



Tauw

Bijlage 11A V4: Kwantitatieve risicoanalyse Verda B.V. te Delfzijl

30 juni 2021



Verantwoording

Titel	Bijlage 11A V4: Kwantitatieve risicoanalyse Verda B.V. te Delfzijl
Opdrachtgever	Verda B.V.
Projectleider	[REDACTED]
Auteur(s)	[REDACTED]
Laatste aanpassing	[REDACTED]
Tweede lezer	[REDACTED]
Projectnummer	1265249
Aantal pagina's	37
Datum	30 juni 2021
Handtekening	Ontbreekt in verband met digitale verwerking. Dit rapport is aantoonbaar vrijgegeven.

Colofon

TAUW bv
Handelskade 37
Postbus 133
7400 AC Deventer
T +31 57 06 99 91 1
E info.deventer@tauw.com

Inhoud

1	Inleiding	6
1.1	Aanleiding	6
1.2	Doelstelling.....	6
1.3	Leeswijzer	6
2	Beleid met betrekking tot externe veiligheid.....	7
2.1	Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi).....	7
2.2	Kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten	7
2.3	Plaatsgebonden risico (PR)	8
2.4	Groepsrisico (GR)	8
3	Beschrijving van de inrichting	9
3.1	Doel van de inrichting.....	9
3.2	Algemene bedrijfsactiviteiten	9
3.3	Procesbeschrijving	10
3.3.1	Aanvoer en opslag grondstoffen	10
3.3.2	Het thermische proces	10
3.3.3	Productielijnen voor nabewerking en pelleteren van gerecycled chemisch product.	11
3.3.4	Productie lichte- en zware fractie teruggewonnen brandstof	11
3.3.5	Op- en overslag van producten.....	12
3.4	De omgevingsbebouwing en gebiedsfuncties	12
4	Algemene uitgangspunten.....	14
4.1	Risicoanalysemethodiek	14
4.2	Modelparameters	14
4.3	Ontstekingsbronnen	15
4.4	Populatiegegevens.....	15
5	Subselectie en inventarisatie relevante activiteiten.....	16
5.1	Subselectie.....	16
5.1.1	Inventarisatie risicovolle stoffen	16
5.1.2	Verwarmde aardolieproducten	18
5.1.3	Uitgangspunten en resultaat subselectie	19
5.2	PGS 15 opslagen	21



5.3	Opslag van gascilinders	21
5.4	Vapour recovery unit	21
5.5	Verlading gevaarlijke stoffen	21
5.6	Leidingen	22
5.7	Geselecteerde installaties en activiteiten	22
6	Faalscenario's en gegevens modellering	23
6.1	Scenario's opslagtanks	23
6.1.1	Initiële faalscenario's atmosferische opslagtanks	23
6.1.2	Relevante tankopslagen	23
6.2	Scenario's procesinstallaties	24
6.2.1	Initiële faalscenario's procesinstallaties	25
6.2.2	Relevante procesinstallaties	26
6.3	Scenario's leidingen	26
6.3.1	Initiële faalscenario's leidingen	27
6.3.2	Gegevens geselecteerde leidingen	27
6.4	Scenario's transport en verlading	27
6.4.1	Initiële faalscenario's transportmiddelen en verlading	27
6.4.2	Uitstroomduur	28
6.4.3	Maximaal plasoppervlak tankwagenverlading	28
6.4.4	Nalevering	28
6.4.5	Verladingsgegevens tankwagen	29
6.4.6	Verladingsgegevens binnenvaartschepen	29
6.5	Invloed windmolens	30
6.6	Beschouwing gascilinders	30
7	Resultaten	32
7.1	Effectafstand tot 1 % letaal (LC01)	32
7.2	Plaatsgebonden risico	32
7.3	Groepsrisico	35
7.4	Maximale effectafstanden en scenario's met de grootste risicobijdrage	35
7.4.1	Maximale effectafstanden	35
7.4.2	Scenario's met de grootste risicobijdrage	35
8	Conclusie	37



Bijlage 1	Locatietekening Verda
Bijlage 2	Subselectie
Bijlage 3	Gegevens bulkverlading en leidingen
Bijlage 4	Faalfrequenties en scenario's
Bijlage 5	Invloed windturbines

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Verda B.V. te Delfzijl (hierna: Verda) vraagt een omgevingsvergunning aan ingevolge de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) voor het onderdeel milieu. Verda bedrijft momenteel nog geen inrichting, waardoor de vergunningaanvraag beschouwd moet worden als oprichtingsvergunning.

Verda verwerkt rubberen snippers en produceert hiermee geavanceerde teruggewonnen brandstoffen en gerecyclede chemische producten van hoge kwaliteit. Deze technologie wordt reeds enige jaren toegepast op een volwaardige productielocatie in het buitenland (binnen de EU). Voor het omzetten van rubberen snippers gebruikt Verda een technologisch vooruitstrevend proces.

In het kader van de vergunningsaanvraag is voor Verda een kwantitatieve risicoanalyse uitgevoerd. Verda valt onder de Bevi (Besluit externe veiligheid inrichtingen) wetgeving wegens het overschrijden van de hoge drempelwaarde van het Brzo 2015 (Besluit risico's zware ongevallen 2015).

1.2 Doelstelling

Het doel van de QRA is het vaststellen van het plaatsgebonden risico en het groepsrisico van de risicodragende activiteiten. De uitkomsten van de in dit rapport beschreven uitvoering van de QRA worden beschouwd in het kader van de wetgeving op het gebied van externe veiligheid, het Bevi.

1.3 Leeswijzer

De opbouw van dit rapport is als volgt. In hoofdstuk 1 is de inleiding weergegeven. Hoofdstuk 2 beschrijft het toetsingskader. Hoofdstuk 3 beschrijft de bedrijfslocatie en beschrijft de voornaamste activiteiten binnen de inrichting. Hoofdstuk 4 geeft de uitgangspunten en de modelleringgegevens weer die zijn gehanteerd voor het uitvoeren van de risicoberekeningen. In hoofdstuk 5 en 6 is de selectie van de activiteiten weergegeven die relevant zijn met betrekking tot de externe veiligheid en in de QRA zijn beschouwd. De resultaten van de risicoberekeningen zijn beschreven in hoofdstuk 7. In hoofdstuk 8 wordt de conclusie geformuleerd en getoetst aan de geldende wet- en regelgeving.



2 Beleid met betrekking tot externe veiligheid

2.1 Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi)

Op 27 oktober 2004 is het Bevi van kracht geworden. Tegelijkertijd met dit besluit is een ministeriële regeling gepubliceerd met daarin opgenomen onder andere tabellen met veiligheidsafstanden en rekenvoorschriften. In de onderstaande paragrafen wordt een korte samenvatting gegeven van het Bevi.

2.2 Kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten

Bij de normstelling in het Bevi wordt onderscheid gemaakt tussen kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten. Kwetsbare objecten zijn objecten die vanwege hun functie of vanwege de aanwezigheid van veel personen beschermd moeten worden. Beperkt kwetsbare objecten zijn objecten die vanwege de aard ervan iets minder bescherming nodig hebben dan kwetsbare objecten. Voor beide categorieën objecten geldt dat het bevoegd gezag gemotiveerd objecten aan de lijst kan toevoegen. Objecten die niet onder een van beide categorieën kunnen worden ingedeeld, worden vanuit het oogpunt van externe veiligheid niet als kwetsbaar beschouwd. De normen uit het Bevi zijn op dergelijke objecten niet van toepassing.

Tabel 2.1 Kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten

Kwetsbare objecten	Beperkt kwetsbare objecten
Woningen	Verspreid liggende woningen (2/ha)
Ziekenhuizen, bejaarden- en verpleeghuizen e.d.	Dienst- en bedrijfswoningen
Scholen en dagopvang minderjarigen	Kantoorgebouwen (< 1.500 m ²)
Kantoorgebouwen en hotels (> 1.500 m ²)	Hotels en restaurants (< 1.500 m ²)
Winkelcentra (> 1.000 m ² > 5 winkels)	Winkels
Winkel met supermarkt (> 2.000 m ²)	Sport-, kampeer- en recreatieterreinen (< 50 personen)
Kampeer- en verblijfsrecreatieterrein (> 50 personen)	Bedrijfsgebouwen
Andere gebouwen met veel personen	Equivalente objecten en objecten met hoge infrastructurele waarde

Opgemerkt dient te worden dat bedrijfsgebouwen als beperkt kwetsbare objecten worden aangemerkt. Bedrijfsgebouwen behorende bij inrichtingen die onder het Bevi vallen worden echter niet als beperkt kwetsbaar object aangemerkt bij de toepassing van de normen voor het plaatsgebonden risico.

Het risicobeleid in het Bevi is gestoeld op twee risicomaten:

- Plaatsgebonden risico (PR)
- Groepsrisico (GR)

Deze risicomaten worden in onderstaande paragrafen verder toegelicht.

2.3 Plaatsgebonden risico (PR)

Het PR beschrijft de kans op overlijden van een persoon in de vorm van ISO-risicocontouren op een plattegrond. Het geeft aan wat de exacte kans is dat een persoon overlijdt wanneer hij zich, onbeschermd, in het op de plattegrond aangegeven gebied bevindt. Bij het berekenen van het risico wordt ervan uitgegaan dat een persoon zich 24 uur per dag op deze plek bevindt.

Voor inrichtingen die worden opgericht en in werking gebracht gelden, conform artikel 4, eerste lid, van het Bevi, de volgende grens- en richtwaarde:

- De grenswaarde voor al dan niet geprojecteerde kwetsbare objecten is 10^{-6} per jaar
- De richtwaarde voor al dan niet geprojecteerde beperkt kwetsbare objecten is 10^{-6} per jaar

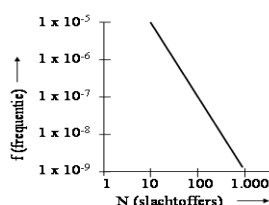
Voor inrichtingen waarin of in de werking waarvan een verandering wordt aangebracht gelden dezelfde grens- en richtwaarde.

2.4 Groepsrisico (GR)

Het GR ligt in het verlengde van het PR en gaat uit van de daadwerkelijke aanwezigheid van personen en geeft de kans dat een bepaalde groep personen tegelijkertijd slachtoffer kunnen worden door toedoen van een calamiteit met gevaarlijke stoffen. Het GR kent, in tegenstelling tot het PR, echter geen strikte normering. Wel wordt er uitgegaan van een oriëntatiewaarde die recht doet aan risicoaversie (hoe groter de ramp, hoe lager het acceptabele risico). De oriëntatiewaarde geeft een eerste inzicht in het niveau van het risico. Om het groepsrisico te beoordelen moet het bevoegd gezag daarnaast aangeven:

- Hoe groot de personendichtheid in het invloedsgebied van de inrichting is (begrensd door 1% letaliteit) en hoe deze eventueel wijzigt in de toekomst
- De mogelijke maatregelen die van invloed zijn op het groepsrisico en op welke wijze deze zijn meegenomen in het onderzoek
- Hoe rekening is gehouden met aspecten als rampenbestrijding, zelfredzaamheid van personen in het invloedsgebied en beheersbaarheid van de ramp bij een calamiteit

Dit betreft de zogenaamde verantwoording van het groepsrisico. Als de oriëntatiewaarde wordt overschreden kan toch een vergunning worden verleend. In alle gevallen moet door het bevoegd gezag invulling worden gegeven aan de verantwoordingsplicht. In onderstaand figuur is de oriëntatiewaarde weergegeven.



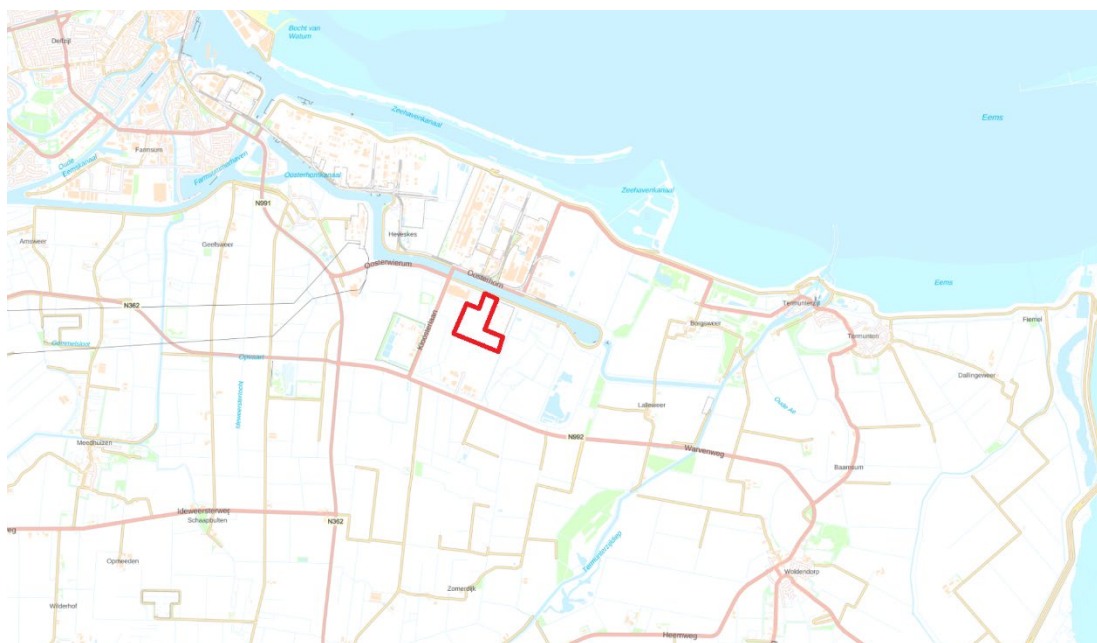
Figuur 2.1 Oriëntatiewaarde voor het groepsrisico volgens Bevi

3 Beschrijving van de inrichting

3.1 Doel van de inrichting

Verda verwerkt rubberen snippers en produceert hiermee geavanceerde teruggewonnen brandstoffen en gerecyclede chemische producten van hoge kwaliteit. Deze technologie wordt reeds enige jaren toegepast op een volwaardige productielocatie in het buitenland (binnen de EU). Voor het omzetten van rubberen snippers gebruikt Verda een technologisch vooruitstrevend proces.

De inrichting van Verda is gelegen aan de Oosterwierum te Delfzijl (Farmsum). De beoogde locatie voor het initiatief is een braakliggende locatie binnen haven- en industriegebied Oosterhorn dat onderdeel is van de Haven van Delfzijl van Groningen Seaports. Onderstaande figuur toont de beoogde locatie. De inrichtingstekening is opgenomen in bijlage 1.



Figuur 3.1 Beoogde locatie Verda (rood omrand)

3.2 Algemene bedrijfsactiviteiten

De inrichting is ontworpen op een verwerking van maximaal 176.500 ton per jaar aan rubberen snippers die door geavanceerd thermisch proces worden omgezet in onderstaande producten. De snippers komen van bedrijven die afgedankt rubber hebben verkleind en (grotendeels) hebben ontdaan van bijmenging zoals ijzer. Deze snippers worden aangemerkt als afvalstoffen omdat de oorspronkelijke eigenaar zich van het materiaal heeft ontdaan.

