turbines niet leidt tot verhoogde faalkansen².

Tabel 5: uitgangspunten windturbine

Parameter	Waarde	Referentie
Ashoogte	99 m	Productinformatie Enercon
Rotordiameter	101 m	Productinformatie Enercon
Lengte turbineblad	49,2 m	Generieke formule handboek windturbines
Afstand zwaartepunt	18,2 m	Generieke formule handboek windturbines
Bladoppervlak	135 m ²	Generieke formule handboek windturbines
Nominaal toerental	14,5 RPM	Productinformatie Enercon
Mastdiameter	6 m	Schatting DGMR
Lengte gondel	14 m	Schatting DGMR
Hoogte gondel	8 m	Schatting DGMR
IEC-klasse	IIa	Productinformatie Enercon

² Enige uitzondering is bladbreuk bij overtoeren, maar de kans dat een blad bij overtoeren afbreekt en een container treft is circa $2 \cdot 10^{-10}$ /jaar. De risicoverhoging is $2 \cdot 10^{-10} / 5 \cdot 10^{-7} = 0,05\%$ en mag worden verwaarloosd.

Het Handboek Risicozonering Windturbines definieert drie typen scenario's voor windturbines:

- Bladbreek: hetzij bij nominaal toerental of bij overtoeren. De standaard kans op dit scenario is $8,4 \cdot 10^{-4}$ /jaar.
- Mastbreek: daarbij breekt de mast aan de grond af en valt zowel de mast als de gondel met de rotor. De standaard kans op dit scenario is $1,3 \cdot 10^{-4}$ /jaar.
- Breek van gondel en rotor. De standaard kans op dit scenario is $4,0 \cdot 10^{-5}$ /jaar.

Een tankcontainer faalt pas als deze wordt getroffen door een vallend turbine-onderdeel. Deze trefkans is afhankelijk van de afstand tot de windturbine. Voor ieder stack (en deel van een stack) waar langdurig verblijf plaatsvindt, hebben we de trefkans bepaald. Faalkansen die met meer dan 10%, ofwel een factor 0,1, worden verhoogd, moeten in de QRA worden beschouwd. Dit is het geval voor 12 van de 20 beschouwde (deel)segmenten, waarbij de faalkansen toenemen met een factor 5 tot 75.

Tabel 6: bepaling aanvullende faalkansen

Segment	Afstand tot windturbine [m]	Trefkans blad [/jaar]	Trefkans mast [/jaar]	Trefkans rotor [/jaar]	Totale trefkans [/jaar]	Factor verhoging faalkans
A1a	180	8,3E-06	0,0E+00	0,0E+00	8,3E-06	16,67
A1b	150	5,7E-06	2,3E-05	0,0E+00	2,9E-05	57,37
A1c	130	8,5E-06	2,3E-05	0,0E+00	3,2E-05	63,15
A2a	195	1,1E-08	0,0E+00	0,0E+00	1,1E-08	0,02
A2b	170	3,1E-06	0,0E+00	0,0E+00	3,1E-06	6,14
A2c	150	5,7E-06	2,3E-05	0,0E+00	2,9E-05	57,37
B1a	215	8,7E-09	0,0E+00	0,0E+00	8,7E-09	0,02
B1b	195	1,1E-08	0,0E+00	0,0E+00	1,1E-08	0,02
B1c	175	4,1E-06	0,0E+00	0,0E+00	4,1E-06	8,14
B2a	220	7,4E-09	0,0E+00	0,0E+00	7,4E-09	0,01
B2b	200	1,1E-08	0,0E+00	0,0E+00	1,1E-08	0,02
B2c	185	1,2E-08	0,0E+00	0,0E+00	1,2E-08	0,02
B3	215	8,7E-09	0,0E+00	0,0E+00	8,7E-09	0,02
B4	220	7,4E-09	0,0E+00	0,0E+00	7,4E-09	0,01
C1	105	1,2E-05	2,3E-05	0,0E+00	3,5E-05	70,27
C2	125	8,5E-06	2,3E-05	0,0E+00	3,2E-05	63,36
D6	145	1,5E-05	2,3E-05	0,0E+00	3,8E-05	75,55
D7	155	2,4E-06	0,0E+00	0,0E+00	2,4E-06	4,75
D8	165	2,7E-06	0,0E+00	0,0E+00	2,7E-06	5,38
D9	175	4,1E-06	0,0E+00	0,0E+00	4,1E-06	8,14

BLEVE door brand

Het vrijkomen van een grote hoeveelheid brandbare vloeistof (LF2) na een overslagongeval kan na ontsteking leiden tot een plasbrand. Een andere container met gevaarlijke stoffen kan daardoor zodanig worden verhit, dat ook die faalt (domino-effect). In geval van een container met een brandbaar gas, kan dan een vuurbal ontstaan, die een extern risico vormt.

De RS15 schrijft voor hoe de kans op dit scenario moet worden bepaald. Daarbij is de kans op een plasbrand afhankelijk van het aantal containers LF2 in de stack en het aantal handelingen per container. De trefkans is afhankelijk van het aantal containers GF3 in de stacks. WBT past geen dedicated stacking toe, zodat elke container GF3 en LF2 in elk stack voor geklasseerde stoffen kan staan. Tabel 7 is een uitwerking van de faalkansen.

Tabel 7: uitwerking faalkans BLEVE

Parameter	Waarde	Toelichting
Kans plasbrand		
f_overslag	0,00000015	9 handelingen per container in/nabij de stack. Kans groot lek = $1 \cdot 10^{-7}$ per 6 handelingen
Nv	2500	Aantal doorgezette containers LF2 per jaar
Pontsteking	0,13	Ontstekingskans
R	0,9	Kans repressie plasbrand
kans plasbrand*	$4,9 \cdot 10^{-6}$	Faalkans overslag * aantal containers * ontstekingskans * (1-repressie)
Trefkans		
Ps	917	Aantal grondplaatsen
L	1100	Totale lengte stackrijen: $6 \cdot 50\text{m} + 8 \cdot 100\text{m}$
H	5	Stapelhoogte containers geklasseerde stoffen
I	6	Lengte container
Pv	32	Aantal containerplaatsen in een plasbrand
trefkans	3,5%	Pv/Ps
Aantal containers GF3	151	Jaarlijkse doorzet * 130/365
Kans BLEVE*	$2,6 \cdot 10^{-5}$	Kans dat een BLEVE optreedt.

* De kans op een warme BLEVE is volgens deze formule groter dan de kans op een plasbrand die een warme BLEVE kan veroorzaken. Dit komt door twee aannames in de formules die in praktijk niet juist zijn. In geval van een plasbrand staan gemiddeld vijf containers GF3 binnen de plasbrand (3,5% van 151 containers). Deze zullen echter het effect van maar één BLEVE veroorzaken. Meerdere BLEVE's op dezelfde plek leiden tot dezelfde schade en dezelfde slachtoffers als de eerste BLEVE, rekenkundig sterven dezelfde personen vaker. Daarnaast gaat de formule uit van een eindeloos lang stack in plaats van 14 korte stukken. Dit leidt tot gemiddeld 27 containerplaatsen in een plasbrand en een trefkans van 2,9%. Uit de resultaten volgt overigens dat het BLEVE-scenario nauwelijks bijdraagt aan het totale risico.

4.3 Populatie

Om het groepsrisico te bepalen, is de populatie in de omgeving van WBT ingevoerd. De populatie in de omgeving van Waalhaven Botlek Terminal hebben we gemodelleerd zoals beschreven in bijlage 1. Als basis is hiervoor de BAG-populatieservice versie 201907 gebruikt.

4.4 Diverse invoergegevens

Verspreidingsparameters

De gebruikte weerklassenverdeling is afkomstig uit het Safeti-NL rekenpakket. De gegevens van weerstation Rotterdam, met een dag- en een nachtgemiddelde zijn representatief voor dit gebied. Als ruwheid hebben wij de standaardwaarde van 0,3 m gehanteerd. Voor een industrieterrein wordt 1 meter voorgeschreven, maar dat is voor deze situatie met veel open water in de omgeving niet representatief.

Ontstekingsbronnen

De kans op directe ontsteking is conform de rekenmethodiek gemodelleerd als continue uitstroming uit een tankauto. Overige ontstekingsbronnen op het terrein hebben we niet gemodelleerd, omdat dit zou leiden tot een ontsteking op een locatie die geen gevolgen heeft voor het groepsrisico.

Voor ontstekingsbronnen buiten de inrichting is het gebied binnen circa 200 meter van de opslag van GF3 beschouwd. In dit gebied liggen de Nieuwesluisweg, het Hartelkanaal en de Seinehaven. De gehanteerde intensiteiten en ontstekingskansen staan in tabel 8.