De rubberen snippers worden in de installatie van Verda verder verwerkt tot circa:

- 45 % gerecyclede chemisch product
- 40 % geavanceerde teruggewonnen brandstoffen
- 10 % procesgas
- 5 % waterdamp

3.3 Procesbeschrijving

Het productieproces is gericht op het vervaardigen van twee hoofdproducten: gerecycled chemisch product en geavanceerde brandstoffen. De basis van het productieproces is een thermische stap, een vaak toegepaste technologie voor ontleding van organische stoffen. De (tussen) producten uit het proces worden verder behandeld met verschillende zuiverings- en scheidingsstappen, om aan de uiteindelijke kwaliteitseisen voor de producten te voldoen.

De procesinstallaties zijn als volgt onder te verdelen en als zodanig ook gegroepeerd binnen de inrichting:

- I. Aanvoer en opslag van grondstoffen
- II. Proces (productie-units) met gascondensatie-, koelvoorzieningen en rookgasbehandeling.
Binnen de productie-units komen de volgende tussenproducten vrij:
 - Procesgas dat binnen de productie-unit wordt verbruikt
 - Ruwe olie dat naar een volgende processtap gaat
 - Residu en gerecycled chemisch product
- III. Productielijnen voor nabewerking en pelleteren van gerecycled chemisch product
- IV. Productie van lichte- en zware fractie teruggewonnen brandstof uit ruwe olie
- V. Productopslag
- VI. Waterzuivering

3.3.1 Aanvoer en opslag grondstoffen

De grondstoffen (snippers) voor Verda komen per as de inrichting binnen. Binnen de inrichting worden de snippers opgeslagen in opslagvoorzieningen van circa 1000 m² met circa 3 meter hoge verplaatsbare muren. Er vindt geen voorbehandeling van de grondstoffen plaats binnen de inrichting; de stoffen kunnen verwerkt worden zoals ze aangeleverd worden. De enige handeling die mogelijk als voorbehandeling kan worden gezien is het verwijderen van eventuele metalen delen uit de snippers. Hiervoor is een magneet aanwezig in de trechter, alvorens de snippers in de reactoren terechtkomen.

3.3.2 Het thermische proces

Het thermische proces vindt plaats in vier productie-units van in totaal 28 reactoren. De reactoren hebben eigen of per unit geclusterde voorzieningen en nageschakelde installaties.

Een productie-unit omvat globaal:

- Reactoren en gasbranders
- Toe- en afvoervoorzieningen voor vaste stoffen (snippers in, en residu uit)
- Condensoren voor het reactorgas
- Procesgas productie-installaties en procesgas opslagvoorzieningen
- Koelsystemen
- Afgasbehandeling en schoorstenen

Een uitgebreid overzicht van de diverse installaties binnen de productie-units is opgenomen in de procesbeschrijving, welke als bijlage 6 onderdeel uitmaakt van de aanvraag.

Reactor operatie cyclus

Elke reactor wordt verwarmd door eigen gasbranders die zich in een mantel rond de reactor bevinden. De operatie cyclus van een reactor is als volgt:

1. Onderhoud en waar nodig reiniging van reactor en condensors
2. Opwarming
3. Productie
4. Afkoeling
5. Shutdown

Ontleding van rubberen snippers in de reactor en verwarming

De rubberen snippers worden in de reactor bij verhoogde temperaturen omgezet in procesgas, oliedampen en residu. Tijdens de productie wordt elke reactor verwarmd door zes gasverbranders. Deze branders kunnen zowel op procesgas, als op aardgas functioneren. Tijdens productie draait de reactor onder een licht vacuüm, waarbij de luchtdruk wordt gecontroleerd met behulp van procesgas-compressoren. Tijdens de opwarming en shutdown wordt de reactor met behulp van stikstof op licht positieve druk gehouden.

3.3.3 Productielijnen voor nabewerking en pelleteren van gerecycled chemisch product

Het residu is een tussenproduct van Verda. Residu kan deels direct afgezet worden als gerecycled chemisch product. Naast residu produceren de reactoren gas - oliedampen - waaruit in de volgende processtap procesgas en ruwe olie wordt gevormd.

Heet gas ($\approx 475^{\circ}\text{C}$) wordt vanuit de reactor getransporteerd naar condensor 1 (een absorptie-installatie). Elke reactor heeft zijn eigen condensor. Hierin worden de oliedampen gecondenseerd met behulp van een kolom met circulerende olie.

Het gas dat uit de condensor komt wordt met behulp van een verticale buiswarmtewisselaar werkend op het glycolsysteem verder gekoeld om zorg te dragen voor verder condensatie. Deze warmtewisselaar levert na een filter het procesgas, dat vervolgens wordt gecomprimeerd voor gebruik als brandstof. Wanneer de reactor in productie is, gaat het procesgas naar procesgastanks. Elke reactor heeft een geïsoleerde procesgastank met een inhoud van 10 m^3 .

Vanuit de tank kan het procesgas gebruik worden voor:

- De gasbranders van de reactor
- Voeding van de thermische oxidator

3.3.4 Productie lichte- en zware fractie teruggewonnen brandstof

Er staan vier productielijnen voor deze brandstoffen opgesteld. De ruwe olie afkomstig uit de condensor wordt in een horizontale mixtank (20 m^3) gepompt. Hier wordt de ruwe olie gemengd en op een temperatuur gehouden van tussen 50 en 60°C met stoom verwarming. Boven de tank is een voorbehandeling waar de olie doorheen wordt gecirculeerd; deze voorbehandeling verwijdert resterend gerecycled chemisch product uit de olie, dat wordt afgevangen in een opvangtank. Het gerecycled chemisch product sludge wordt afgevoerd als afval.



Na een waterverwijderaar gaat de olie naar een tussenopslagtank. Vanuit de tank wordt de olie door een warmtewisselaar werkend op stoom gepompt waarna het naar een scheidingssectie wordt geleid. Hierin wordt de ingevoerde stroom gescheiden in een lichte fractie en een zwaardere fractie. De zwaardere reactie verzamelt zich onderin de kolom waar het met behulp van een niveauregeling naar een opslagtank wordt gepompt. De (lichte)dampen van de scheidingssectie worden langs een condensor geleid (gekoeld met koelwater), en vervolgens verder gekoeld met een glycol-warmtewisselaar.

3.3.5 Op- en overslag van producten

Procesgas opslag

Elke van de 28 reactors heeft een eigen procesgas opslagtank van 10 m³.

Zware fractie teruggewonnen brandstof opslag

De zware fractie teruggewonnen brandstof wordt bij omgevingstemperatuur opgeslagen in drie bovengrondse atmosferische opslagtanks met elk een volume van 2.500 m³. De opslagtanks zijn gelegen in een bund met een totale opvangcapaciteit van 3.761 m³.

Lichte fractie teruggewonnen brandstof opslag

De lichte fractie teruggewonnen brandstof wordt bij omgevingstemperatuur opgeslagen in drie bovengrondse atmosferische opslagtanks met elk een volume van 750 m³. De opslagtanks zijn gelegen in een bund met een totale opvangcapaciteit van 1.197 m³.

Lichte en zware fractie teruggewonnen brandstoffenf overslag en laadstations

Deze vloeibare brandstoffen kunnen op twee manieren van de locatie afgevoerd worden, namelijk via:

- Een tanktruck verlaadstation
- Leidingen naar een steiger (jetty) naar een binnenvaart tankschip

Het tanktruck verlaadstation bevindt zich in de omgeving van de lichte fractie- en zware fractie brandstof opslagtanks en biedt plaats aan maximaal twee tankwagens.

Er zijn twee pijpleidingen naar de steiger, één voor de lichte fractie en de ander voor de zware fractie. Een derde pijp wordt gebruikt voor de dampretour gedurende het laden.

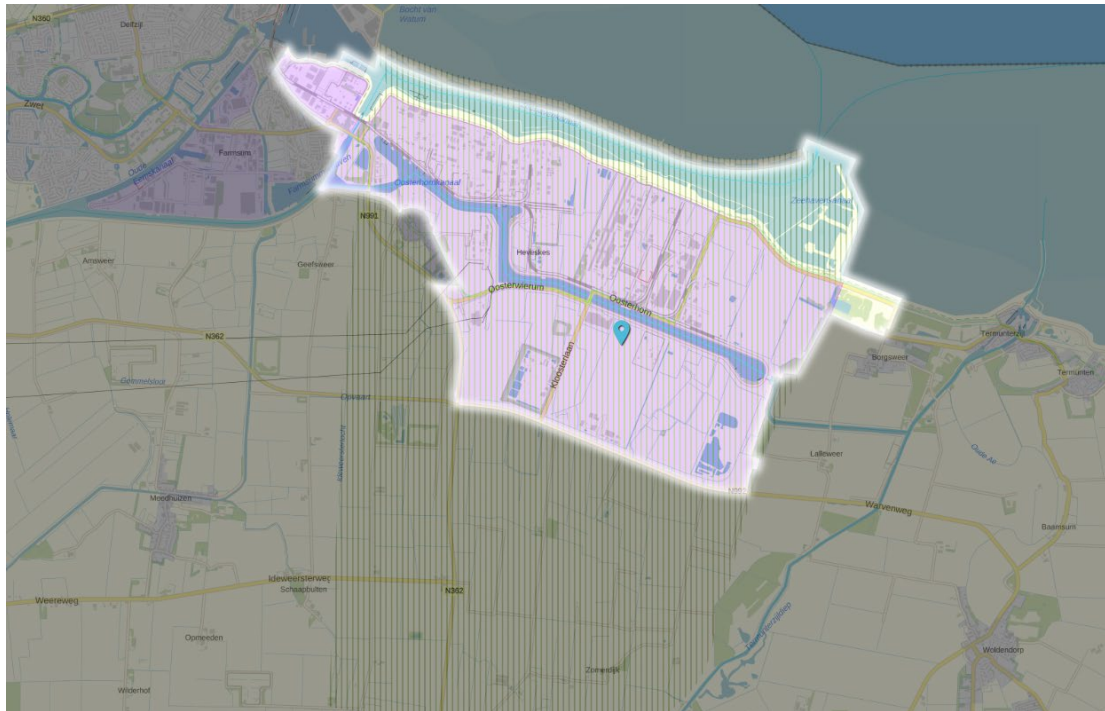
Overige

Ruwe olie kan tijdelijk worden opgeslagen bij omgevingstemperatuur in drie bovengrondse atmosferische opslagtanks met elk een volume van 750 m³. Deze opslagtanks bevinden zich in dezelfde tankput als de eerder vermelde lichte fractie teruggewonnen brandstof opslagtanks. Verder zijn er in totaal 14 procestanks met een opslagcapaciteit van 150 m³ bedoeld voor verwarmde opslag van lichte fractie/water- en zware fractie/water-mengsels en voor ruwe olie. Ten slotte zijn er nog 8 ruwe olie procestanks met een capaciteit van ieder 20 m³.

3.4 De omgevingsbebouwing en gebiedsfuncties

Verda is gelegen binnen haven- en industriegebied Oosterhorn dat onderdeel is van de Haven van Delfzijl van Groningen Seaports ten oosten van Delfzijl. De dichtstbijzijnde woonbebouwing betreft de bebouwde kom van Borgweer en Lalleweer welke beide zijn gesitueerd ten oosten van de inrichting op circa 2.200 meter afstand.

De begrenzingen van het industrieterrein worden gevormd door de dorpen Borgsweer en Lalleweer aan de oostzijde, het Zeehavenkanaal aan de noordzijde, de Provincialeweg N992 aan de zuidzijde en het dorp Farmsum aan de westzijde van het terrein. Een kaart met gebiedsfunctie van de omgeving van Verda is weergegeven in onderstaande figuur.¹ Het betreft met name een omgeving bestemd voor industriefunctie (paars gearceerd).



Figuur 3.2 Overzichtskaart met gebiedsfunctie omgeving Delfzijl (paars = industriegebied)

¹ Bron: www.ruimtelijkeplannen.nl

4 Algemene uitgangspunten

4.1 Risicoanalysemethodiek

Voor de QRA is gebruik gemaakt van de Handleiding Risicoberekeningen Bevi versie 4 (verder: HRB). Hierin is beschreven hoe een QRA uitgevoerd dient te worden voor installaties met gevaarlijke stoffen, voor de verlading van gevaarlijke stoffen en voor PGS 15 opslagen.

- Eerst worden de installaties die significant bijdragen aan het externe risico geselecteerd door middel van een subselectie in combinatie met een bepaling van de relevante installaties op basis van de maximale effectafstanden. De subselectie van installaties is in een totaaloverzicht opgenomen in bijlage 2
- Van de geselecteerde installaties, worden ongevalsscenario's vastgesteld, waaraan faalkansen zijn gekoppeld. De ongevalsscenario's komen voort uit de HRB. De ongevalsscenario's van de geselecteerde installaties zijn opgenomen in bijlage 4
- Op basis van de ongevalsscenario's en gedetailleerde gegevens over de installaties, worden de externe veiligheidsrisico's berekend met behulp van het rekenmodel Safeti-NL. Safeti-NL, is het wettelijk voorgeschreven risicoberekeningsmodel voor QRA's. Safeti-NL berekent het plaatsgebonden risico (PR), het groepsrisico (GR) en de maximale effectafstanden
 - Het plaatsgebonden risico geeft de overlijdenskans van een individu in de vorm van contouren op een plattegrond rond de beschouwde inrichtingen
 - Het groepsrisico houdt rekening met de daadwerkelijke aanwezigheid van personen en geeft de kans dat een bepaalde groep met N of meer personen, tegelijkertijd het slachtoffer zou kunnen worden bij een calamiteit met gevaarlijke stoffen
 - De maximale effectafstand is de grootste afstand tussen de locatie van een incident met gevaarlijke stoffen en de locatie waar nog een kans bestaat op dodelijke slachtoffers. De 1 % letaliteitsafstand wordt gezien als de relevante maximale effectafstand bij een QRA
- De berekende risico's en effectafstanden worden vervolgens getoetst aan de eisen uit het Bevi

4.2 Modelparameters

In onderstaande tabel zijn de uitgangspunten en rekenparameters die in de modelberekeningen zijn toegepast, nader omschreven.

Tabel 4.1 Modelleringsparameters

Programma	Safeti-NL
Versie	8.3
Meteo station	Eelde
Ruwheidslengte	0,03 meter (open, vlak terrein; gras, enkele geïsoleerde objecten)
Subselectie toegepast	Ja
Domino-effecten - buiten de inrichting	Buiten de inrichting zijn een aantal Brzo bedrijven gelegen, maar er zijn geen relevante effecten te verwachten voor deze inrichting
Domino-effecten - windturbines	Ja, er zijn diverse windturbines gelegen binnen een afstand die relevant is voor deze QRA (zie nadere uitwerking in paragraaf 6.5)
Domino-effecten - vliegvelden	In de directe omgeving van de inrichting zijn geen vliegvelden gelegen
Populatiegegevens	Op basis van kentallen
Ontstekingsbronnen	Zie paragraaf 4.3

4.3 Ontstekingsbronnen

De ontstekingsbronnen binnen de inrichting zijn van belang voor de berekening van zowel het plaatsgebonden risico als het groepsrisico. Ontstekingsbronnen buiten de inrichtingsgrens zijn alleen van belang voor de berekening van het groepsrisico. Dit aangezien voor het plaatsgebonden risico wordt aangenomen dat een brandbare wolk buiten de inrichting altijd ontsteekt bij de grootste wolkomvang, ongeacht de locatie van de ontstekingsbronnen. In de berekening van het groepsrisico wordt de vertraagde ontsteking veroorzaakt door de aanwezigheid van een ontstekingsbron.

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de nabijgelegen ontstekingsbronnen binnen en buiten de inrichting². Het aantal transportbewegingen per uur, de gemiddelde snelheid en de bijbehorende ontstekingskansen zijn afkomstig uit de HRB. Voor lokale wegen wordt conform de HRB aangenomen dat de ontstekingskansen zijn inbegrepen in de ontstekingskansen van de huishoudens en kantoren.

Tabel 4.2 Gemodelleerde ontstekingsbronnen

Bron	Ontstekingskansen [min ⁻¹]	Transportbewegingen [uur ⁻¹]	Gemiddelde snelheid [km/u]
Spoorlijn ten noorden	0,8	8	80
Oosterhornhaven	0,5	4	15

4.4 Populatiegegevens

Ten behoeve van de berekeningen voor het groepsrisico dient de populatie binnen het invloedsgebied te worden geïventariseerd. Voor de inventarisatie van de aanwezige personen in de omgeving van de inrichting is gebruik gemaakt van gebiedsfuncties zoals beschreven in paragraaf 3.5.

Conform de Handreiking verantwoordingsplicht groepsrisico is ten behoeve van de populatiegegevens uitgegaan van de gegevens die zijn weergegeven in onderstaande tabel. Voor industrieterreinen is uitgegaan van een populatiedichtheid á 40 personen per hectare, waarbij uitgegaan is van 10 % aanwezigheid hiervan gedurende de nacht.

Tabel 4.3 Populatiegegevens

Gebied	Dag - Populatie dichtheid [ha]	Nacht - Populatie dichtheid [ha]
Haven- en industriegebied Oosterhorn	40	4

² N.B. ontstekingsbronnen binnen de inrichting zijn wel aanwezig, maar deze zijn niet expliciet in de modellering meegenomen omdat door het meenemen ervan de effectafstanden verminderen. Het gaat hier om de gasbranders bij de procesinstallaties. Derhalve is dus uitgegaan van een worstcase modellering met maximale effectafstanden indien geen ontsteking plaatsvindt



5 Subselectie en inventarisatie relevante activiteiten

5.1 Subselectie

De subselectiemethode wordt uitgevoerd voor stoffen die onder normale bedrijfsomstandigheden toxisch, brandbaar en/of explosief zijn. Deze methode moet gezien worden als een voorselectie op de uit te voeren berekeningen. De subselectie heeft tot doel de insluitsystemen binnen de inrichting aan te wijzen die het meest bepalend zijn voor het externe risico en dus in de QRA moeten worden meegenomen. Hiertoe wordt het aanwijzingsgetal per insluitsystemen berekend. Uitgangspunt is dat het aanwijzingsgetal voor elk insluitsysteem wordt bepaald bij een maximale hoeveelheid aan aanwezige gevaarlijke stoffen.

5.1.1 Inventarisatie risicovolle stoffen

Zoals eerder beschreven wordt de subselectie en daarmee de QRA uitgevoerd voor stoffen die, onder normale bedrijfsomstandigheden brandbaar, toxisch en/of explosief zijn of kunnen leiden tot een run-away reactie. In navolgende tabel zijn voor de bij Verda aanwezige stoffen aangegeven of ze een extern veiligheidsrisico op kunnen leveren.

Definitie gevaarlijke stoffen

De definitie van een gevaarlijke stof in het kader van externe veiligheid verschilt van de wijze waarop een stof wordt aangewezen voor bijvoorbeeld het transport via de ADR. Voor een QRA gelden de definities conform de HRB³:

- Brandbare stoffen, zijn stoffen die een vlampunt hebben die gelijk aan of hoger is dan de opslag- of procestemperatuur
- Toxische stoffen zijn stoffen met een LC₅₀ (rat, inh, 1 uur) waarde lager dan 20.000 mg/m³
- Onder explosieve stoffen wordt verstaan:
 - Gevaarlijke stoffen en preparaten die ontplofingsgevaar leveren door schok, wrijving, vuur of andere ontstekingsoorzaken
 - Pyrotechnische stoffen: een stof of mengsel van stoffen die, of dat tot doel heeft, warmte, licht, geluid, gas of rook of een combinatie van dergelijke verschijnselen te produceren door middel van niet-ontploffende, zichzelf onderhoudende exotherme chemische reacties

Onderstaande tabel geeft de classificatie van de verschillende stoffen die bij Verda aanwezig zijn.

Tabel 5.1 Classificatie bij Verda aanwezige stoffen

Stofnaam	Brandbaar, Toxisch, Explosief, Run-away reactie
Licht fractie brandstof	Brandbaar
Zware fractie brandstof	Brandbaar
Gasolie	-
Ruwe olie	Brandbaar
Residu / gerecycled chemisch product	-
Ammonia (24,5 %)	-
Zwavelzuur	-

³ Zie ook: RIVM-document 'QRA-selectiemethodiek 'toxisch en/of ontvlambaar' d.d. 24 mei 2016. Stoffen relevant voor de QRA zijn voorzien van de volgende H-zinnen: Brandbaar: H220, H221, H224, H225, H226; Toxisch: H330 (cat 1 + 2), H331 (cat 3)

Stofnaam	Brandbaar, Toxisch, Explosief, Run-away reactie
Procesgas	Brandbaar
Aardgas	Brandbaar
Procesgas	Brandbaar
Rookgas	-
Rubberen snippers	-
Stikstof	-
Glycol	-
Acetyleen	Brandbaar
Argon	-
Zuurstof	-
Propaan	Brandbaar
Waterstof	Brandbaar

Lichte fractie teruggewonnen brandstof

De lichte fractie teruggewonnen brandstof is een aardolieproduct dat is geclassificeerd als een PGS-klasse 1 stof (vloeistoffen met een vlampunt < 23 °C en een beginkookpunt > 35 °C). Deze stof is derhalve relevant voor de QRA en wordt conform de HRB gemodelleerd met de modelstof n-hexaan.

Zware fractie teruggewonnen brandstof

Met betrekking tot de brandbare eigenschappen is de zware fractie teruggewonnen brandstof op basis van het vlampunt geclassificeerd als een PGS-klasse 3 stof (vloeistoffen met een vlampunt > 55 °C en ≤ 100 °C). Qua toxiciteit heeft de zware fractie teruggewonnen brandstof een LC₅₀-waarde (inhalatie, 4 uur, rat) van 4,65 mg/l (op basis van het SDS; CAS-nummer 64741-59-9). Dit komt overeen met een LC₅₀-waarde (inhalatie, 1 uur, rat) van 9.300 mg/m³.⁴ Voor stoffen met een LC₅₀-waarde (inhalatie, 1 uur, rat) tussen de 2.000 en 20.000 mg/m³ geldt voor een vloeistof met een atmosferisch kookpunt tussen de 120 °C en 160 °C geen grenswaarde. Dat wil zeggen dat conform de HRB voor deze waarde de toxiciteit van de zware fractie niet relevant is. Enkel de brandbare stoffen zijn beoordeeld en er is gekozen om deze worstcase te modelleren met de modelstof n-hexaan.

Ruwe olie

Ruwe olie is een mengsel van de lichte fractie en zware fractie teruggewonnen brandstoffen. Ruwe olie is derhalve niet toxisch en ten aanzien van de brandbaarheid worst-case geclassificeerd als een PGS klasse 1 stof vloeistoffen met een vlampunt < 23 °C en een beginkookpunt > 35 °C). Ruwe olie is daarom gemodelleerd met de modelstof n-hexaan.

⁴ Omrekening conform probitrelatie uit paragraaf 3.4.9.1 van de HRB ('blootstelling aan toxische stoffen')

Procesgas (bewerkt)

Procesgas is samengesteld uit waterstof (maximaal 30 %), koolmonoxide (maximaal 50 %), kooldioxide (maximaal 15 %), methaan (maximaal 10 %) en stikstof (maximaal 5 %). De exacte samenstelling van procesgas kan variëren. Er is worstcase uitgegaan van een samenstelling van 50 % waterstof en 50 % koolmonoxide. Koolmonoxide is volgens de CLP-indeling een stof met classificatie H331 en H220.⁵ Uitgaande van een LC₅₀-waarde van 1.807 ppm CO zou een mengsel met 50 vol% CO H332 zijn. Derhalve qua toxiciteit niet relevant voor de QRA.

Op basis van deze hoeveelheid (toxische) koolmonoxide is van procesgas enkel de brandbaarheid meegenomen. Dit is worstcase beschouwd als zijnde 100 % brandbaar met de modelstof methaan (100 % methaan geeft grotere effectafstanden dan 100 % waterstof, derhalve is dit een worstcase uitgangspunt).

Procesgas (onverwerkt)

Procesgas betreft de productstroom afkomstig uit de reactor en die naar de absorbers wordt getransporteerd. Het bestaat voornamelijk uit oliedampen en procesgas (zie hierboven gespecificeerd). Er is worstcase uitgegaan van een samenstelling van 100 % brandbaar gas/damp. Dit is worstcase beschouwd met de modelstof methaan.

5.1.2 Verwarmde aardolieproducten

Bij Verda is sprake van diverse (tussen)opslagtanks waarin stoffen bij verhoogde temperatuur worden opgeslagen. Conform de HRB (paragraaf 3.6.1) is voor verwarmde (aardolie)producten de invoerwaarde voor de temperatuur zodanig gecorrigeerd dat de dampspanning van de voorbeeldstof overeenkomt met de dampspanning van het verwarmde product bij de hoogst voorkomende temperatuur, waarbij 10 °C als ondergrens voor de temperatuur aangehouden is.

Voor bepaling van de juiste temperatuur van deze voorbeeldstof zijn de volgende stappen doorlopen:

1. Bepaling van de dampspanning van het verwarmde product bij de hoogst mogelijke temperatuur
2. Bepaling van de temperatuur van de voorbeeldstof bij de bepaalde dampspanning uit stap 1

Hierbij is uitgegaan van de Antoine vergelijking voor de betreffende stof. De vergelijking heeft de vorm:

$$\log P = A - \frac{B}{T + C}$$

met:

P, de dampdruk (in bar)

T, de temperatuur (in Kelvin)

A, B en C, de drie Antoine-coëfficiënten

De Antoine-coëfficiënten zijn geraadpleegd in het NIST Chemistry WebBook van het Amerikaanse National Institute of Standards and Technology. Zie hiertoe onderstaande tabel 5.2

⁵ RIVM-document: QRA-selectiemethodiek 'toxisch en/of ontvlambaar'

Voor de lichte fractie teruggewonnen brandstof zijn geen Antoine-coëfficiënten beschreven. Voor verwarmde opslag van deze lichte fractie bij Verda is daarom uitgegaan van de dampspanningsbepaling met behulp van de Antoine-coëfficiënten van de stof hexaan, aangezien zowel het vlampunt als het kookpunt van de lichte fractie overeenkomt met die van hexaan. De verwarmde opslagen van de lichte fractie teruggewonnen brandstof worden derhalve gemodelleerd overeenkomstig de werkelijke temperatuur.

Voor de overige stoffen die verwarmd opgeslagen kunnen worden (ruwe olie en de zware fractie teruggewonnen brandstof) zijn eveneens geen Antoine-coëfficiënten beschreven. Voor verwarmde opslag hiervan is daarom uitgegaan van de dampspanningsbepaling met behulp van de Antoine-coëfficiënten van de stof nonaan voor ruwe olie en decaan voor de zware fractie, aangezien zowel het vlampunt als het kookpunt van de werkelijke stoffen (ruwe olie en de zware fractie) overeenkomen met die van nonaan respectievelijk decaan. De verwarmde opslagen van lichte- en zware fractie worden echter worstcase gemodelleerd met de modelstof hexaan bij 10 °C. Bij gebruik van de modelstof hexaan is een temperatuur van 10 °C in het model qua dampspanning overeenkomstig de werkelijke temperatuur van ruwe olie en de zware fractie.

Tabel 5.2 Gehanteerde Antoine-coëfficiënten voor bepaling van de juiste temperatuur van voorbeeldstof

Antoine-coëfficiënt	Hexaan	Nonaan	Decaan
A	4,0027	3,8249	0,2102
B	1171,530	1492,928	440,616
C	-48,784	-55,895	-156,896
Bij temperatuurrange	286,18 - 342,69 K	219,70 - 307,73 K	243,49 - 310,59 K

5.1.3 Uitgangspunten en resultaat subselectie

Insluitsystemen

De HRB schrijft voor hoe insluitsystemen geselecteerd dienen te worden, naast de activiteiten die zich niet lenen voor de subselectie (verlading, PGS-15 opslagen, run-away reacties). Een insluitsysteem wordt hierbij gedefinieerd als één of meerdere toestellen (installaties), waarvan de eventuele onderdelen blijvend met elkaar in open verbinding staan en bestemd om één of meerdere stoffen te omsluiten.

Een insluitsysteem wordt begrensd door installatieonderdelen die als functie hebben om de verbinding met andere insluitsystemen te sluiten bij het vrijkomen van de inhoud van het beoogde insluitsysteem. Afsluiters die normaal geheel geopend zijn en in de faalsituatie niet dichtsturen vallen hier niet onder. Beveiligingsafsluiters die de toestroming vanuit andere insluitsystemen (automatisch) in korte tijd blokkeren, worden wel als insluitsysteembegrenzers gezien.

Overige uitgangspunten subselectie

- In de subselectie zijn insluitsystemen met gevaarlijke stoffen relevant voor Brzo nader beschouwd. Hierbij is gekeken naar de verschillende stoffen die bij Verda aanwezig zijn
- De procesonderdelen die een mix van diverse stoffen bevatten zijn in de subselectie meegenomen op basis van de maximale hoeveelheid van de meest gevaarlijke stof die aanwezig kan zijn⁶
- Leidingen van gevaarlijke stoffen zijn meegenomen in de subselectie door de grootste leiding in te voeren. Indien deze niet geselecteerd worden, zijn ook andere leidingen niet relevant
- Conform de HRB, moeten minimaal vijf insluitsystemen geselecteerd worden voor nadere beschouwing in een model. Daarbij moeten alle insluitsystemen met een aanwijzingsgetal boven de 1 uit de subselectie sowieso meegenomen worden in de QRA

Toevoeging subselectie

De resultaten van de subselectie (zie bijlage 2) zijn gebruikt als initiële afweging om te bepalen welke installaties/insluitsystemen relevant zijn voor de QRA. Los van de uitkomsten van de subselectie zijn de volgende installaties/insluitsystemen sowieso gekozen voor verdere uitwerking in deze QRA:

- Alle tankopslagen (in een bund) met brandbare vloeistoffen met een vlampunt $< 60^{\circ}\text{C}$, of een opslagtemperatuur lager dan het vlampunt (tankopslagen in bund 1 tot en met bund 4)
- Bulkverladingen met brandbare vloeistoffen met een vlampunt $< 60^{\circ}\text{C}$, of verladingen van stoffen bij een temperatuur lager dan het vlampunt

Uit de subselectie volgt alleen voor de reactoren en de afvoerleiding van de zware fractie teruggewonnen brandstof naar de jetty een aanwijzingsgetal > 1 . Daarnaast is gekozen om ook de grootste leiding met lichte fractie brandstof (afvoerleiding naar jetty) nader te beschouwen in het model vanwege een relatief hoog aanwijzingsgetal. Ondanks een aanwijzingsgetal van < 1 , is de gehele absorption unit (bestaande uit absorber procesvaten, heat exchanger, pompen en compressoren) nader beschouwd in het model. Op basis van expert judgement is deze procesunit als één systeem benaderd, aangezien de onderdelen dusdanig met elkaar verbonden zijn dat bij falen van één onderdeel vrijzetting uit het systeem kan plaatsvinden.