Tabel 8: ontstekingsbronnen in het plangebied

Ontstekingsbron	Intensiteit	Snelheid	Ontstekingskans	Toelichting
Verkeer Nieuwesluisweg	100 / uur	30 km/h	0,4	Lage vervoersintensiteit
Scheepvaart Hartelkanaal	20 / dag	15 km/h	0,5	Vervoersintensiteit op basis van MER bestemmingsplan Maasvlakte 2.
Scheepvaart Seinehaven	25 / uur	2 km/h	0,5	Lage vervoersintensiteit

In de directe omgeving van de inrichting ligt een aanvliegeroute voor Rotterdam The Hague Airport. De verhoogde faalkans als gevolg van de aanvliegeroute is ter plaatse van de inrichting verwaarloosbaar: de inrichting ligt buiten de 10^{-8} PR-contour.

Overige modelinstellingen

Safeti-NL 8.21 berekent een overlijdenskans voor binnen en voor buiten³. In het onderzoek is uitgegaan van de standaardverdeling van 93% overdag inpandig en 99% 's nachts inpandig.

Activiteiten zijn bij WBT niet tot de dagperiode beperkt. Hierom is gekozen om de standaard verdeling voor de dag/nacht niet te wijzigen. Dit betreft een dag-/nachtverdeling van 0,44:0,56.

³ Dit in tegenstelling tot Safeti-NL versie 6.54, wat met een standaard correctiefactor de overlijdenskans verkleint. Inpandig is de overlijdenskans bij toxische scenario's 90% kleiner.

5. Resultaten

5.1 Plaatsgebonden risico

Figuur 6 toont de PR-contouren voor de aangevraagde situatie. De 10^{-6} PR-contour ligt binnen de gebiedsgebonden veiligheidscontour, waarbinnen het PR niet hoeft te worden getoetst. Ter plaatse van de veiligheidscontour wordt voldaan aan de grenswaarde voor het plaatsgebonden risico. In bijlage 3 zijn ook de 10^{-5} , 10^{-7} , 10^{-8} en 10^{-9} PR-risicocontouren weergegeven.



figuur 6: PR-contouren aangevraagde situatie.

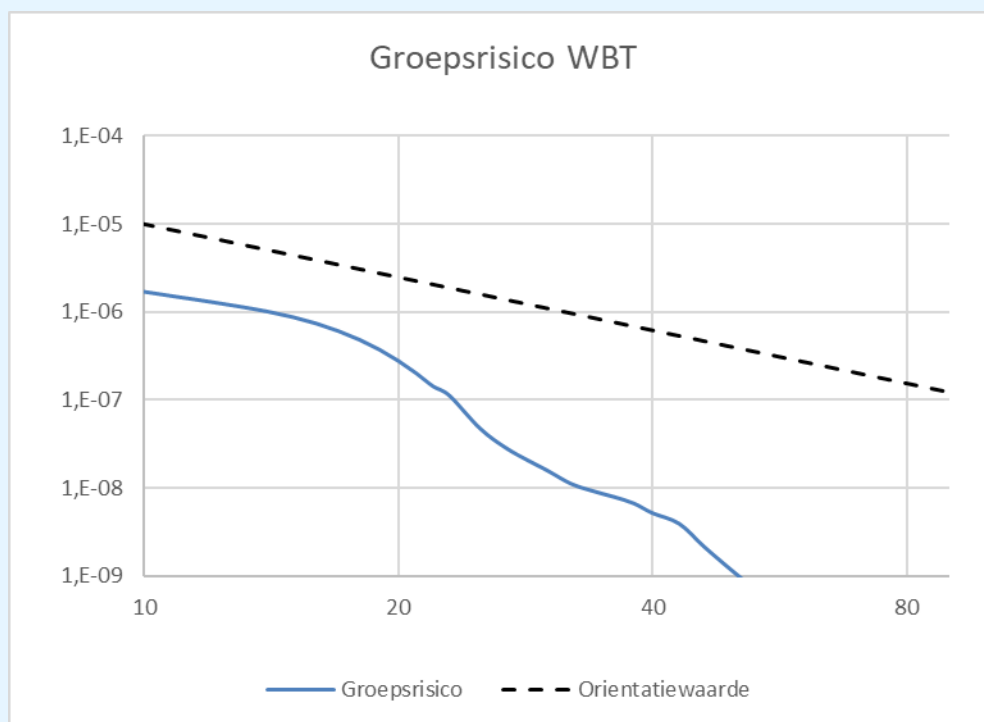
We hebben vier toetspunten in de omgeving van de inrichting aangegeven waarvoor het plaatsgebonden risico nader is uitgewerkt in tabel 9. Ter plaatse van de 10^{-6} -contour en de veiligheidscontour is LT3 maatgevend. Waarbij de meeste stuwadoors het aantal handelingen maatgevend is voor het externe risico, is dat bij WBT intrinsiek falen (IF). Belangrijkste redenen hiervoor zijn de relatief lange verblijftijd en de verhoogde faalkans door de windturbine.

tabel 9: uitgesplitste bijdrage per risk ranking point

Toetspunt	Inrichtingsgrens zuid	Buurgebouw (eerste gebouw buiten inrichting)	10 ⁻⁶ PR-contour	Veiligheidscontour
Kortste afstand tot stack	45m	130m	400m	480m
Hoogte PR	1,2 * 10 ⁻³	2,3 * 10 ⁻⁵	9,9 * 10 ⁻⁷	6,9 * 10 ⁻⁷
Grootste bijdrage	IF GF3 door windturbine, 53%	IF LT2 door windturbine, 36%	IF LT3 door windturbine, 90%	IF LT3 door windturbine, 91%
Tweede bijdrage	IF LT2 door windturbine, 31%	IF LT2 door windturbine, 19%	IF LT3, 3,6%	IF LT3, 3,7%
Derde bijdrage	IF GT3 door windturbine, 7,2%	Groot lek LT2, 10%	Klein lek LT3, 3,2%	Klein lek LT3, 3,0%
Vierde bijdrage	IF LT1 door windturbine, 2,1%	Klein lek LT2, 8%	Groot lek LT3, 2,4%	Groot lek LT3, 2,5%
Vijfde bijdrage	IF GF3, 1,2%	Groot lek GT3, 7%	Groot lek LT2, 0,4%	-
Overig	4,7%	20%	0%	0%

5.2 Groepsrisico

Figuur 7 toont de fN-curve voor de aangevraagde situatie. Het groepsrisico is 0,2 keer de oriëntatiewaarde. Volgens het beleid van de provincie Zuid-Holland moeten maatregelen worden overwogen om tot een zo laag mogelijk groepsrisico te komen. De bijdrage van LT3 aan het groepsrisico is het grootst. Beperkingen met betrekking tot deze 15 containers, zoals het aantal handelingen of de verblijfstijd beperken of het zo ver mogelijk van de windturbine stacken genereren de grootste reductie van het groepsrisico.



Figuur 7: fN-curve groepsrisico Waalhaven Botlek Terminal.

5.3 Effectafstanden

De maximale effectafstanden hebben we opgenomen in bijlage 4. De gifwolken die kunnen ontstaan bij ongevallen met LT3 hebben de grootste effectafstanden tot maximaal 2,9 km bij weertype F1,5, gevolgd door de effecten gerelateerd aan LT2 (470 m).

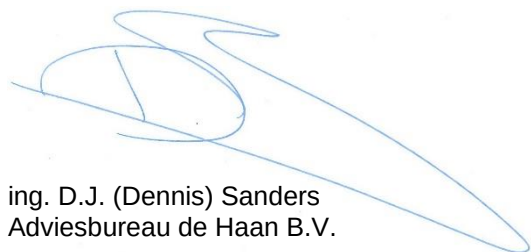
De maximale effectafstand voor brandbare stoffen zijn een BLEVE (167m bij alle weertypen) en een volkbrand als gevolg van een groot lek bij weertype F1,5.

6. Conclusie

Waalhaven Botlek Terminal beschikt over een inrichting aan de Nieuwesluisweg in Rotterdam. Het bedrijf vraagt een nieuwe omgevingsvergunning aan. In deze QRA hebben we de externe risico's vanwege de doorzet van geklasseerde stoffen beschouwd, zoals verwoord in paragrafen 3.2 en 3.3.

De aangevraagde situatie leidt tot een 10^{-6} PR-contour die geheel binnen de gebiedsgebonden veiligheidscontour Botlek-Vondelingenplaat ligt. De 10^{-6} PR-contour ligt binnen de vastgestelde veiligheidscontour. Daarmee voldoet Waalhaven Botlek Terminal aan de grenswaarde voor het plaatsgebonden risico.

Het groepsrisico is 0,2 keer de oriëntatiewaarde. De provincie Zuid-Holland moet het groepsrisico verantwoorden bij vergunningverlening.



ing. D.J. (Dennis) Sanders
Adviesbureau de Haan B.V.

Bijlage 1

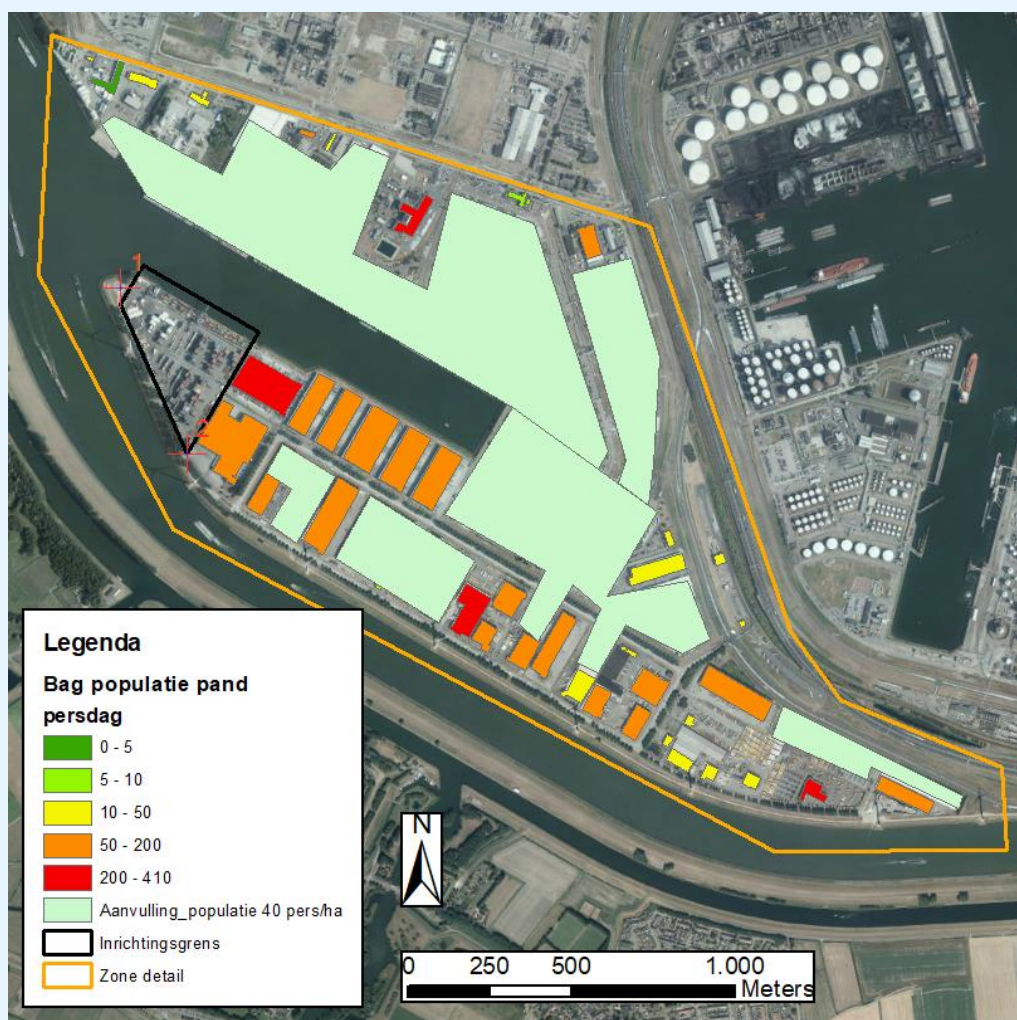
Titel	Invoergegevens populatie
-------	--------------------------

Populatie

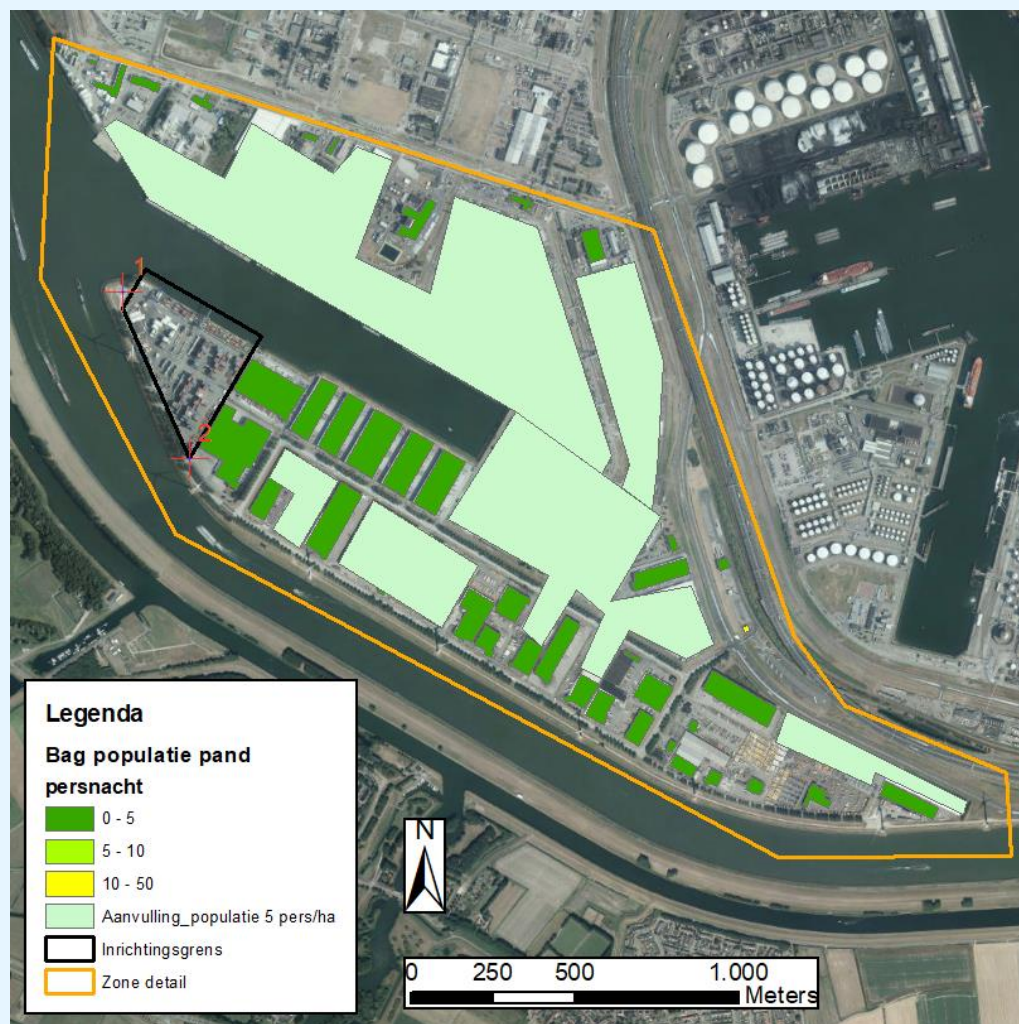
Voor de populatie is aangesloten bij de gegevens zoals opgenomen in de BAG-populatieservice. De gegevens zijn opgevraagd in november 2019 en zijn gebaseerd op de BAG-gegevens van juli 2019. Om het aantal bevolkingsvlakken te beperken is gekozen voor de volgende invoer:

- Invoergegevens op pandniveau voor alle gebouwen in een zone van circa 500 m nabij de inrichting. Zie hiervoor de figuren B1.1 en B1.2.
- Invoergegevens op basis van de BAG voor alle objecten buiten deze zone en binnen 8 km van de inrichting. Zie hiervoor de figuur B1.3 en tabel B1.1.

In de onderstaande afbeeldingen is de BAG-populatie weergegeven voor het omliggende bedrijventerrein. De terreinen waarvoor in de BAG geen populatie is opgenomen hebben we aangevuld met 40 pers/ha overdag en 5 pers/ha in de nacht.