Omdat er sprake is van een groot aantal vergelijkbare installaties (bijvoorbeeld de reactoren en absorbers, verdeeld over in totaal acht processecties) is voor deze installaties beoordeeld of er sprake kan zijn van effecten buiten de inrichting door middel van een bepaling van de maximale effectafstanden. De installaties die geen effecten buiten de inrichting geven zijn niet meegenomen in verdere berekeningen. De maximale effectafstand (bij weertype D5 en F1,5, conform paragraaf 2.3.3 van de HRB) van de installaties binnen de processecties bedraagt circa 75 meter. Binnen een processectie bevinden zich vier reactoren en vier absorption units. Op basis van het resultaat van deze berekening zijn enkel de reactoren en absorption units van de twee meest zuidelijk gelegen processecties relevant. Dit betreft de twee processecties die het dichtst bij de inrichtingsgrens zijn gelegen.

⁶ Binnen één insluitsysteem betreft het dezelfde procescondities en dezelfde stofcategorie voor de mogelijk aanwezige componenten. Het gaat overal alleen maar om 'brandbaar', hexaan is dan conservatief. In de bijlage subselectie is ook een kolom met aanwijzingsgetal opgenomen voor toxische en ontplofbare stoffen, echter hiervan is geen sprake bij deze inrichting. De sommatie om tot het aanwijzingsgetal te komen geeft derhalve ook de juiste resultaten

De overige zes processecties bevinden zich op dusdanige afstand van de inrichtingsgrens (namelijk > 90 meter) dat van deze installaties geen effect buiten de inrichting mogelijk is.

5.2 PGS 15 opslagen

Enkel PGS 15 opslagen groter dan 10 ton zijn relevant voor de externe veiligheid en dienen meegenomen te worden in de QRA. Binnen de inrichting zijn geen opslagen groter dan 10 ton aanwezig.

5.3 Opslag van gascilinders

Bij Verda zullen op diverse locaties gascilinders aanwezig zijn. Het gaat hier in dit geval om gascilinders gevuld met acetyleen, argon, stikstof, zuurstof, propaan en waterstof. Volgens de HRB zijn geen letale effecten te verwachten voor gascilinders met verstikkende en oxiderende gassen waarbij uitsluitend de effecten van een fysische explosie relevant zijn. Ook beschrijft de HRB dat fragmentatie pas een rol van betekenis speelt bij opslagvoorzieningen met duizenden gascilinders. Hiervan is geen sprake bij Verda. De gascilinders met zuurstof en inerte gassen worden derhalve niet in deze QRA beschouwd. De gascilinders met de brandbare/explosieve stoffen propaan, acetyleen en waterstof worden wel nader beschouwd in deze QRA.

5.4 Vapour recovery unit

De vapour recovery unit (VRU) is bedoeld om de dampen, die vrijkomen bij de belading van tankwagens, te ontdoen van Vluchtige Organische Stoffen (VOS-damp), voordat deze naar de atmosfeer worden geleid. Bij de belading van tankwagens wordt de damp die in de tankcompartimenten aanwezig is, verdrongen. In deze dampen kunnen VOS aanwezig zijn, die zijn vrijgekomen door verdamping van product. De VRU bevindt zich nabij de tankwagenverlaadplaats, op een afstand van circa 120 meter van de inrichtingsgrens. Er zijn geen effecten buiten de inrichting te verwachten, derhalve is de VRU niet nader beschouwd in de modellering.

5.5 Verlading gevaarlijke stoffen

Bij Verda vindt bulkverlading van gevaarlijke stoffen plaats (lichte en zware fractie teruggewonnen brandstoffen), deze worden meegenomen in de QRA. Er is enkel sprake van afvoer van deze producten. Dit vindt plaats per schip en/of tankwagen. De exacte verdeling hierin is nog niet bekend. Daarom is voor zowel de verlading per schip als voor de verlading per tankwagen de totale jaarlijkse doorzet als uitgangspunt genomen. Dit is als zodanig worstcase gemodelleerd. De doorzetgegevens van de lichte en zware fractie zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 5.3 Gegevens verladingen

Stoffen	Lossen (ton/jaar)	Laden (ton/jaar)
Zware fractie teruggewonnen brandstof	0	15.000
Lichte fractie teruggewonnen brandstof	0	54.000

Scheepsverladings vinden enkel plaats via binnenvaartschepen, waarbij de inhoud per schip kan fluctueren. In bijlage 3 zijn nadere gegevens over bulkverlading opgenomen.

5.6 Leidingen

Binnen de inrichting van Verda lopen diverse interne transportleidingen ten behoeve van het verplaatsen van diverse stoffen. Per stof is de grootste leiding beoordeeld in de subselectie op relevantie voor de QRA. Voor toetsing middels de subselectie is voor deze leidingen uitgegaan van de maximale vrij te komen hoeveelheid stof in 30 minuten. Dit is bepaald op basis van het debiet door de leiding in combinatie met een uitstroomtijd van 30 minuten en rekening houdend met een extra factor 1,5 als gevolg van wegvallen van de tegendruk van de pomp.

Indien de grootste leiding niet is geselecteerd kan worden verondersteld dat de kleinere leidingen ook niet relevant zijn voor de QRA. Het verbindend leidingwerk van de reactoren, de absorbtion units en de overige componenten (zoals warmtewisselaars, pompen en compressoren) is ook beschouwd, maar aangezien deze allen kleiner zijn dan de grootste leiding, danwel een lager debiet hebben, zijn deze leidingdelen niet relevant (geen effect buiten de inrichting) voor nadere beschouwing in het model. Daar waar nalevering een rol speelt bij dit verbindend leidingwerk, is dit wel meegenomen in de modellering (weergegeven in bijlage 2).

Eén van de leidingen is geselecteerd op basis van een aanwijsgetal groter dan één. De transportleiding van de zware fractie brandstof naar de steiger (jetty) heeft een aanwijsgetal van 1,50. De transportleiding van lichte fractie brandstof naar de steiger (jetty) heeft een aanwijsgetal van 0,76. Mede op basis van de subselectie is ervoor gekozen om de transportleidingen van zowel de lichte- als de zware fractie zijn in de QRA-modellering mee te nemen.

5.7 Geselecteerde installaties en activiteiten

Op basis van hetgeen beschreven in dit hoofdstuk zijn de onderstaande installaties en activiteiten geselecteerd voor nadere beschouwing in het model:

1. Tankopslag bund 1 tot en met 4
2. Tankwagenverlading
3. Scheepsverlading
4. Transportleidingen lichte- en zware fractie teruggewonnen brandstoffen
5. Reactoren (met effectafstand buiten de inrichting)
6. Absorbtion units (bestaande uit absorber procesvaten, heat exchanger, pompen en compressoren) (met effectafstand buiten de inrichting)



6 Faalscenario's en gegevens modellering

In dit hoofdstuk worden de initiële faalscenario's van de diverse insluitsystemen op het terrein van Verda beschreven, voor de insluitsystemen die relevant zijn. Tevens wordt beschreven welke gegevens en parameters van invloed zijn ten behoeve van de risicoberekeningen. De faalscenario's, specifiek gericht op de bedrijfsactiviteiten van zijn verder uitgewerkt in bijlagen 4.

6.1 Scenario's opslagtanks

Binnen de inrichting van Verda zijn een groot aantal tanks in tankputten aanwezig die ten behoeve van de productie en op- en overslag van producten kunnen worden gebruikt. Bij modellering van de (continue) scenario's is worstcase uitgegaan en gerekend met de maximale bruto tankputoppervlakte ten aanzien van de vloeistofplas die ontstaat. In verband met overtopping, het verschijnsel dat bij catastrofaal falen van een tank eenloedgolf ontstaat waardoor een gedeelte van de vloeistof over de rand van de tankput slaat, is voor de instantane scenario's een maximaal plasoppervlak gehanteerd van 1,5x het bruto oppervlak van de tankput. In dit geval is conform de HRB bij de instantane scenario's de hoogte van de uitstroming gesteld op het midden van de vloeistofkolom.

6.1.1 Initiële faalscenario's atmosferische opslagtanks

De initiële faalscenario's behorende bij bovengrondse atmosferische opslagtanks zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 6.1 Initiële faalscenario's opslagtanks

Insluitsysteem	Scenario	Frequentie
Enkelwandige atmosferische opslagtanks	1. Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	5×10^{-6} /jaar
	2. Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. in een continue en constante stroom	5×10^{-6} /jaar
	3. Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 10 mm	1×10^{-4} /jaar

6.1.2 Relevante tankopslagen

In onderstaande tabel staat een samenvatting van de relevante tankopslagen die nader beschouwd zijn in de modellering.

Tabel 6.2 Relevante tankopslagen

Tank bund	Aantal tanks	Volume per tank	Tankhoogte	Maximale (opslag) temperatuur	Oppervlakte bund (bruto)	Bundhoogte	Opmerkingen
Bund 1	3	2.500 m ³	7 m	10 °C	2.871 m ²	2,3 m	-
Bund 2	6	750 m ³	10 m	10 °C	1.995 m ²	0,6 m	-

Tank bund	Aantal tanks	Volume per tank	Tankhoogte	Maximale (opslag) temperatuur	Oppervlakte bund (bruto)	Bundhoogte	Opmerkingen
Bund 3	8	150 m ³	10 m	60 °C	485 m ²	0,7 m	Procestanks
Bund 4	6	150 m ³	10 m	75 °C	294 m ²	0,8 m	Procestanks

Aanvullende gegevens:

- Voor deze opslagen is uitgegaan van PGS-klasse 1 vloeistof, waarbij n-hexaan gebruikt is als voorbeeldstof. Als temperatuur is uitgegaan van 10 °C (waarmee rekening gehouden is met dampspanning van de daadwerkelijke vloeistof in de betreffende opslagtank)

6.2 Scenario's procesinstallaties

In hoofdstuk 5 is aangegeven dat enkel de reactoren en de absorbers nader beschouwd moeten worden in het model.

Reactoren

Er zijn in totaal 28 reactoren aanwezig waarin omzetting van rubberen snippers plaatsvindt. De maximale temperatuur in de reactoren bedraagt 500 tot 600 °C. Voor de modellering is ervan uitgegaan dat de reactoren maximaal gevuld zijn.

In het model is hierbij uitgegaan van de scenario's uit de HRB voor reactoren en procesvaten. Het worstcase uitgangspunt ten aanzien van vullingsgraad is gehanteerd, namelijk volledig gevuld (2 m³) met de modelstof hexaan. Er is sprake van lichte overdruk van maximaal 70 mbarg in de reactor (tijdens de opwarming en shutdown wordt de reactor met behulp van stikstof op lichte overdruk gehouden, dit is bedoeld om zuurstof buiten de reactor te houden). Tijdens de productie draait de reactor onder licht vacuüm, maar voor de QRA is worstcase uitgegaan van de maximale toeleveringsdruk. Er is in het model een correctie voor de temperatuur toegepast, zodanig dat de hexaan modelstof een vergelijkbare dampdruk heeft met het daadwerkelijke reactormengsel. In het model is derhalve een temperatuur van circa 71 °C gehanteerd. Er is rekening gehouden met een nalevering van gas uit de leidingen bij falen van de reactor. Hierbij kan ongeveer 400 kg (vrijkomende massa in 30 min) gas vrijkomen. Deze hoeveelheid is worstcase opgeteld bij de reactorinhoud met de modelstof hexaan om in alle scenario's rekening te houden met deze mogelijke nalevering. Op basis van de hiermee berekende maximale effectafstanden per installatieonderdeel zijn enkel de installatieonderdelen nabij de inrichtingsgrens relevant geacht voor nadere modellering.

Absorbers

Binnen de inrichting zijn in totaal 28 absorption units aanwezig voor scheiding van de productstroom afkomstig van de reactor in de aanwezige componenten. De inhoud van elke absorber zelf is 1.500 kg. Voor de maximale vrij te komen hoeveelheid in 30 minuten is aanvullend rekening gehouden met nalevering uit het gehele systeem (absorber, pomp, leiding en heat exchanger).



Dit is bepaald op basis van het debiet door de grootste leiding in combinatie met een uitstroomtijd van 30 minuten en rekening houdend met een extra factor 1,5 als gevolg van wegvallen van de tegendruk van de pomp (flow * 1,5 * 0,5 uur). De maximale temperatuur in de absorber bedraagt 60 °C.

Conform het procesdiagram bestaat de absorption sectie uit een tweetal procesvaten (de absorbers), één warmtewisselaar, twee pompen en drie compressoren. Deze verschillende onderdelen hebben elk verschillende faalkansen en scenario's. Per unit onderdeel is de maximale vrij te komen hoeveelheid in 30 minuten beschouwd (op basis van grootste debiet dat het procesonderdeel in/uit gaat, en rekening houdend met een extra factor 1,5 vanwege wegvallen van de tegendruk). Hierbij is uitgegaan van de worstcase omstandigheden van de processtroom ten aanzien van druk en temperatuur.

Op basis van de hiermee berekende maximale effectafstanden per installatieonderdeel zijn enkel de installatieonderdelen nabij de inrichtingsgrens relevant geacht voor nadere modellering.

6.2.1 Initiële faalscenario's procesinstallaties

De faalscenario's en bijbehorende faalfrequenties voor de procesinstallaties zijn in onderstaande tabellen weergegeven.

Tabel 6.3 Initiële faalscenario's reactorvaten en procesvaten

Insluitsysteem	Scenario	Frequentie
Reactoren en procesvaten	1. Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	5x 10 ⁻⁶ /jaar
	2. Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. in een continue en constante stroom	5x 10 ⁻⁶ /jaar
	3. Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 10 mm	1x 10 ⁻⁴ /jaar

Tabel 6.4 Initiële faalscenario's pompen en compressoren

Pomp	Scenario	Frequentie
Pompen en compressoren	1. Catastrofaal falen	1x 10 ⁻⁴ /jaar
	2. Lek (10 % diameter)	4,4x 10 ⁻³ /jaar

Aanvullende gegevens:

- Leidingdiameter (aannee): 100 mm

Tabel 6.5 Initiële faalscenario's voor warmtewisselaars⁷

Insluitsysteem	Scenario	Frequentie
Warmtewisselaars	1. Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	5x 10 ⁻⁵ /jaar
	2. Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. in een continue en constante stroom	5x 10 ⁻⁵ /jaar
	3. Continu vrijkomen uit een gat met een effectieve diameter van 10 mm	1x 10 ⁻³ /jaar

⁷ Uitgegaan van de situatie waarbij de gevaarlijke stof zich buiten de pijpleidingen bevindt

Voor de modellering is worstcase gekozen voor n-hexaan als modelstof. Hierbij is de invoerwaarde van de temperatuur aangepast, zodanig dat de dampspanning van de voorbeeldstof beter overeenkomt met de dampspanning van de werkelijke stof (waarbij 10 °C als ondergrens gehanteerd is).

6.2.2 Relevante procesinstallaties

In bijlage 4 is een overzicht opgenomen van de (relevante) procesinstallaties die nader beschouwd moeten worden in de modellering. De meeste processecties bestaan uit vier reactoren en vier absorption units. Elke absorption unit bestaat uit een tweetal procesvaten (de absorbers), één warmtewisselaar, twee pompen en drie compressoren. In het model zijn de reactoren en absorption units (en bijbehorende componenten) van de twee meest zuidelijk gelegen processecties gemodelleerd. Bundelen van de procesinstallaties per sectie zou de rekentijd verkorten, maar is niet toegestaan aangezien er binnen de processecties geen bund aanwezig is.