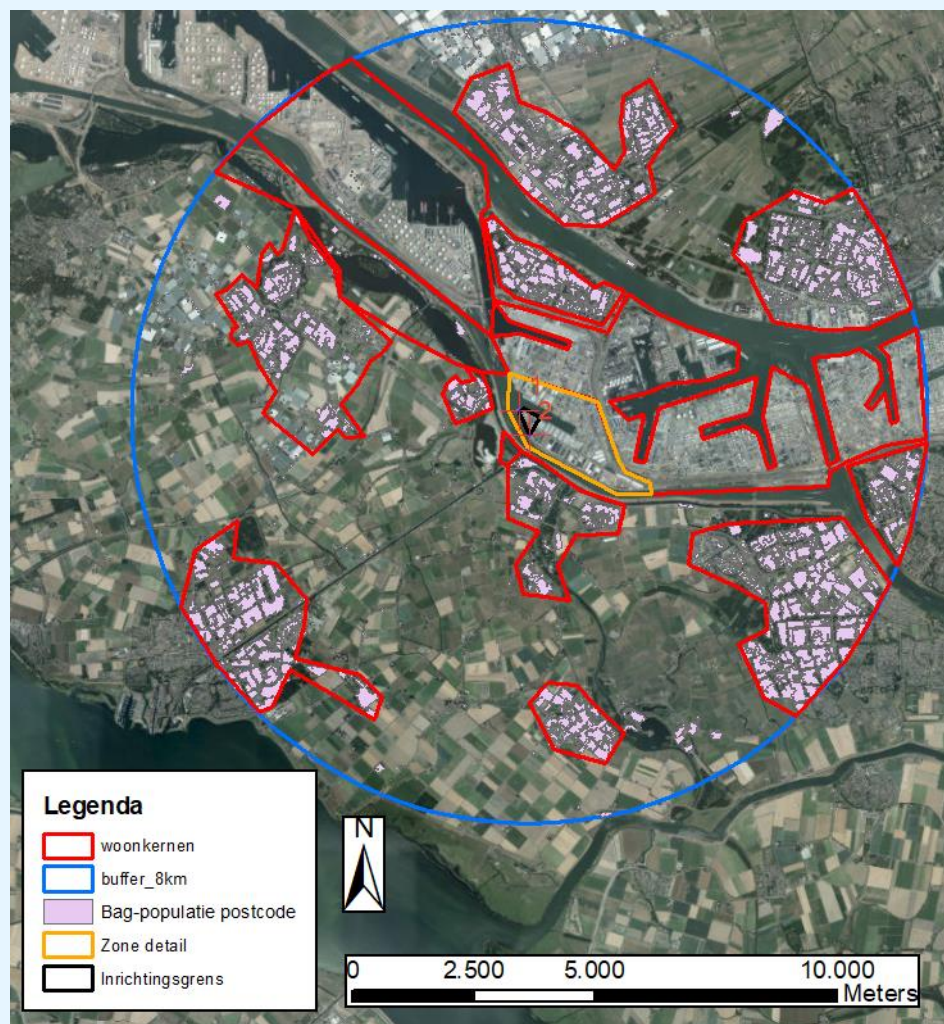


figuur B1.1: populatie dagperiode



figuur B1.2: populatie nachtperiode

De populatie voor de rest van het invloedsgebied hebben we vereenvoudigd door bevolkingskernen als 14 losse polygonen in te voeren die de BAG-populatie in het betreffende gebied omvatten. Overige bebouwing (verspreide bebouwing en lintbebouwing op meer dan 1 km van de inrichting) in het gebied is zo weinig aanwezig (dichtheden van 0,5 tot 2 personen/ha) dat deze niet bijdraagt aan het groepsrisico; deze hebben we daarom verwaarloosd.



figuur B1.3: aangevulde populatievlakken

Tabel B1.1: aanwezigen per populatievlak

Populatievlak	Personen overdag	Personen nacht	Oppervlakte [ha]	Dichtheid overdag [pers/ha]	Dichtheid nacht [pers/ha]
Rozenburg	10442	12656	267	39	47
Botlek	3270	267	1788	1,8	0,1
Europoort	2574	282	1352	1,9	0,2
Dijk	911	675	618	1,5	1,1
Brielle	19793	15547	857	23	18
Zwartwaal	1076	1177	73	15	16
Heenvliet	6027	6360	370	16	17
Hoogvliet	8112	8786	222	37	40
Spijkenisse	55978	49651	958	58	52
Zuidland	5700	5689	194	29	29
Hellevoetsluis	19121	22838	683	28	33
Maassluis	41116	46315	748	55	62
Vlaardingen	52605	43408	751	70	58
Recreatie	20	14	18	1,1	0,8

Bijlage 2

Bijlage 2a	Berekening faalkansen stuwadoorshandleiding
Bijlage 2b	Berekening faalkansen door windturbine

Doorzet

Stofcategorie	Aantal Containers	fractie van totaal
GF2	0	0,0%
GF3	425	4,2%
GT2	0	0,0%
GT3	225	2,2%
GT4	5	0,0%
LF1	0	0,0%
LF2	2500	24,6%
LT1	2250	22,1%
LT2	1250	12,3%
LT3	15	0,1%
Totaal relevant	6670	65,6%
NR	3500	34,4%
	10170	100,0%

Uitwerking overslag

Stofcategorie	% van totaal	aantal per jaar	basiskans	basiskans	faalkans stack	faalkans stack
			klein lek	groot lek	klein lek	groot lek
GF3		425	1,0E-06	1,0E-07	4,3E-04	4,3E-05
GT3		225	1,0E-06	1,0E-07	2,3E-04	2,3E-05
GT4		5	1,0E-06	1,0E-07	5,0E-06	5,0E-07
LF2		2.500	1,0E-06	1,0E-07	2,5E-03	2,5E-04
LT1		2.250	1,0E-06	1,0E-07	2,3E-03	2,3E-04
LT2		1.250	1,0E-06	1,0E-07	1,3E-03	1,3E-04
LT3		15	1,0E-06	1,0E-07	1,5E-05	1,5E-06

Uitwerking intrinsiek falen

Stofcategorie	Faalfrequentie	aantal per jaar	Verblijftijd	
GF2	5,0E-07	0	3,6E-01	0,0E+00
GF3	5,0E-07	425	3,6E-01	7,6E-05
GT2	5,0E-07	0	3,6E-01	0,0E+00
GT3	5,0E-07	225	3,6E-01	4,0E-05
GT4	5,0E-07	5	3,6E-01	8,9E-07
LF1	5,0E-07	0	3,6E-01	0,0E+00
LF2	5,0E-07	2.500	3,6E-01	4,4E-04
LT1	5,0E-07	2.250	3,6E-01	4,0E-04
LT2	5,0E-07	1.250	3,6E-01	2,2E-04
LT3	5,0E-07	15	3,6E-01	2,7E-06

Kans BLEVE

trunc randen stack	Stack	
f_overslag		0,00000015
Nv		2500
Pontsteking		0,13
R		0,9
kans plasbrand		4,9E-06
trefkans		
Ps		916,6666667
L		1100
H		5
I		6
Pv		32,00
H		5
d		34
trunc		28,00
afronding		
trefkans		3,5%
Ng		425
tijdcorrectie		35,6%
Kans BLEVE		2,6E-05

Allocatie handelingen

	Lengte rij	Aantal rijen	Fractie doorzet per Handelingen Faalkans			
A		100	2	0,091	9	0,136
B_binnen		100	2	0,091	8	0,121
B_buiten		100	2	0,091	10	0,152
C		50	2	0,045	9	0,068
D_binnen		50	2	0,045	8	0,061
D_Buiten		50	2	0,045	10	0,076

Allocatie Instantaan falen (zonder windturbine) / BLEVE

	Lengte rij	Aantal rijen	Fractie doorzet per rij	
Stack				
A		100	2	0,091
B_binnen		100	2	0,091
B_buiten		100	2	0,091
C		50	2	0,045
D_binnen		50	2	0,045
D_Buiten		50	2	0,045

Bepaling trefkans per container

Wanneer een blad, de mast of de rotor van een windturbine een container treft, wordt uitgegaan dat de inhoud van deze container instantaan vrijkomt. Het scenario is daarmee gelijk aan intrinsiek falen. In deze bijlage beschrijven we hoe we deze faalkans hebben bepaald.

De trefkans als gevolg van de drie beschouwde scenario's hebben we bepaald conform het Handboek Risicozonering Windturbines versie 3.1 bijlage C.

Trefkans bladbreuk:

Voor bladbreuk hebben we de vereenvoudigde aanpak gehanteerd met de formule:

$$P_o = P_{o_d} + P_{o_i}$$

Waarbij geldt:

$$P_{o_d} = P_{zwpt}(x^*, y^*) \cdot A_{pr} \quad \text{en}$$

$$P_{o_i} = P_{zwpt}(x^*, y^*) \left((2b + 2d) \cdot \frac{1}{3} \cdot L_b + \frac{\pi}{3} \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot L_b \right)^2 \right)$$

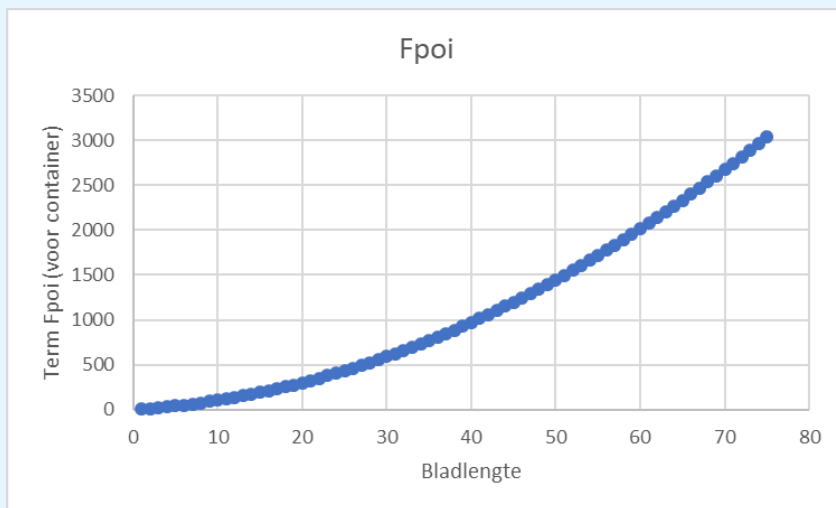
P_{od} beschrijft hierbij de kans dat het zwaartepunt van een blad de container direct raakt en is evenredig met het geprojecteerde oppervlak van de container.

P_{oi} beschrijft de kans dat het zwaartepunt in de buurt van de container ligt, maar dat de container alsnog wordt geraakt door een deel van het blad. Hoewel de inslag in dat geval normaliter minder hard is, wordt ook dan uitgegaan van instantaan vrijkomen van de gehele inhoud.

Bij de gestelde afmetingen van het blad en van de container is de tweede term (P_{oi}) maatgevend. Bij een container van 6m bij 2,5m bij 2,5m en een blad van 49,2m, leidt dit tot de formules:

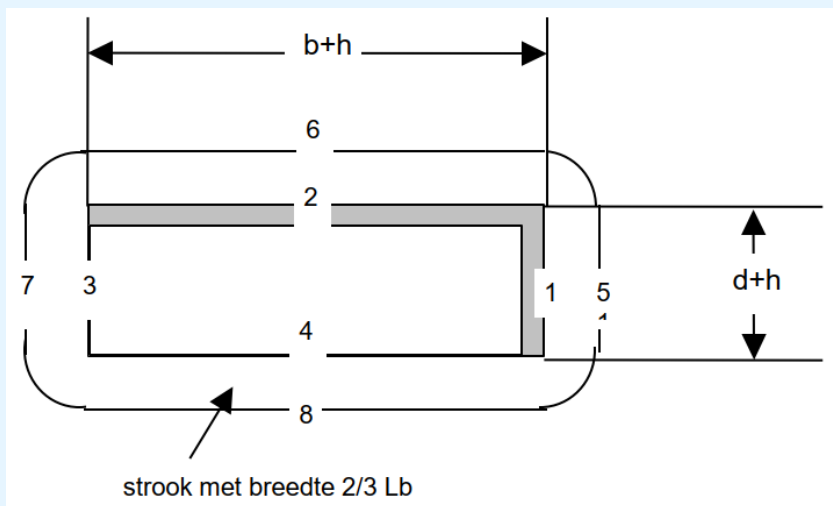
$$P_{od} = P_{zwpt} * 42,5 \quad \text{en} \quad P_{oi} = P_{zwpt} * 1405$$

De factor in de term P_{oi} is sterk afhankelijk van het kwadratische verband van de bladlengte, zoals onderstaande grafiek aantoont. Daarnaast leidt een kleiner blad vaak tot een kleinere waarde voor P_{zwpt} , omdat de rotatiesnelheid hoger wordt en de inslagkans over een groter gebied verdeeld.



figuur B1.1: de indirecte trefkans bij bladbreuk neemt kwadratisch toe bij grotere bladen

Als P_{zwpt} relatief constant is, volstaat de bepaling op één punt. Als dat niet het geval is, moet deze trefkans worden bepaald voor meerdere punten, zoals aangegeven in figuur B1.2. In de berekening gaan we uit van een container haaks op de turbine. De gemiddelde trefkans P_{oi} voor een container op afstand X wordt dan bepaald als $0,5 * P_{oiX} + 0,25 * P_{oi(X-2/3Lb)} + 0,25 * P_{oi(X+2/3Lb)}$.



figuur B1.2: locaties op basis waarvan een gemiddelde trefkans wordt bepaald. Voor Pod worden de punten 1 t/m4 gehanteerd, welke relatief constant zijn, voor Poi de punten 5 tot en met 8.

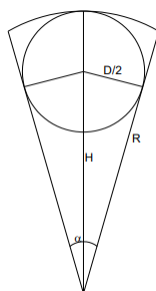
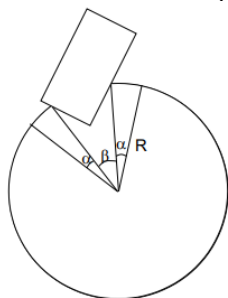
Trefkans mastbreuk of afvallende gondel met rotor

Voor Mastbreuk en voor een afvallende gondel met rotor hebben we de volgende formule gehanteerd:

$$P_g = P_{mb} \cdot \frac{1}{2\pi} \left[\beta + 2 \frac{\alpha}{2} \right]$$

Daarbij is alpha tweemaal de hoek die de windturbine maakt ten opzichte van de mast en beta de zichthoek van de container ten opzichte van de turbine. Alpha is daarmee een constante van $2 \cdot \arcsin(50,5/99) = 61$ graden (1,07 rad). Ook hier geldt dat een kleiner blad snel tot een kleinere term leidt.

Beta is de doorsnede van een container haaks op de windturbine ten opzichte van de afstand tot de windturbine. Wij gaan uit van een constante doorsnede van 4m, hoewel deze kan variëren tussen 2,5m en 6,5m. Afhankelijk van de afstand tot de turbine en neemt steeds verder af. De afstanden van turbine tot stackpositie zijn 105 tot 220 meter, zodat de term beta varieert tussen: 2,2 en 1 graden (0,038 tot 0,018 rad).

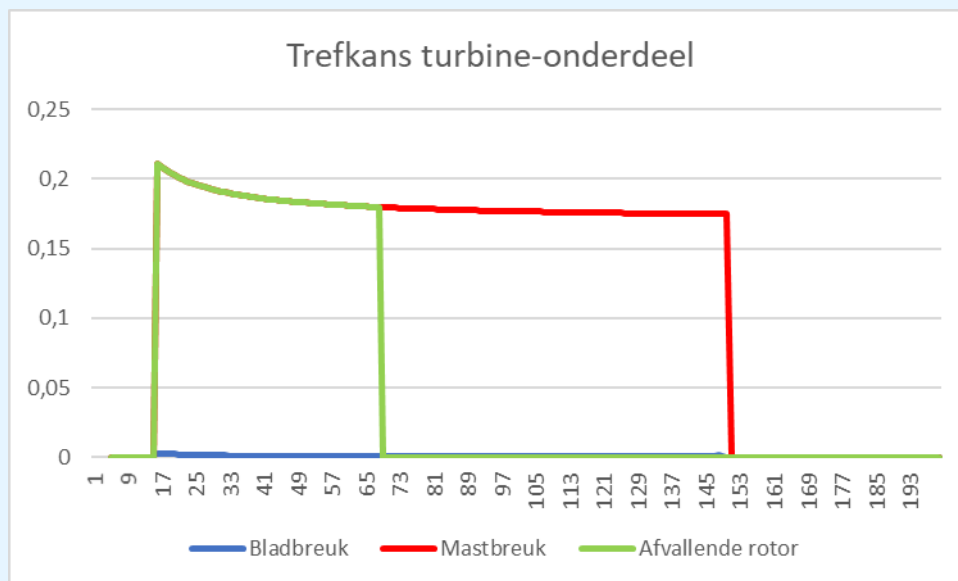


, waarbij alpha:

Vergelijking trefkans

Wanneer we de faalkans corrigeren voor de ongevalskans, krijgen we de trefkans. De trefkans bij mastbreuk is over het algemeen groter is dan bij bladbreuk. Belangrijkste oorzaak is dat mast met rotor veel groter is dan een blad.

Bij mastbreuk en een afvallende rotor wordt de alpha-hoek maatgevend en neemt de trefkans af tot net boven $1,07/2\pi = 17\%$.