Bij het falen van een onderdeel, zoals een vat, kan nalevering plaatsvinden van andere systeemonderdelen die verbonden zijn met het vat. Wanneer de nageleverde hoeveelheid significant is, dient in het scenario hiermee rekening te worden gehouden. Wanneer de nageleverde hoeveelheid groter is dan de inhoud van het vat, wordt uitgegaan van de gecombineerde uitstroming, waarbij de bronterm van de nalevering wordt verhoogd om de initiële piek in rekening te brengen. Voor de modellering van de absorbers (en bijbehorende heat exchanger) is de nalevering op bovenstaande wijze gemodelleerd. In bijlage 2 inzake de subselectie, is middels een extra kolom gespecificeerd welke uitstroomhoeveelheid afkomstig is van het insluitsysteem zelf en welke uitstroomhoeveelheid vanwege nalevering is. De instantaan falen scenario's van de absorbers en de heat exchangers zijn aangepast naar fixed duration uitgaande van vrijzetting in 30 minuten. In bijlage 4 is aangegeven welke instantane scenario's gecorrigeerd zijn.

6.3 Scenario's leidingen

Binnen de inrichting van Verda lopen diverse interne transportleidingen ten behoeve van het verplaatsen van diverse stoffen. Per stof is de grootste leiding beoordeeld in de subselectie op relevantie voor de QRA. Voor toetsing middels de subselectie is voor deze leidingen uitgegaan van de maximale vrij te komen hoeveelheid stof in 30 minuten.

Dit is bepaald op basis van het debiet door de leiding in combinatie met een uitstroomtijd van 30 minuten en rekening houdend met een extra factor 1,5 als gevolg van wegvallen van de tegendruk van de pomp. Indien de grootste leiding niet is geselecteerd kan worden verondersteld dat de kleinere leidingen ook niet relevant zijn voor de QRA.

Om bij een breuk van de leiding het correcte uitstroomdebiet te krijgen, is in het 'short pipe scenario' gerekend met een flow controller (pump - liquid release).

Als fixed flow rate is het debiet gelijk aan 1,5x het pompdebiet ingevoerd. Aangezien het Safeti-NL model een onjuiste modellering geeft bij invoer van een fixed flow rate voor een atmosferisch systeem, zijn de relevante leidingen gemodelleerd als 'pressure vessel'.



6.3.1 Initiële faalscenario's leidingen

In onderstaande tabel zijn de initiële faalscenario's weergegeven voor de aanwezige leidingen.

Tabel 6.6 Initiële faalscenario's leidingen

Bovengrondse leiding	Scenario	Frequentie
Leiding, 75 mm ≤ nominale diameter ≤ 150 mm	1. Breuk van de leiding	3x 10 ⁻⁷ /meter/jaar
	2. Lek met een effectieve diameter van 10 % van de nominale diameter, maximaal 50 mm	2x 10 ⁻⁶ /meter/jaar

6.3.2 Gegevens geselecteerde leidingen

De grootste leidingen binnen de inrichting betreffen de bovengrondse leidingen naar de jetty. De geproduceerde lichte- en zware fractie teruggewonnen brandstoffen kunnen hierdoor per leiding vanuit de inrichting worden getransporteerd naar een steiger (jetty). De leiding met de lichte fractie heeft een diameter van 100 millimeter en een totale lengte van circa 830 meter. De leiding met zware fractie heeft een diameter van 150 millimeter en eveneens een totale lengte van circa 830 meter. Het pompdebiet waarmee het product wordt verpompt bedraagt voor de zware fractie bedraagt 200 ton/uur en voor de lichte fractie 100 ton/uur. Er is daarom uitgegaan van een gebruiksduur van 270 uur per jaar (zware fractie teruggewonnen brandstof) en 150 uur per jaar (lichte fractie teruggewonnen brandstof).

Verda onderzoekt of gebruik gemaakt kan worden van de bestaande jetty (steiger) of dat men een eigen jetty bouwt. De bestaande jetty is onderdeel van de naastgelegen inrichting. Ook de risicocontour is ten laste van de naastgelegen inrichting die nog steeds een actieve vergunning heeft. Bij gebruik van deze jetty maakt dit derhalve formeel geen onderdeel uit van de inrichting van Verda. In het geval Verda een eigen jetty realiseert, zal dit wel onderdeel zijn van de eigen inrichting. In het model is derhalve de beoogde jetty van Verda gemodelleerd. Dit betekent dat worstcase rekening is gehouden met de jetty en bijbehorende scheepsverlading in het model.

De faalscenario's en bijbehorende berekende faalfrequenties voor de relevante leidingen zijn weergegeven in bijlage 4.

6.4 Scenario's transport en verlading

Bulkverladingen met brandbare of toxische vloeistoffen dienen altijd in een QRA meegenomen te worden. Bij Verda kan de geproduceerde lichte- en zware fractie teruggewonnen brandstof per as of schip worden afgevoerd. Aangezien zowel de lichte- als de zware fractie teruggewonnen brandstof niet als modelstof beschikbaar zijn, is voor beide stoffen worstcase uitgegaan van de modelstof n-hexaan, derhalve worden de verladingen van beide stoffen gecombineerd.

6.4.1 Initiële faalscenario's transportmiddelen en verlading

In onderstaande tabellen zijn de initiële faalscenario's weergegeven van de transportmiddelen binnen de inrichting en de hiermee samenhangende initiële faalscenario's van de verlading.



Tabel 6.7 Initiële faalscenario's tankwagens

Insluitsysteem	Scenario	Frequentie
Tankauto met atmosferisch reservoir	1. Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	1×10^{-5} / jaar
	2. Vrijkomen van de gehele inhoud uit de grootste aansluiting	5×10^{-7} / jaar

Tabel 6.8 Initiële faalscenario's voor verladings

Verlading	Scenario	Frequentie
Laad-/losarm	1. Breuk van de laad-/losarm	3×10^{-8} / uur
	2. Lek van de laad-/losarm met een effectieve diameter van 10 % van de nominale diameter, maximaal 50 mm	3×10^{-7} / uur
Laad-/losslang	1. Breuk van de laad-/losslang	4×10^{-6} / uur
	2. Lek van de laad-/losslang met een effectieve diameter van 10 % van de nominale diameter, maximaal 50 mm	4×10^{-5} / uur
Verlading van brandbare stoffen voor tankauto's en ketelwagens met atmosferisch reservoir	1. Instantaan vrijkomen gehele inhoud, plasbrand	$5,8 \times 10^{-9}$ / uur

6.4.2 Uitstroombuur

Indien tijdens de bulkverlading van producten een LOC optreedt ten gevolge van een lekkage of breuk, is de uitstroombuur conform de HRB op 30 minuten gesteld.

6.4.3 Maximaal plasoppervlak tankwagenverlading

Voor de QRA is gebruik gemaakt van oppervlakte beperkende maatregelen. Op de aanwezige verlaadplaatsen kan een eventuele plas niet onbeperkt groot worden. Dit komt mede door voorzieningen als aflopende vloeren naar goten met afvoer naar het riool, hemelwaterafvoeren naar het riool alsmede beperkte vrije oppervlakken. De verlaadlocatie bestaat uit een betonnen vloer van 15 m x 10 m. Op de verlaadplaats is voldoende opvangcapaciteit beschikbaar om de inhoud van een gehele tankwagen inclusief eventuele nalevering op te vangen (46 m³). Hierdoor kan een plas niet groter worden dan 150 m² c.q. een maximale plasdiameter ontstaan van 13,8 m.

De worstcase maximaal vrij te komen hoeveelheid stof, betreft de situatie dat de verlaadslang breekt net op het moment dat de tankwagen volledig gevuld is. Hierbij zal de gehele inhoud van de tankwagen vrijkomen, inclusief een nalevering uit de opslagtank. De totale uitstroming bedraagt dan 37,5 ton lichte fractie brandstof (= circa 46 m³).

6.4.4 Nalevering

Bij bulkverlading kan bij een lekkage of breuk van de verlaadslang of -arm nalevering plaatsvinden. Het maximale uitstroombuik van deze nalevering is bepaald op basis van het debiet door de leiding in combinatie met een uitstroomtijd van 30 minuten en rekening houdend met een extra factor 1,5 als gevolg van wegvallen van de tegendruk van de pomp. Er is dus worstcase rekening gehouden met uitstroming aan de perszijde. In geval van uitstroming aan de zuigzijde bij een breuk betreft dit dus een conservatieve aanname. Dit maximale uitstroombuik is opgeteld bij de maximale inhoud van de tankwagen.



6.4.5 Verladersgegevens tankwagen

In onderstaande tabel en in bijlage 3 zijn de verladersgegevens per tankwagen weergegeven. Er is op basis van deze gegevens sprake van een gemiddeld verladersdebit van 16,7 ton/uur.

Tabel 6.9 Relevante gegevens verlading per tankwagen

Locatie	Modelstof	Aantal verladingen	Totale verladersduur	Tijd aanwezig	Inhoud tankauto	Opmerkingen
Tankwagen verlaadplaats	K1 - n-hexaan (lichte- en zware fractie teruggewonnen vrandstof)	2.761 per jaar	1,5 uur per verlading	2 uur per verlading	25 ton	Afmeting plas beperkt tot 150 m ² / plasstraal 14 m

Aanvullende gegevens:

- Verlading middels verlaadslang
- Diameter verlaadslang: 80 mm
- Operator ingrijpen meegenomen: nee
- Nalevering meegenomen: ja

6.4.6 Verladersgegevens binnenvaartschepen

In bijlage 3 zijn de verladersgegevens per binnenvaartschepen weergegeven. Conform de HRB zijn er voor schepen geen scenario's voor intrinsiek falen meegenomen. Gezien de lokale situatie en ligging van de steiger buiten een doorgaande transportroute is de kans op een externe beschadiging als gevolg van een botsing dusdanig klein dat deze niet beschouwd hoeft te worden. Deze scenario's zijn derhalve niet meegenomen.

Tabel 6.10 Relevante gegevens verlading per scheepsverlading

Locatie	Modelstof	Aantal verladingen [uur per jaar]	Opmerkingen
Scheepsverlading	K1 - n-hexaan (lichte fractie)	150	Vrijzetting op water - 'shallow river or channel'
Scheepsverlading	K1 - n-hexaan (zware fractie)	270	Vrijzetting op water - 'shallow river or channel'

Aanvullende gegevens:

- Verlading middels verlaadarm
- Diameter verlaadslang: 100 mm voor de lichte fractie teruggewonnen brandstof; 150 mm voor zware fractie teruggewonnen brandstof
- Operator ingrijpen meegenomen: nee
- Nalevering meegenomen: ja



6.5 Invloed windmolens

Windmolens kunnen een negatief effect hebben op de instantaan faalfrequenties van insluitsystemen. In de nabijheid van het terrein van Verda bevinden zich een aantal geprojecteerde windmolens.

Conform het Handboek Risicozonering Windturbines versie 3.1 is het mogelijk dat deze windmolens bij bepaalde faalscenario's een effect op de installaties binnen de inrichting kunnen hebben. Om een inschatting te maken of en welke scenario's relevant zijn, wordt getoetst of de trefkans > 10 % van de basisfaalfrequentie van het insluitsysteem is. De uitwerking hiervan is weergegeven in bijlage 5. Voor de insluitsystemen waarbij deze invloed groter is dan 10 % van de basisfaalfrequentie is, conform de HRB, een correctie uitgevoerd op het scenario catastrofaal falen. Dit is het geval voor de opslagtanks in bund 1 en bund 4. Daarnaast is ook één processectie en een deel van de leidingen naar de jetty gelegen binnen dit invloedsgebied. Voor de installatieonderdelen gelegen binnen deze processectie is tevens een correctie van de faalfrequentie toegepast.

6.6 Beschouwing gascilinders

Bij Verda zijn op diverse locaties gascilinders aanwezig. De gascilinders met de brandbare/explosieve stoffen propaan, acetyleen en waterstof die buiten opgeslagen staan kunnen relevant zijn in het kader van externe veiligheid en worden hier nader beschouwd.

Het betreft gascilinders met een maximale waterinhoud van 68 liter. In geval van cilinderpakketten wordt het instantaan vrijkomen van de inhoud van het gehele cilinderpakket niet aannemelijk geacht conform de HRB. Bij het instantaan falen van één gascilinder zal de inhoud ervan instantaan vrijkomen. Daarna zal de rest van de inhoud van het eventuele cilinderpakket als nalevering vrijkomen. De uitstroming wordt beschouwd als het instantaan vrijkomen van de inhoud van de eerste (grootste) cilinder, waarna de inhoud van de overige N -1 cilinders door middel van een 5 mm gat uitstroomt. Het instantaan vrijkomen van de inhoud van een cilinder met propaan, acetyleen of waterstof is maatgevend voor de maximale effectafstand (1 % letaal).

In Safeti-NL is een effectberekening uitgevoerd om te bepalen of er een effect buiten de inrichting te verwachten is. Hierbij zijn de in onderstaande tabel gehanteerde uitgangspunten gebruikt.

Tabel 6.11 Gehanteerde uitgangspunten berekening effectafstand gascilinders

Parameter	Gascilinder propaan	Gascilinder acetyleen	Gascilinder waterstof
Modeltype	Pressure vessel	Pressure vessel	Pressure vessel
Temperatuur	10 °C	10 °C	10 °C
Druk	Verzadigingsdruk	Verzadigingsdruk	200 bar(g)
Modelstof	Propaan	Acetyleen	Waterstof
Volume	68 liter	68 liter	68 liter
Scenario	Catastrophic rupture	Catastrophic rupture	Catastrophic rupture

Uit de effectberekening volgen de in onderstaande tabel vermelde maximale effectafstanden, afgelezen uit de aangegeven 'consequence graphs'.