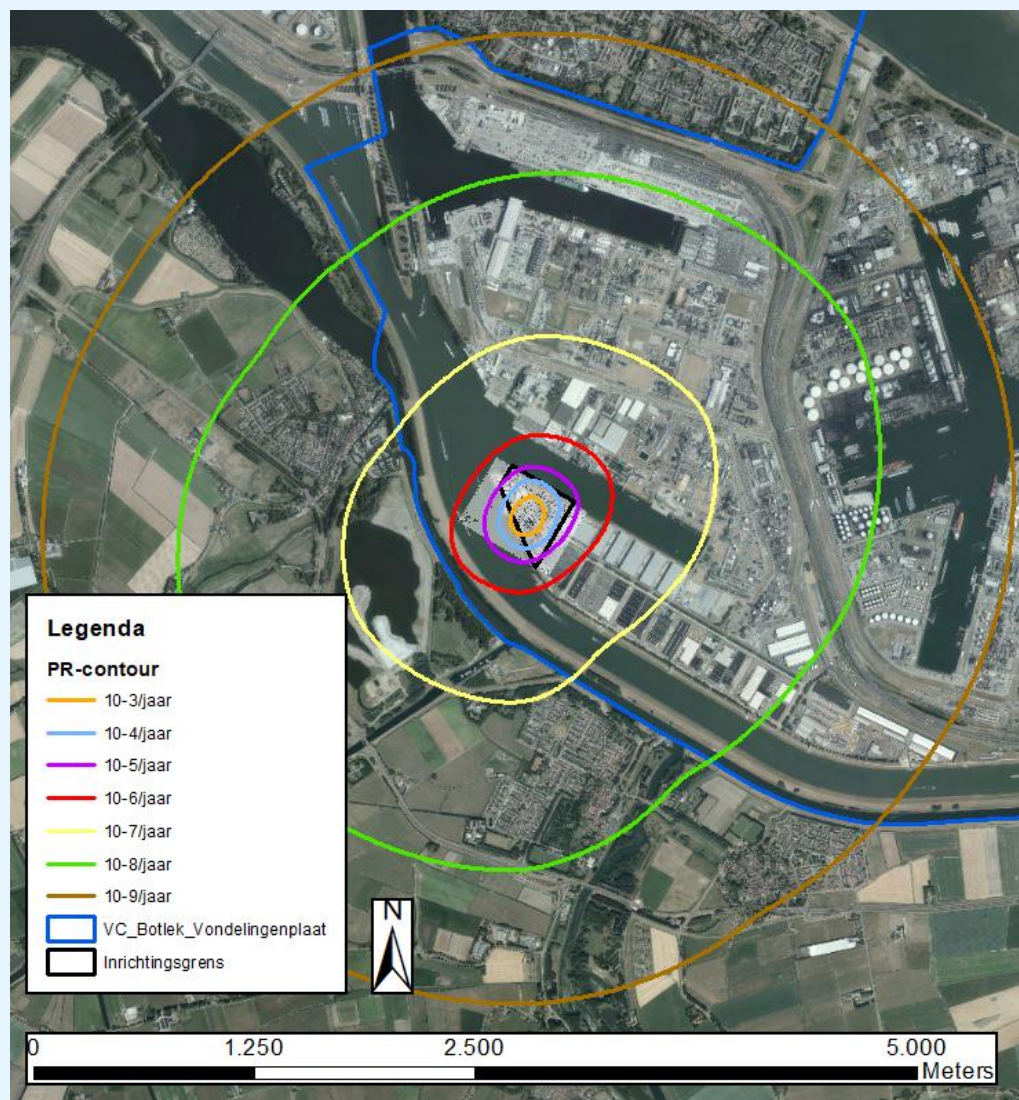


figuur B1.3: Trefkans per scenario

Bijlage 3

Titel

Overige PR-contouren



figuur B3.1: overige PR-contouren

Bijlage 4

Titel

Maximale effectafstanden

Equipment Item	Substance	Inventory Weather	Discharge Largest Dis	Largest Dis	Correpond Largest dis	Largest dis	Largest dis
Instantaan_GF3	PROPANE	10287 B 3		166	IRIBPT	166	311 549
Instantaan_GF3	PROPANE	10287 D 1.5		167	IRIBPT	167	313 554
Instantaan_GF3	PROPANE	10287 D 5		167	IRIBPT	167	313 554
Instantaan_GF3	PROPANE	10287 D 9		167	IRIBPT	167	313 554
Instantaan_GF3	PROPANE	10287 E 5		167	IRIBPT	167	313 554
Instantaan_GF3	PROPANE	10287 F 1.5		167	IRIBPT	167	313 554
Instantaan_LF2	N-HEXANE	18746 B 3		30	IRIBPT		32 80
Instantaan_LF2	N-HEXANE	18746 D 1.5		26	IRIBPT		29 71
Instantaan_LF2	N-HEXANE	18746 D 5		33	IRIBPT		34 86
Instantaan_LF2	N-HEXANE	18746 D 9		37	IRIBPT		37 90
Instantaan_LF2	N-HEXANE	18746 E 5		33	IRIBPT		34 85
Instantaan_LF2	N-HEXANE	18746 F 1.5		26	IRIBPT		29 71
Instantaan_GT4	SULFUR DIOXIDE	28181 B 3	166				
Instantaan_GT4	SULFUR DIOXIDE	28181 D 1.5	298				
Instantaan_GT4	SULFUR DIOXIDE	28181 D 5	177				
Instantaan_GT4	SULFUR DIOXIDE	28181 D 9	201				
Instantaan_GT4	SULFUR DIOXIDE	28181 E 5	169				
Instantaan_GT4	SULFUR DIOXIDE	28181 F 1.5	281				
Instantaan_GT3	AMMONIA	12483 B 3	157				
Instantaan_GT3	AMMONIA	12483 D 1.5	247				
Instantaan_GT3	AMMONIA	12483 D 5	158				
Instantaan_GT3	AMMONIA	12483 D 9	170				
Instantaan_GT3	AMMONIA	12483 E 5	156				
Instantaan_GT3	AMMONIA	12483 F 1.5	223				
Instantaan_LT1	ACRYLONITRILE	22910 B 3	53		44	77	124
Instantaan_LT1	ACRYLONITRILE	22910 D 1.5	90		39	74	122
Instantaan_LT1	ACRYLONITRILE	22910 D 5	74		49	79	124
Instantaan_LT1	ACRYLONITRILE	22910 D 9	62		53	80	122
Instantaan_LT1	ACRYLONITRILE	22910 E 5	81		49	79	124
Instantaan_LT1	ACRYLONITRILE	22910 F 1.5	144		39	74	122
Instantaan_LT2	ALLYLAMINE	21586 B 3	91		52	89	144
Instantaan_LT2	ALLYLAMINE	21586 D 1.5	186		46	86	142
Instantaan_LT2	ALLYLAMINE	21586 D 5	148		57	91	144
Instantaan_LT2	ALLYLAMINE	21586 D 9	120		61	93	141
Instantaan_LT2	ALLYLAMINE	21586 E 5	187		57	91	143
Instantaan_LT2	ALLYLAMINE	21586 F 1.5	378		46	85	142
Instantaan_LT3	ACROLEIN	23813 B 3	456		42	77	124
Instantaan_LT3	ACROLEIN	23813 D 1.5	1231		37	73	122
Instantaan_LT3	ACROLEIN	23813 D 5	943		47	79	124
Instantaan_LT3	ACROLEIN	23813 D 9	810		52	81	122
Instantaan_LT3	ACROLEIN	23813 E 5	1359		47	78	124
Instantaan_LT3	ACROLEIN	23813 F 1.5	2881		37	73	121
WT_Instantaan_GF3	PROPANE	10287 B 3		166	IRIBPT	166	311 549
WT_Instantaan_GF3	PROPANE	10287 D 1.5		167	IRIBPT	167	313 554
WT_Instantaan_GF3	PROPANE	10287 D 5		167	IRIBPT	167	313 554
WT_Instantaan_GF3	PROPANE	10287 D 9		167	IRIBPT	167	313 554
WT_Instantaan_GF3	PROPANE	10287 E 5		167	IRIBPT	167	313 554
WT_Instantaan_GF3	PROPANE	10287 F 1.5		167	IRIBPT	167	313 554
WT_Instantaan_LF2	N-HEXANE	18746 B 3		30	IRIBPT		32 80
WT_Instantaan_LF2	N-HEXANE	18746 D 1.5		26	IRIBPT		29 71
WT_Instantaan_LF2	N-HEXANE	18746 D 5		33	IRIBPT		34 86
WT_Instantaan_LF2	N-HEXANE	18746 D 9		37	IRIBPT		37 90
WT_Instantaan_LF2	N-HEXANE	18746 E 5		33	IRIBPT		34 85
WT_Instantaan_LF2	N-HEXANE	18746 F 1.5		26	IRIBPT		29 71
WT_Instantaan_GT4	SULFUR DIOXIDE	28181 B 3	166				
WT_Instantaan_GT4	SULFUR DIOXIDE	28181 D 1.5	298				
WT_Instantaan_GT4	SULFUR DIOXIDE	28181 D 5	177				
WT_Instantaan_GT4	SULFUR DIOXIDE	28181 D 9	201				
WT_Instantaan_GT4	SULFUR DIOXIDE	28181 E 5	169				
WT_Instantaan_GT4	SULFUR DIOXIDE	28181 F 1.5	281				
WT_Instantaan_GT3	AMMONIA	12483 B 3	157				
WT_Instantaan_GT3	AMMONIA	12483 D 1.5	247				
WT_Instantaan_GT3	AMMONIA	12483 D 5	158				
WT_Instantaan_GT3	AMMONIA	12483 D 9	170				
WT_Instantaan_GT3	AMMONIA	12483 E 5	156				
WT_Instantaan_GT3	AMMONIA	12483 F 1.5	223				