Tabel 6.12 Maximale effectafstanden gascilinders

Scenario	Waarde	Maximale effectafstand gascilinder propaan [m]	Maximale effectafstand gascilinder acetyleen [m]	Maximale effectafstand gascilinder waterstof [m]
Brandbaar				
<i>Fireball</i>	10 kW/m ²	31,4	43,0	16,8
<i>Immediate / late pool fire</i>	10 kW/m ²	7,2	4,5	-
Explosie				
<i>Explosions</i>	0,1 bar	34,1	34,1	14,6

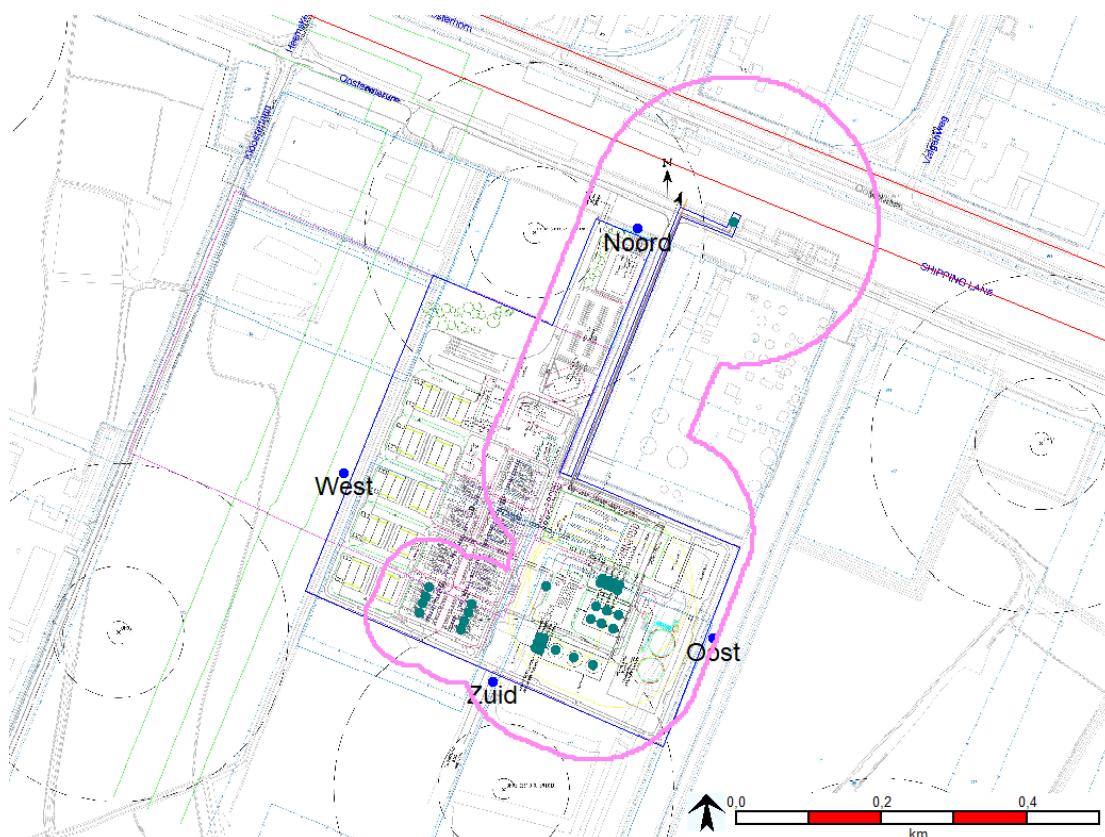
De maximale effectafstand van de gascilinders reikt niet tot buiten de inrichting van Verda. De gascilinders zijn derhalve niet relevant in het kader van externe veiligheid. De opslag van gascilinders wordt niet verder meegenomen in de QRA-modellering.

7 Resultaten

Er is een risicoanalyse uitgevoerd met als doel het inzicht verkrijgen in de externe risico's. In de onderstaande paragrafen worden de rekenresultaten kort omschreven.

7.1 Effectafstand tot 1 % letaal (LC01)

Het invloedsgebied is het gebied tot waar 1 % letaliteitseffecten merkbaar zijn. In onderstaand figuur is het invloedsgebied (begrensd tot de risicocontour 10^{-30} per jaar) weergegeven.



Figuur 7.1 Invloedsgebied Verda (roze omrand weergegeven)

7.2 Plaatsgebonden risico

Het plaatsgebonden risico (PR) is de kans op die plaats door een dodelijk ongeval getroffen te worden ten gevolge van een risicovolle gebeurtenis (ongevalsscenario). Hiertoe wordt uitgegaan van personen die zich onbeschermd in de buitenlucht bevinden, waar zij voortdurend (24 uur per dag en gedurende het hele jaar) worden blootgesteld aan de schadelijke gevolgen van een risicovolle gebeurtenis.

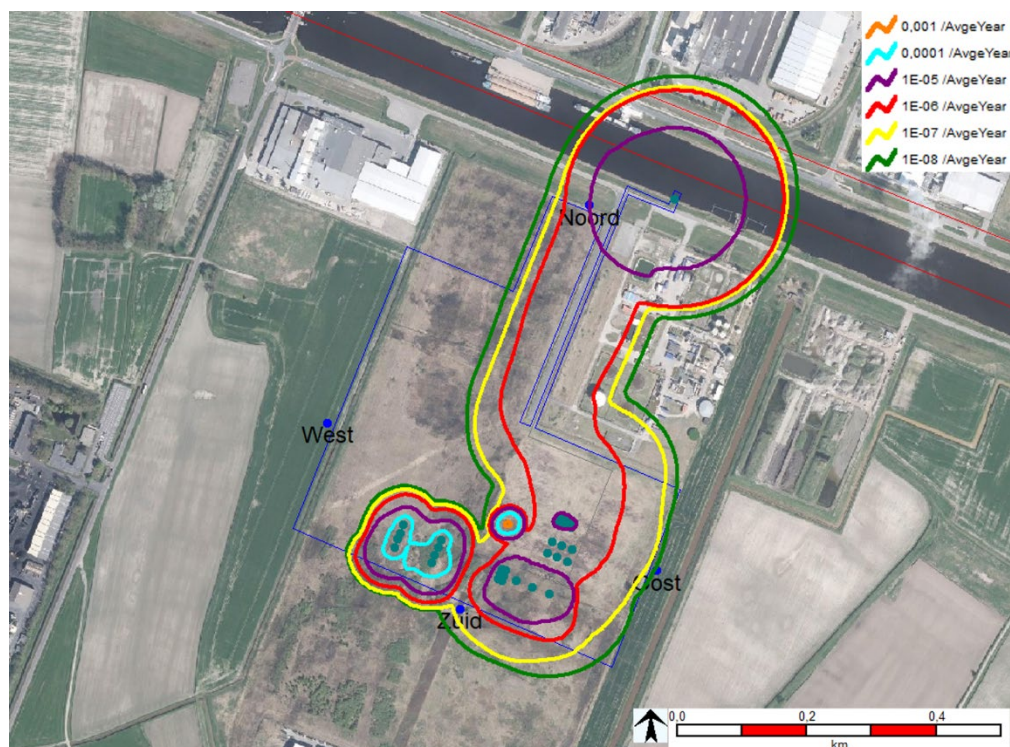
Het PR wordt weergegeven als PR-contouren. Bijvoorbeeld de 10^{-6} PR-contour geeft het gebied weer rondom de incidentbron waarbinnen eens per miljoen jaar minimaal één persoon zal overlijden als gevolg van een incident. Ter plaatse van de 10^{-6} PR-contour is de kans op overlijden exact één persoon per miljoen jaar.

Verda is een nieuwe inrichting waarvoor als grenswaarde voor het plaatsgebonden risico de 10^{-6} jr⁻¹ PR-contour geldt. Dit conform het 'Besluit externe veiligheid inrichtingen' (Bevi), dat sinds 27 mei 2004 van kracht is. Het betekent dat binnen deze contour geen zogenaamde kwetsbare objecten mogen voorkomen evenals nieuwe beperkt kwetsbare objecten. Kwetsbare objecten zijn onder andere locaties waar veel mensen zich bevinden zoals woonwijken, kantoren, scholen, ziekenhuizen, hotels en bedrijven die met deze objecten zijn gerelateerd en complexen met meer dan vijf winkels en een gezamenlijk bruto vloeroppervlak groter dan 1.000 m² en winkels met een totaal bruto vloeroppervlak van meer dan 2.000 m² per winkel, voor zover er in de complexen een supermarkt, hypermarkt of warenhuis is gevestigd.

Nieuwe beperkt kwetsbare objecten zijn onder andere verspreid liggende woningen en bedrijfswoningen en restaurants, kantoren, hotels en complexen voor zover deze niet onder de kwetsbare objecten vallen en objecten van grote maatschappelijke waarde. Dit zijn bijvoorbeeld elektriciteitscentrales. Van deze lijst zijn uitgezonderd naburige industriële bedrijven die zelf risico's veroorzaken, incidentele dienst- of bedrijfswoningen (horende bij betreffende inrichting) en de verkeersstroom over de openbare weg.

Door de kans op overlijden voor alle ongevalsscenario's te sommeren, wordt een totaalbeeld van het plaatsgebonden overlijdensrisico als functie van de plaats verkregen. Door plaatsen met een gelijk risico met elkaar te verbinden worden ISO-risicocontouren verkregen. Het PR is onafhankelijk van de bevolkingsverdeling in de omgeving van de inrichting.

In onderstaande figuren zijn de PR-contouren weergegeven van de doorgerekende scenario's op basis van de aangeleverde gegevens. De 10^{-6} contour (rode lijn) bevindt zich voor een deel buiten de terreingrenzen van de inrichting maar overlapt niet met kwetsbare objecten. Er kan worden geconcludeerd dat wordt voldaan aan de norm voor het plaatsgebonden risico uit het Bevi.



Figuur 7.2 Plaatsgebonden risicocontouren Verda

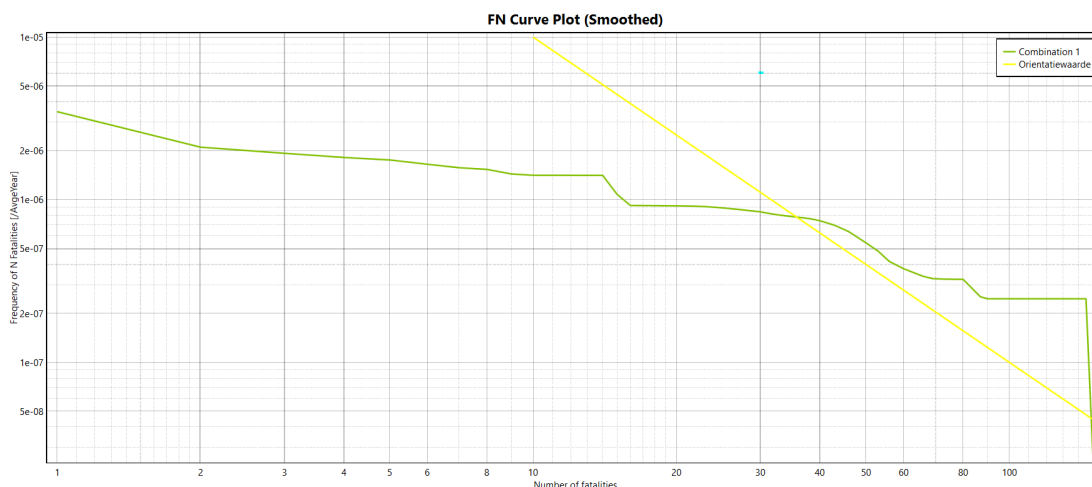


Figuur 7.3 Plaatsgebonden risicocontouren Verda (close-up)

7.3 Groepsrisico

Het groepsrisico (GR) is de jaargemiddelde kans dat een groep van bepaalde omvang dodelijk slachtoffer wordt van een ongeval. Het GR is afhankelijk van de bevolkingsdichtheidsverdeling in de omgeving van de inrichting en wordt gepresenteerd in de zogenaamde $F(N)$ -curve. Op de verticale as van deze curve is de kans weergegeven dat meer dan N dodelijke slachtoffers vallen als gevolg van de doorgerekende scenario's. Deze kans wordt uitgedrukt in de eenheid 'per jaar'. Op de horizontale as is de groepsgrootte in aantal dodelijke slachtoffers weergegeven. Het groepsrisico wordt getoetst aan de oriëntatiewaarde $F < 10^{-3} / N^2$.

De personen die binnen de 1 % letaliteitsgrens aanwezig zijn, bepalen het groepsrisico. In onderstaande figuur wordt het groepsrisico van Verda weergegeven. Het groepsrisico komt boven de oriëntatiewaarde uit. Voor de bepaling van het groepsrisico is gebruik gemaakt van standaard kengetallen voor de personendichtheid van industrieterreinen (40 personen per hectare). Voor onderhavige situatie betreft dit waarschijnlijk een overschatting van de werkelijke dichtheid als je kijkt naar de huidige bebouwing van dit industrieterrein. Aangezien er geen beter kengetal voor een dergelijke bestemming beschikbaar is, is gerekend met deze worstcase aanname. De overschrijding van de oriëntatiewaarde houdt in dat het groepsrisico verantwoord dient te worden door het bevoegd gezag.



Figuur 7.4 Groepsrisico curve Verda

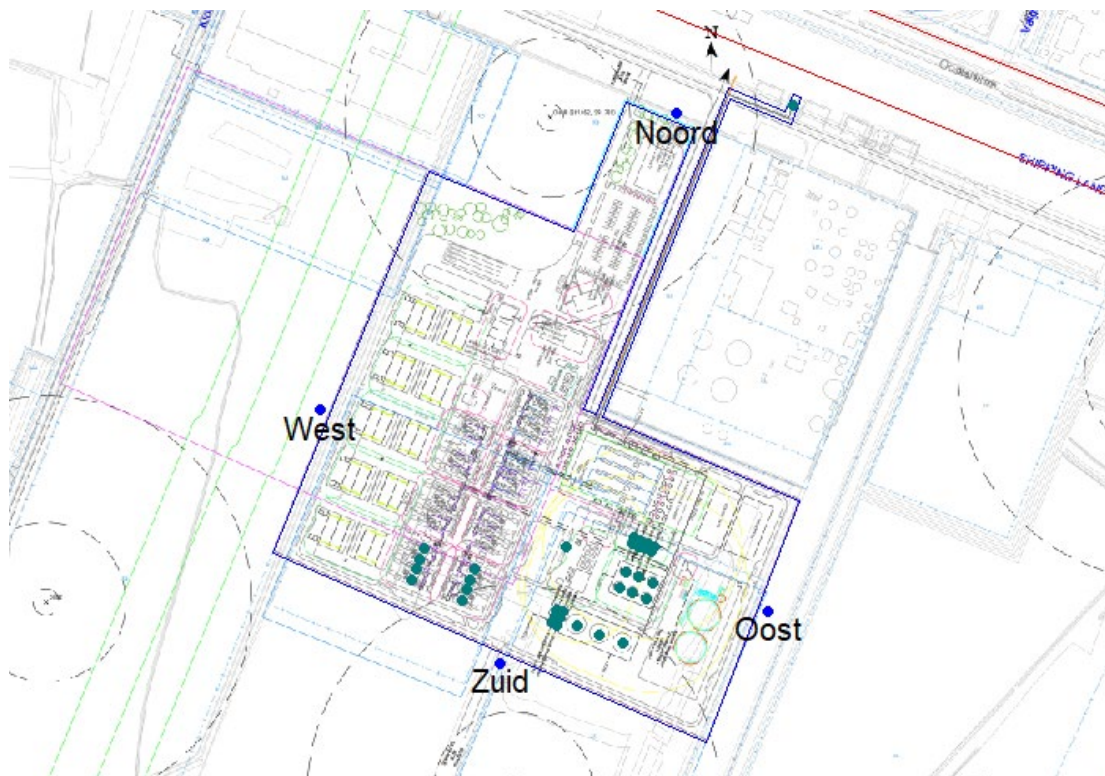
7.4 Maximale effectafstanden en scenario's met de grootste risicobijdrage

7.4.1 Maximale effectafstanden

De maximale effectafstanden voor de weertypes F1,5 en D5 worden door Safeti-NL berekend. Alle maximale effectafstanden zijn opgenomen in bijlage 5 van de vertrouwelijke versie van dit rapport.

7.4.2 Scenario's met de grootste risicobijdrage

Op diverse zijn 'risk ranking points' geplaatst. Op deze punten kan de bijdrage van het risico van verschillende scenario's bepaald worden. De betreffende risk ranking points zijn weergegeven in onderstaande afbeelding.



Figuur 7.5 Risk ranking points

Met behulp van de in het model geplaatste risk-ranking points kunnen de scenario's afgeleid worden die de grootste bijdrage aan het PR en GR hebben. Hiermee kan worden herleid welke scenario's voor het grootste risico zorgen op deze locaties binnen de inrichting.

De resultaten voor deze risk-ranking points zijn opgenomen in de individual en societal risk-ranking results, deze zijn bijgevoegd als bijlage 6 en 7 bij de vertrouwelijke versie van dit rapport.



8 Conclusie

Door middel van een kwantitatieve risicoanalyse (QRA) zijn de externe veiligheidsrisico's voor Verda bepaald. De QRA is uitgevoerd op basis van de Handleiding Risicoberekeningen Bevi, versie 4 en met het risicomodelleerprogramma Safeti-NL versie 8.

Plaatsgebonden risico

De QRA heeft uitgewezen dat de wettelijke norm voor het plaatsgebonden risico, de 1×10^{-6} /jaar contour, buiten de terreingrens van de inrichting ligt. Conform het Bevi mogen geen kwetsbare objecten en nieuwe beperkt kwetsbare objecten binnen deze contour liggen. Dit is niet het geval en er wordt hiermee voldaan aan de norm voor het plaatsgebonden risico.

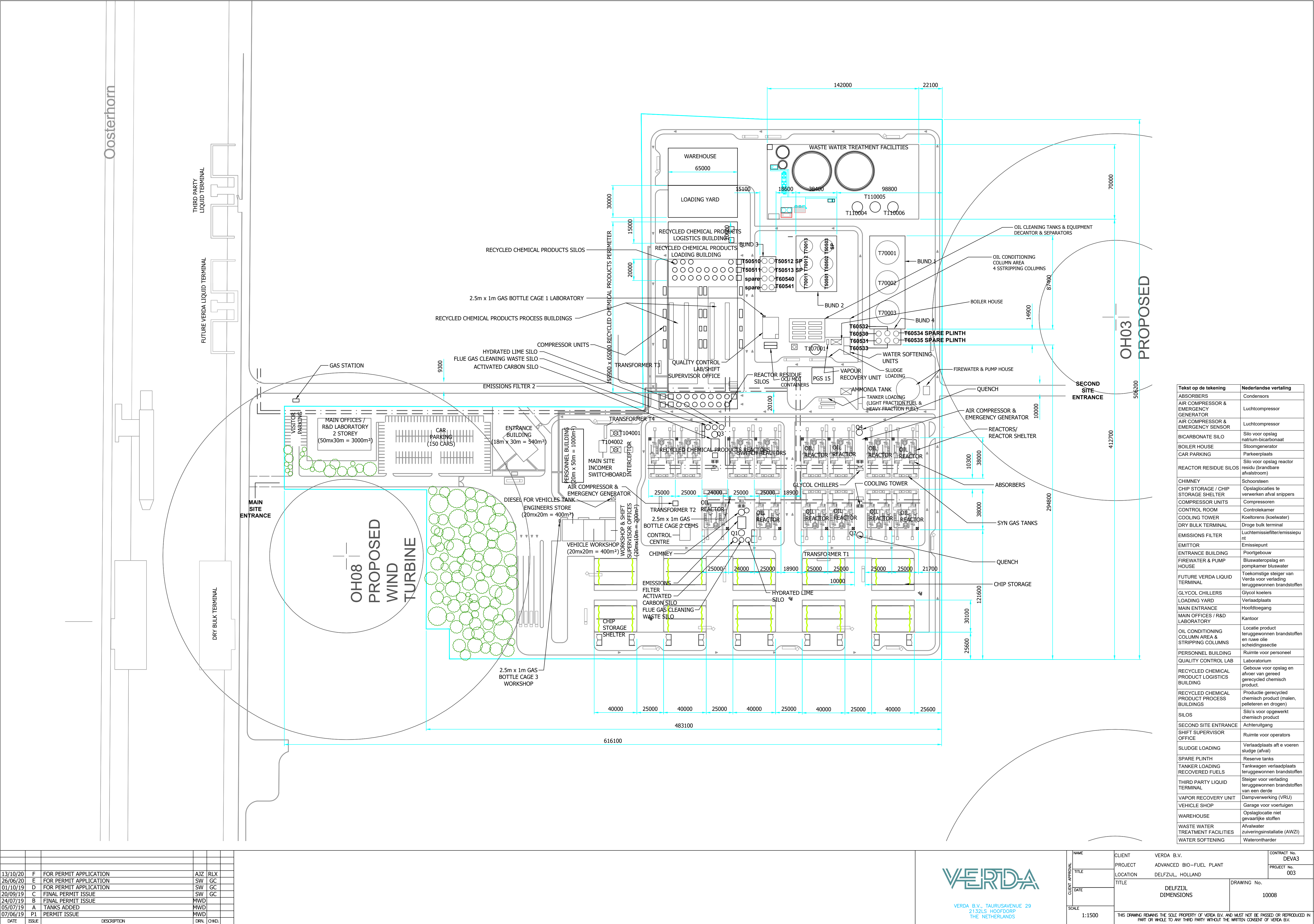
Groepsrisico

Uit de QRA komt naar voren dat er de oriëntatiewaarde van het groepsrisico wordt overschreden. Er is een worstcase aanname gedaan voor de personendichtheid van het omringende industrieterrein. Hiervoor is gebruik gemaakt van standaard kengetallen, wat voor de onderhavige situatie waarschijnlijk een overschatting van de werkelijke personendichtheid betreft. Aangezien er geen beter kengetal voor een dergelijke bestemming beschikbaar is, is gerekend met deze worstcase aanname. De overschrijding van de oriëntatiewaarde houdt in dat het groepsrisico verantwoord dient te worden door het bevoegd gezag.



Bijlage 1 Locatietekening Verda

De locatietekening van de inrichting is als bijlage 5b opgenomen in de aanvraag omgevingsvergunning.



13/10/20	F	FOR PERMIT APPLICATION	AJZ	RLX	
26/06/20	E	FOR PERMIT APPLICATION	SW	GC	
01/10/19	D	FOR PERMIT APPLICATION	SW	GC	
20/09/19	C	FINAL PERMIT ISSUE	SW	GC	
24/07/19	B	FINAL PERMIT ISSUE	MWD		
05/07/19	A	TANKS ADDED	MWD		
07/06/19	P1	PERMIT ISSUE	MWD		
DATE	ISSUE	DESCRIPTION	DRN	CHKD	



NAME	CLIENT	VERDA B.V.	CONTRACT No.	DEV43
PROJECT	ADVANCED BIO-FUEL PLANT		PROJECT No.	003
TITLE	LOCATION	DELFTZIJL, HOLLAND		
DATE	TITLE	DELFTZIJL DIMENSIONS	DRAWING No.	10008
SCALE	1:1500	THIS DRAWING REMAINS THE SOLE PROPERTY OF VERDA B.V. AND MUST NOT BE PASSED OR REPRODUCED IN PART OR WHOLE TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN CONSENT OF VERDA B.V.		



Tauw

Kenmerk

R035-1265249DPO-V09-aqb-NL

Bijlage 2

Subselectie

Project
Projectnummer
Datum
Status
Opgesteld door
Gecontroleerd door

QRA Verda
1265249
15-12-2020
Definitief
[Redacted]
[Redacted]

Pos. nr.	Onderdeel	Unitnummer	Beschrijving van de inhoud	Toegepaste modelstof	Opmerking	installatie [m³]	Inhoud nalevering [m³]	totaal [m³]	Dichtheid [kg/liter]	Kookpunt [°C]	Vlampunt [°C]	LC ₅₀ (rat, inh, 1u) [mg/m³]	D _{inst} [m]	Proces temperatuur [°C]	P _{vap} (modelstof) [Pa]	P [%]	Q [kg]	O ₁ [-]	O ₂ [-]	O ₃ [-]	G _T [kg]	G _F [kg]	G _E [kg]	A _T [-]	A _F [-]	A _E [-]
Opslagtanks bund 1																										
1	Opslagtank	T7001	Zware teruggewonnen brandstof	n-hexaan	Brandstof is worstcase gemodelleerd als PGS klasse 1 stof	2.500	0	2.500	0,96	180	55	9.300	100	10	53	100%	2.400.000	0,1	0,1	0,1	-	10.000	-	-	0,24	-
2	Opslagtank	T7002	Zware teruggewonnen brandstof	n-hexaan	Brandstof is worstcase gemodelleerd als PGS klasse 1 stof	2.500	0	2.500	0,96	180	55	9.300	100	10	53	100%	2.400.000	0,1	0,1	0,1	-	10.000	-	-	0,24	-
3	Opslagtank	T7003	Zware teruggewonnen brandstof	n-hexaan	Brandstof is worstcase gemodelleerd als PGS klasse 1 stof	2.500	0	2.500	0,96	180	55	9.300	100	10	53	100%	2.400.000	0,1	0,1	0,1	-	10.000	-	-	0,24	-
Opslagtanks bund 2																										
4	Opslagtank	T7011	Lichte teruggewonnen brandstof	n-hexaan	Brandstof is een PGS klasse 1 stof	750	0	750	0,82	68,5	-11	n.v.t.	100	10	10.225	100%	618.450	0,1	0,1	0,1	-	10.000	-	-	0,06	-
5	Opslagtank	T7012	Lichte teruggewonnen brandstof	n-hexaan	Brandstof is een PGS klasse 1 stof	750	0	750	0,82	68,5	-11	n.v.t.	100	10	10.225	100%	618.450	0,1	0,1	0,1	-	10.000	-	-	0,06	-
6	Opslagtank	T7013	Lichte teruggewonnen brandstof	n-hexaan	Brandstof is een PGS klasse 1 stof	750	0	750	0,82	68,5	-11	n.v.t.	100	10	10.225	100%	618.450	0,1	0,1	0,1	-	10.000	-	-	0,06	-
7	Opslagtank	T50501	Ruwe olie	n-hexaan	Ruwe olie is gemodelleerd als PGS klasse 1 stof	750	0	750	0,93	152	39	12.400	100	10	182	100%	697.500	0,1	0,1	0,1	-	10.000	-	-	0,07	-
8	Opslagtank	T50502	Ruwe olie	n-hexaan	Ruwe olie is gemodelleerd als PGS klasse 1 stof	750	0	750	0,93	152	39	12.400	100	10	182	100%	697.500	0,1	0,1	0,1	-	10.000	-	-	0,07	-
9	Opslagtank	T50503	Ruwe olie	n-hexaan	Ruwe olie is gemodelleerd als PGS klasse 1 stof	750	0	750	0,93	152	39	12.400	100	10	182	100%	697.500	0,1	0,1	0,1	-	10.000	-	-	0,07	-
Opslagtanks bund 3																										
10	Procestank	T50510	Ruwe olie	n-hexaan	Ruwe olie is gemodelleerd als PGS klasse 1 stof	150	0	150	0,93	152	39	12.400	100	60	2.792	100%	139.500	1	0,1	0,1	-	10.000	-	-	0,14	-
11	Procestank	T50511	Ruwe olie	n-hexaan	Ruwe olie is gemodelleerd als PGS klasse 1 stof	150	0	150	0,93	152	39	12.400	100	60	2.792	100%	139.500	1	0,1	0,1	-	10.000	-	-	0,14	-
12	Procestank	T50512	Ruwe olie	n-hexaan	Ruwe olie is gemodelleerd als PGS klasse 1 stof	150	0	150	0,93	152	39	12.400	100	60	2.792	100%	139.500	1	0,1	0,1	-	10.000	-	-	0,14	-
13	Procestank	T50513	Ruwe olie	n-hexaan	Ruwe olie is gemodelleerd als PGS klasse 1 stof	150	0	150	0,93	152	39	12.400	100	60	2.792	100%	139.500	1	0,1	0,1	-	10.000	-	-	0,14	-
14	Procestank	T60540	Mengsel lichte teruggewonnen brandstof / water	n-hexaan	De verhouding brandstof/water kan variëren. Er is worstcase uitgegaan van 100% brandstof met modelstof n-hexaan.	150	0	150	0,82	68,5	-11	n.v.t.	100	40	37.749	100%	123.690	1	0,1	0,4	-	10.000	-	-	0,46	-
15	Procestank	T60541	Mengsel lichte teruggewonnen brandstof / water	n-hexaan	De verhouding brandstof/water kan variëren. Er is worstcase uitgegaan van 100% brandstof met modelstof n-hexaan.	150	0	150	0,82	68,5	-11	n.v.t.	100	40	37.749	100%	123.690	1	0,1	0,4	-	10.000	-	-	0,46	-
16	Procestank	Spare 1	Mengsel lichte teruggewonnen brandstof / water	n-hexaan	De verhouding brandstof/water kan variëren. Er is worstcase uitgegaan van 100% brandstof met modelstof n-hexaan.	150	0	150	0,82	68,5	-11	n.v.t.	100	40	37.749	100%	123.690	1	0,1	0,4	-	10.000	-	-	0,46	-
17	Procestank	Spare 2	Mengsel lichte teruggewonnen brandstof / water	n-hexaan	De verhouding brandstof/water kan variëren. Er is worstcase uitgegaan van 100% brandstof met modelstof n-hexaan.	150	0	150	0,82	68,5	-11	n.v.t.	100	40	37.749	100%	123.690	1	0,1	0,4	-	10.000	-	-	0,46	-
Opslagtanks bund 4																										
18	Procestank	T60530	Mengsel zware teruggewonnen brandstof / water	n-hexaan	De verhouding brandstof/water kan variëren. Er is worstcase uitgegaan van 100% brandstof met modelstof n-hexaan.	150	0	150	0,96	180	55	9.300	100	75	817	100%	144.000	1	0,1	0,1	-	10.000	-	-	0,14	-
19	Procestank	T60531	Mengsel zware teruggewonnen brandstof / water	n-hexaan	De verhouding brandstof/water kan variëren. Er is worstcase uitgegaan van 100% brandstof met modelstof n-hexaan.	150	0	150	0,96	180	55	9.300	100	75	817	100%	144.000	1	0,1	0,1	-	10.000	-	-	0,14	-
20	Procestank	T60532	Mengsel zware teruggewonnen brandstof / water	n-hexaan	De verhouding brandstof/water kan variëren. Er is worstcase uitgegaan van 100% brandstof met modelstof n-hexaan.	150	0	150	0,96	180	55	9.300	100	75	817	100%	144.000	1	0,1	0,1	-	10.000	-	-	0,14	-
21	Procestank	T60533	Mengsel zware teruggewonnen brandstof / water	n-hexaan	De verhouding brandstof/water kan variëren. Er is worstcase uitgegaan van 100% brandstof met modelstof n-hexaan.	150	0	150	0,96	180	55	9.300	100	75	817	100%	144.000	1	0,1	0,1	-	10.000	-	-	0,14	-
22	Procestank	T60534	Mengsel zware teruggewonnen brandstof / water	n-hexaan	De verhouding brandstof/water kan variëren. Er is worstcase uitgegaan van 100% brandstof met modelstof n-hexaan.	150	0	150	0,96	180	55	9.300	100	75	817	100%	144.000	1	0,1	0,1	-	10.000	-	-	0,14	-
23	Procestank	T60535	Mengsel zware teruggewonnen brandstof / water	n-hexaan	De verhouding brandstof/water kan variëren. Er is worstcase uitgegaan van 100% brandstof met modelstof n-hexaan.	150	0	150	0,96	180	55	9.300	100	75	817	100%	144.000	1	0,1	0,1	-	10.000	-	-	0,14	-