WT_Instantaan_LT1	ACRYLONITRILE	22910 B 3		53		44	77	124
WT_Instantaan_LT1	ACRYLONITRILE	22910 D 1.5		90		39	74	122
WT_Instantaan_LT1	ACRYLONITRILE	22910 D 5		74		49	79	124
WT_Instantaan_LT1	ACRYLONITRILE	22910 D 9		62		53	80	122
WT_Instantaan_LT1	ACRYLONITRILE	22910 E 5		81		49	79	124
WT_Instantaan_LT1	ACRYLONITRILE	22910 F 1.5		144		39	74	122
WT_Instantaan_LT2	ALLYLAMINE	21586 B 3		91		52	89	144
WT_Instantaan_LT2	ALLYLAMINE	21586 D 1.5		186		46	86	142
WT_Instantaan_LT2	ALLYLAMINE	21586 D 5		148		57	91	144
WT_Instantaan_LT2	ALLYLAMINE	21586 D 9		120		61	93	141
WT_Instantaan_LT2	ALLYLAMINE	21586 E 5		187		57	91	143
WT_Instantaan_LT2	ALLYLAMINE	21586 F 1.5		378		46	85	142
WT_Instantaan_LT3	ACROLEIN	23813 B 3		456		42	77	124
WT_Instantaan_LT3	ACROLEIN	23813 D 1.5		1231		37	73	122
WT_Instantaan_LT3	ACROLEIN	23813 D 5		943		47	79	124
WT_Instantaan_LT3	ACROLEIN	23813 D 9		810		52	81	122
WT_Instantaan_LT3	ACROLEIN	23813 E 5		1359		47	78	124
WT_Instantaan_LT3	ACROLEIN	23813 F 1.5		2881		37	73	121
KL_GF3	PROPANE	10287 B 3	1,2		22 CNIHJO	17	22	28
KL_GF3	PROPANE	10287 D 1.5	1,2		24 CNIHJO	20	24	31
KL_GF3	PROPANE	10287 D 5	1,2		20 CNIHJO	16	20	27
KL_GF3	PROPANE	10287 D 9	1,2		19 CNIHJO	15	19	27
KL_GF3	PROPANE	10287 E 5	1,2		20 CNIHJO	16	20	27
KL_GF3	PROPANE	10287 F 1.5	1,2		24 CNIHJO	20	24	31
KL_LF2	N-HEXANE	18746 B 3	0,8		16 CRIHJP	9	26	47
KL_LF2	N-HEXANE	18746 D 1.5	0,8		15 CRIHJP	9	22	44
KL_LF2	N-HEXANE	18746 D 5	0,8		16 CRIHJP	10	30	49
KL_LF2	N-HEXANE	18746 D 9	0,8		17 CRIHJP	11	33	50
KL_LF2	N-HEXANE	18746 E 5	0,8		16 CRIHJP	10	30	48
KL_LF2	N-HEXANE	18746 F 1.5	0,8		15 CRIHJP	9	22	44
KL_GT4	SULFUR DIOXIDE	28181 B 3	1,0	39				
KL_GT4	SULFUR DIOXIDE	28181 D 1.5	1,0	63				
KL_GT4	SULFUR DIOXIDE	28181 D 5	1,0	43				
KL_GT4	SULFUR DIOXIDE	28181 D 9	1,0	30				
KL_GT4	SULFUR DIOXIDE	28181 E 5	1,0	53				
KL_GT4	SULFUR DIOXIDE	28181 F 1.5	1,0	80				
KL_GT3	AMMONIA	12483 B 3	1,4	67				
KL_GT3	AMMONIA	12483 D 1.5	1,4	102				
KL_GT3	AMMONIA	12483 D 5	1,4	75				
KL_GT3	AMMONIA	12483 D 9	1,4	66				
KL_GT3	AMMONIA	12483 E 5	1,4	80				
KL_GT3	AMMONIA	12483 F 1.5	1,4	121				
KL_LT1	ACRYLONITRILE	22910 B 3	1,2	31		16	31	49
KL_LT1	ACRYLONITRILE	22910 D 1.5	1,2	66		14	29	48
KL_LT1	ACRYLONITRILE	22910 D 5	1,2	47		17	32	49
KL_LT1	ACRYLONITRILE	22910 D 9	1,2	38		19	33	48
KL_LT1	ACRYLONITRILE	22910 E 5	1,2	63		17	31	49
KL_LT1	ACRYLONITRILE	22910 F 1.5	1,2	146		14	29	48
KL_LT2	ALLYLAMINE	21586 B 3	1,0	47		20	35	57
KL_LT2	ALLYLAMINE	21586 D 1.5	1,0	105		17	34	56
KL_LT2	ALLYLAMINE	21586 D 5	1,0	77		22	37	57
KL_LT2	ALLYLAMINE	21586 D 9	1,0	61		25	37	56
KL_LT2	ALLYLAMINE	21586 E 5	1,0	109		22	36	56
KL_LT2	ALLYLAMINE	21586 F 1.5	1,0	249		17	33	56
KL_LT3	ACROLEIN	23813 B 3	1,2	189		14	31	49
KL_LT3	ACROLEIN	23813 D 1.5	1,2	506		13	29	48
KL_LT3	ACROLEIN	23813 D 5	1,2	375		16	32	49
KL_LT3	ACROLEIN	23813 D 9	1,2	303		17	33	48
KL_LT3	ACROLEIN	23813 E 5	1,2	554		16	31	49
KL_LT3	ACROLEIN	23813 F 1.5	1,2	1403		13	29	47
GL_GF3	PROPANE	10287 B 3	28,9		91 CNIHJO	70	91	123
GL_GF3	PROPANE	10287 D 1.5	28,9		144 CNIHJO	79	100	131
GL_GF3	PROPANE	10287 D 5	28,9		89 CNIHJO	65	85	118
GL_GF3	PROPANE	10287 D 9	28,9		82 CNIHJO	61	82	116
GL_GF3	PROPANE	10287 E 5	28,9		87 CNIHJO	65	85	118
GL_GF3	PROPANE	10287 F 1.5	28,9		170 CNFFXO	79	100	131
GL_LF2	N-HEXANE	18746 B 3	5,2		25 CRIHJP	11	28	69

GL_LF2	N-HEXANE	18746 D 1.5	5,2		22 CRIHJP	11	25	62
GL_LF2	N-HEXANE	18746 D 5	5,2		27 CRIHJP	11	31	74
GL_LF2	N-HEXANE	18746 D 9	5,2		28 CRIHJP	12	33	77
GL_LF2	N-HEXANE	18746 E 5	5,2		27 CRIHJP	11	31	73
GL_LF2	N-HEXANE	18746 F 1.5	5,2		22 CRIHJP	11	25	62
GL_GT3	AMMONIA	12483 B 3	33,8	197				
GL_GT3	AMMONIA	12483 D 1.5	33,8	328				
GL_GT3	AMMONIA	12483 D 5	33,8	236				
GL_GT3	AMMONIA	12483 D 9	33,8	216				
GL_GT3	AMMONIA	12483 E 5	33,8	237				
GL_GT3	AMMONIA	12483 F 1.5	33,8	346				
GL_GT4	SULFUR DIOXIDE	28181 B 3	26,2	150				
GL_GT4	SULFUR DIOXIDE	28181 D 1.5	26,2	245				
GL_GT4	SULFUR DIOXIDE	28181 D 5	26,2	177				
GL_GT4	SULFUR DIOXIDE	28181 D 9	26,2	158				
GL_GT4	SULFUR DIOXIDE	28181 E 5	26,2	202				
GL_GT4	SULFUR DIOXIDE	28181 F 1.5	26,2	314				
GL_LT1	ACRYLONITRILE	22910 B 3	7,5	68		36	63	102
GL_LT1	ACRYLONITRILE	22910 D 1.5	7,5	127		31	60	100
GL_LT1	ACRYLONITRILE	22910 D 5	7,5	107		40	65	102
GL_LT1	ACRYLONITRILE	22910 D 9	7,5	88		44	66	100
GL_LT1	ACRYLONITRILE	22910 E 5	7,5	141		40	65	101
GL_LT1	ACRYLONITRILE	22910 F 1.5	7,5	263		31	60	100
GL_LT2	ALLYLAMINE	21586 B 3	6,1	101		43	73	118
GL_LT2	ALLYLAMINE	21586 D 1.5	6,1	210		37	70	116
GL_LT2	ALLYLAMINE	21586 D 5	6,1	178		47	75	118
GL_LT2	ALLYLAMINE	21586 D 9	6,1	145		50	76	116
GL_LT2	ALLYLAMINE	21586 E 5	6,1	248		47	74	117
GL_LT2	ALLYLAMINE	21586 F 1.5	6,1	472		37	70	116
GL_LT3	ACROLEIN	23813 B 3	7,2	428		33	63	102
GL_LT3	ACROLEIN	23813 D 1.5	7,2	1075		29	60	99
GL_LT3	ACROLEIN	23813 D 5	7,2	884		37	65	102
GL_LT3	ACROLEIN	23813 D 9	7,2	742		41	67	100
GL_LT3	ACROLEIN	23813 E 5	7,2	1275		37	64	101
GL_LT3	ACROLEIN	23813 F 1.5	7,2	2868		29	60	99
Standalone Fireball	PROPANE	B 3			166 SAIBO	166	311	549
Standalone Fireball	PROPANE	D 1.5			167 SAIBO	167	313	554
Standalone Fireball	PROPANE	D 5			167 SAIBO	167	313	554
Standalone Fireball	PROPANE	D 9			167 SAIBO	167	313	554
Standalone Fireball	PROPANE	E 5			167 SAIBO	167	313	554
Standalone Fireball	PROPANE	F 1.5			167 SAIBO	167	313	554
Maximum afstanden			2881	170		167	313	554

Bijlage 5

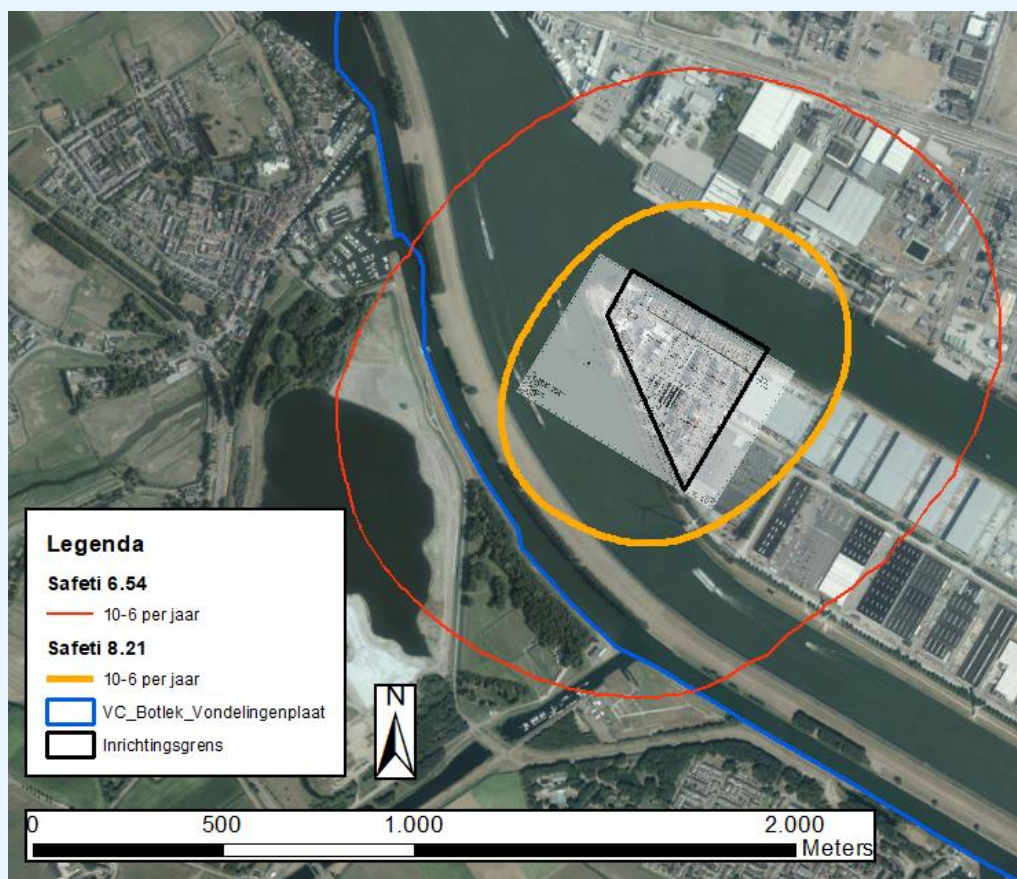
Titel

Berekening volgens Safeti 6.54

Formeel is Safeti-NL versie 6.54 het voorgeschreven model, hoewel dit model binnenkort wordt vervangen door Safeti-NL versie 8.21. Safeti-NL versie 8.21 berekent een aantal effecten op een andere manier, zoals de verspreiding van toxische gassen. De uiteindelijke resultaten worden mede door de modelversie bepaald. Daarom toont deze bijlage een vergelijking van de resultaten uit hoofdstuk 5 wanneer met het oorspronkelijke model 6.54 zou zijn gerekend.

Plaatsgebonden risico

Figuur B5.1 toont de 10^{-6} /jaar PR-contour zoals berekend met 6.54 ten opzichte van 8.21. Inherent aan de standaard modelinstellingen en Risk Based rekenen is het grid met Safeti-NL versie 6.54 grover en daarmee de contour wat hoekiger, hoewel dit bij grotere afstanden uitvlakt. De contour ligt met versie 6.54 gemiddeld circa 400 meter wijder dan met Safeti-NL versie 8.21. Omdat de PR-contour in versie 6.54 buiten de veiligheidscontour reikt, wordt bij deze modelversie niet voldaan aan de grenswaarde voor het plaatsgebonden risico.



figuur B5.1: vergelijking 10^{-6} PR-contouren Safeti-NL 6.54 en Safeti-NL 8.21

Maximum effectafstanden

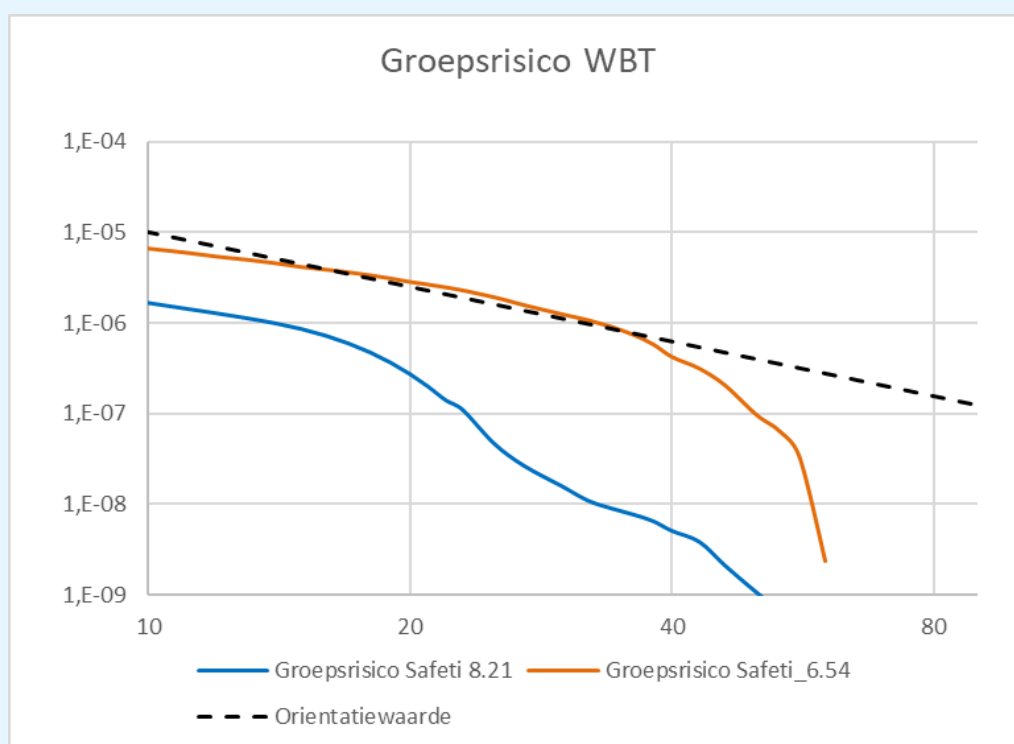
Zowel in Safeti 6.54 als in Safeti 8.21 leiden een groot lek van LT3 en intrinsiek falen van een tankcontainer/tanktrailer GF3 tot de grootste effectafstanden.

- Een gifwolk bij intrinsiek falen van een tankcontainer LT3 leidt in Safeti 6.54 bij weertype F1,5 tot een 1% letaliteitsafstand van 7,1 kilometer, in Safeti-NL 8.21 is dit 2,9 kilometer.

- Een BLEVE van GF3 leidt in Safeti 6.54 bij alle weertypen tot een effectafstand van 213 meter, in Safeti-NL 8.21 is dit 167 meter.

Groepsrisico

Figuur B5.2 toont de FN-curve van het berekende groepsrisico voor de aangevraagde situatie met Safeti-NL 8.21 en Safeti-NL 6.54. Omdat toxische wolken verder reiken en daardoor bij dezelfde faalkans tot meer slachtoffers leiden, berekent Safeti-NL versie 6.54 een hoger groepsrisico. De normwaarde van de getoonde curve voor de aangevraagde situatie is 1,22 keer de oriëntatiewaarde bij 23 slachtoffers.



figuur B5.2: FN-curves groepsrisico