Project
Projectnummer
Datum
Status
Opgesteld door
Gecontroleerd door

QRA Verda
1265249
15-12-2020
Definitief
[redacted]
[redacted]

Pos. nr.	Onderdeel	Unitnummer	Beschrijving van de inhoud	Toegepaste modelstof	Opmerking	installatie [m ³]	Inhoud nalevering [m ³]	totaal [m ³]	Dichtheid [kg/liter]	Kookpunt [°C]	Vlampunt [°C]	LC ₅₀ (rat, inh, 1u) [mg/m ³]	D _{inst} [m]	Proces temperatuur [°C]	P _{vap} (modelstof) [Pa]	P [%]	Q [kg]	O ₁ [-]	O ₂ [-]	O ₃ [-]	G _T [kg]	G _F [kg]	G _E [kg]	A _T [-]	A _F [-]	A _E [-]	
	Overige tanks																										
24	Mixtank	T1411	Ruwe olie	n-hexaan	In de mixtank zit een ruwe olie mengsel, dit is worstcase gemodelleerd als n-hexaan	20	0	20	0,93	152	39	12.400	100	60	2.792	100%	18.600	1	1	0,1	-	10.000	-	-	0,19	-	
25	Mixtank	T1412	Ruwe olie	n-hexaan	In de mixtank zit een ruwe olie mengsel, dit is worstcase gemodelleerd als n-hexaan	20	0	20	0,93	152	39	12.400	100	60	2.792	100%	18.600	1	1	0,1	-	10.000	-	-	0,19	-	
26	Mixtank	T1413	Ruwe olie	n-hexaan	In de mixtank zit een ruwe olie mengsel, dit is worstcase gemodelleerd als n-hexaan	20	0	20	0,93	152	39	12.400	100	60	2.792	100%	18.600	1	1	0,1	-	10.000	-	-	0,19	-	
27	Mixtank	T1414	Ruwe olie	n-hexaan	In de mixtank zit een ruwe olie mengsel, dit is worstcase gemodelleerd als n-hexaan	20	0	20	0,93	152	39	12.400	100	60	2.792	100%	18.600	1	1	0,1	-	10.000	-	-	0,19	-	
28	Mixtank	T1421	Ruwe olie	n-hexaan	In de mixtank zit een ruwe olie mengsel, dit is worstcase gemodelleerd als n-hexaan	20	0	20	0,93	152	39	12.400	100	60	2.792	100%	18.600	1	1	0,1	-	10.000	-	-	0,19	-	
29	Mixtank	T1422	Ruwe olie	n-hexaan	In de mixtank zit een ruwe olie mengsel, dit is worstcase gemodelleerd als n-hexaan	20	0	20	0,93	152	39	12.400	100	60	2.792	100%	18.600	1	1	0,1	-	10.000	-	-	0,19	-	
30	Mixtank	T1423	Ruwe olie	n-hexaan	In de mixtank zit een ruwe olie mengsel, dit is worstcase gemodelleerd als n-hexaan	20	0	20	0,93	152	39	12.400	100	60	2.792	100%	18.600	1	1	0,1	-	10.000	-	-	0,19	-	
31	Mixtank	T1424	Ruwe olie	n-hexaan	In de mixtank zit een ruwe olie mengsel, dit is worstcase gemodelleerd als n-hexaan	20	0	20	0,93	152	39	12.400	100	60	2.792	100%	18.600	1	1	0,1	-	10.000	-	-	0,19	-	
32	Opslagtank	T10000	Gasolie	-	Gasolie is een PGS klasse 3 vloeistof en is derhalve niet relevant voor de QRA	25	0	25	-	-	-	n.v.t.	-	10	-	-	-	0,1	1	-	-	-	-	-	-	-	
33	Opslagtank	T20000	Vloeibare stikstof	-	Stikstof is geen brandbare en/of toxische stof en niet relevant voor de QRA	25	0	25	-	-	-	n.v.t.	-	10	-	-	-	0,1	1	-	-	-	-	-	-	-	
34	Opslagtank	T30000	Ammonia 24,5%	-	Ammonia 24,5% geen brandbare en/of toxische stof en niet relevant voor de QRA	50	0	50	-	-	-	n.v.t.	-	10	-	-	-	0,1	1	-	-	-	-	-	-	-	
35	Opslagtank	procesgas opslagtank (28 stuks)	procesgas	-	Procesgas is samengesteld uit waterstof, koolmonoxide, methaan en stikstof. Op basis van de beperkte hoeveelheid (toxische) koolmonoxide is van procesgas enkel de brandbaarheid meegenomen. Dit is worstcase beschouwd als zijnde 100% brandbaar. Alle procesgas-tanks zijn met elkaar verbonden. Bij het falen van één tank zal derhalve nalevering uit het systeem plaatsvinden. Voor deze nalevering is uitgegaan van 30 minuten vrije uitstroom uit de grootste leiding uitgaande van een opgegeven debiet van 41 m3/uur.	10	21	31	0,004	-253	-	n.v.t.	100	50	-	100%	119	0,1	1	10,0	-	10.000	-	-	0,01	-	
Procesinstallaties																											
37	Scheidingsectie	Scheidingsectie (4 stuks in totaal)	Ruwe olie	n-hexaan	De inhoud van de scheidingsectie zelf is in totaal 4 m3. Voor de maximale vrij te komen hoeveelheid in 30 minuten is aanvullend rekening gehouden met nalevering uit het gehele systeem (s sectie, pomp, leiding, condensor en heat exchanger). Dit is bepaald op basis van het debiet door de grootste leiding (3 m3/uur) in combinatie met een uitstroomtijd van 30 minuten en rekening houdend met een extra factor 1,5 als gevolg van wegvallen van de tegendruk van de pomp (flow * 1,5 * 0,5 uur).	4	2	6	0,93	152	39	12.400	100	75	5.276	100%	5.813	1	1	0,1	-	10.000	-	-	0,06	-	
38	Reactoren	Reactor (4 stuks per processectie)	Geshredderd niet-gevaarlijk polymerenafval, ruwe olie	n-hexaan	De reactoren worden batchgewijs gevoed met geshredderd niet-gevaarlijk polymerenafval, waarna het productieproces plaatsvindt. Bij falen van de reactor is circa 400 kg nalevering van pyrogas mogelijk (vrijkomende massa in 30 min). Er is worstcase uitgegaan van 100% vulling met het brandbare eindproduct.	2	0,4	2,4	0,93	152	39	12.400	100	600	19.239.693	100%	2.260	1	1	10,0	-	10.000	-	-	2,26	-	
39	Absorbers	Absorption kolom (8 stuks per processectie)	Ruwe olie	n-hexaan	De inhoud van de absorber zelf is 1.500 kg. Voor de maximale vrij te komen hoeveelheid in 30 minuten is aanvullend rekening gehouden met nalevering uit het gehele systeem (absorber, pomp, leiding en heat exchanger). Dit is bepaald op basis van het debiet door de grootste leiding (31 m3/uur) in combinatie met een uitstroomtijd van 30 minuten en rekening houdend met een extra factor 1,5 als gevolg van wegvallen van de tegendruk van de pomp (flow * 1,5 * 0,5 uur).	1,61	23,25	24,86	0,93	152	39	12.400	100	60	2.792	100%	23.123	1	1	0,1	-	10.000	-	-	0,23	-	
40	Heat exchangers	Heat exchanger (4 stuks per processectie)	Ruwe olie	n-hexaan	Voor de vrij te komen uitstroom is uitgegaan van de maximale vrij te komen hoeveelheid in 30 minuten. Dit is worstcase bepaald op basis van het debiet door de grootste aan-/afvoerleiding (33 m3/uur) in combinatie met een uitstroomtijd van 30 minuten en rekening houdend met een extra factor 1,5 als gevolg van wegvallen van de tegendruk van de pomp (flow * 1,5 * 0,5 uur).	-	24,75	24,75	0,93	152	39	12.400	100	60	2.792	100%	23.018	1	1	0,1	-	10.000	-	-	0,23	-	
41	Pompen	Pomp (8 stuks per processectie)	Ruwe olie	n-hexaan	Voor de vrij te komen uitstroom is uitgegaan van de maximale vrij te komen hoeveelheid in 30 minuten. Dit is worstcase bepaald op basis van het debiet door de grootste aan-/afvoerleiding (31 m3/uur) in combinatie met een uitstroomtijd van 30 minuten en rekening houdend met een extra factor 1,5 als gevolg van wegvallen van de tegendruk van de pomp (flow * 1,5 * 0,5 uur).	-	23,25	23,25	0,93	152	39	12.400	100	60	2.792	100%	21.623	1	1	0,1	-	10.000	-	-	0,22	-	
42	Compressoren	Compressor (12 stuks per processectie)	procesgas	methaan	Voor de vrij te komen uitstroom is uitgegaan van de maximale vrij te komen hoeveelheid in 30 minuten. Dit is worstcase bepaald op basis van het debiet door de grootste aan-/afvoerleiding (41 m3/uur) in combinatie met een uitstroomtijd van 30 minuten en rekening houdend met een extra factor 1,5 als gevolg van wegvallen van de tegendruk van de pomp (flow * 1,5 * 0,5 uur).	-	30,75	30,75	0,004	-161	-188	n.v.t.	100	50	41.895.520	100%	120	1	1	10,0	-	10.000	-	-	0,12	-	

Project

Projectnummer

Datum

Status

Opgesteld door

Gecontroleerd door

QRA Verda

1265249

15-12-2020

Definitief

Pos. nr.	Onderdeel	Unitnummer	Beschrijving van de inhoud	Toegepaste modelstof	Opmerking	installatie [m³]	Inhoud nalevering [m³]	totaal [m³]	Dichtheid [kg/liter]	Kookpunt [°C]	Vlampunt [°C]	LC ₅₀ (rat, inh, 1u) [mg/m³]	D _{inst} [m]	Proces temperatuur [°C]	P _{vap} (modelstof) [Pa]	P [%]	Q [kg]	O ₁ [-]	O ₂ [-]	O ₃ [-]	G _T [kg]	G _F [kg]	G _E [kg]	A _T [-]	A _F [-]	A _E [-]	
	Leidingen																										
40	Leidingwerk	Afvoerleiding (jetty)	Zware teruggewonnen brandstof	n-hexaan	Voor de inhoud is uitgegaan van de maximale vrij te komen hoeveelheid in 30 minuten. Dit is bepaald op basis van het debiet door de leiding in combinatie met een uitstroomtijd van 30 minuten en rekening houdend met een extra factor 1,5 als gevolg van wegvallen van de tegendruk van de pomp (flow * 1,5 * 0,5 uur).	-	-	156,2	0,96	180	55	9.300	100	10	53	100%	149.976	1	1	0,1	-	10.000	-	-	1,50	-	
41	Leidingwerk	Afvoerleiding (jetty)	Lichte teruggewonnen brandstof	n-hexaan	Voor de inhoud is uitgegaan van de maximale vrij te kornen hoeveelheid in 30 minuten. Dit is bepaald op basis van het debiet door de leiding in combinatie met een uistroomtijd van 30 minuten en rekening houdend met een extra factor 1,5 als gevolg van wegvallen van de tegendruk van de pomp (flow * 1,5 * 0,5 uur).	-	-	91,5	0,82	68,5	-11	n.v.t.	100	10	10.225	100%	75.451	1	1	0,1	-	10.000	-	-	0,76	-	
42	Leidingwerk	Aardgas naar branders	Aardgas	methaan	Voor de inhoud is uitgegaan van de maximale vrij te kornen hoeveelheid in 30 minuten. Dit is bepaald op basis van het debiet door de leiding in combinatie met een uitstroomtijd van 30 minuten en rekening houdend met een extra factor 1,5 als gevolg van wegvallen van de tegendruk van de pomp (flow * 1,5 * 0,5 uur).	-	-	633,0	0,001	-161	-188	n.v.t.	100	20	-	100%	506	1	1	10,0	-	10.000	-	-	0,51	-	
43	Leidingwerk	procesgas naar opslagtank	procesgas	methaan	Voor de inhoud is uitgegaan van de maximale vrij te kornen hoeveelheid in 30 minuten. Dit is bepaald op basis van het debiet door de leiding in combinatie met een uitstroomtijd van 30 minuten en rekening houdend met een extra factor 1,5 als gevolg van wegvallen van de tegendruk van de pomp (flow * 1,5 * 0,5 uur).	-	-	30,8	0,004	-161	-188	n.v.t.	100	50	-	100%	120	1	1	10,0	-	10.000	-	-	0,12	-	
44	Leidingwerk	Pyrogas naar absorbers	Pyrogas	methaan	Pyrogas betreft de productstroom afkomstig uit de reactor en die naar de absorbers wordt getransporteerd. Voor de inhoud is uitgegaan van de maximale vrij te kornen hoeveelheid in 30 minuten. Dit is bepaald op basis van het debiet door de leiding in combinatie met een uitstroomtijd van 30 minuten en rekening houdend met een extra factor 1,5 als gevolg van wegvallen van de tegendruk van de pomp (flow * 1,5 * 0,5 uur).	-	-	657,0	0,001	-161	-188	n.v.t.	100	475	-	100%	526	1	1	10,0	-	10.000	-	-	0,53	-	

LET OP: conform de Handleiding risicoberekening Bevi wordt diesel niet beschouwd als een brandbare vloeistof en derhalve wordt deze niet nader uitgewerkt in een QRA.

NB:
Voor bepaling van de waarde van P_{vap} (dampspanning) voor **zware teruggewonnen brandstof** is aangesloten bij de stof **decaan**, vanwege een vergelijkbaar kookpunt en vlampunt met deze stof.
Voor bepaling van de waarde van P_{vap} (dampspanning) voor **ruwe olie** is aangesloten bij de stof **nonaan**, vanwege een vergelijkbaar kookpunt en vlampunt met ruwe olie.
Voor bepaling van de waarde van P_{vap} (dampspanning) voor **lichte teruggewonnen brandstof** is aangesloten bij de stof **hexaan**, vanwege een vergelijkbaar kookpunt en vlampunt met deze stof.

In de modellering in Safeti is, mits anders aangegeven, uitgegaan van de volumina van insluitsystemen en volumetrische debieten, vastgesteld op basis van mogelijke nalevering. Omdat in Safeti vervolgens gerekend wordt met voorgeschreven modelstoffen (die in bepaalde gevallen een afwijkende dichtheid hebben), kunnen de weergegeven en berekende massa's afwijken van bovenstaand overzicht.

Legenda

P_{vap} = dampspanning
P = aanwezigheid %
Q = hoeveelheid
D_{inst}= de afstand van het insluitsysteem naar de inrichtingsgrens (minimaal 100 meter)

O1 = weegfactor type installatie
O2 = weegfactor ligging installatie
O3 = weegfactor medium toestand

G_x = grenswaarde van de stof (in kg). Voor brandbare stoffen bedraagt de grenswaarde 10.000 kg, voor toxische stoffen is de grenswaarde afhankelijk van de fase (gas, vloeibaar, vast) en de toxiciteit (LC₅₀ - rat, inhalatie, 1 uur).
Uitsluitend activiteiten waarvoor het berekende aanwijsgetal groter is dan 1 vormen een potentieel risico voor de omgeving. Van belang hierbij is de locatie van de activiteit ten opzichte van de terreingrens.
Een activiteit die plaatsvindt in het midden van het bedrijfsterrein draagt minder bij aan het risico voor de omgeving dan een activiteit die tegen de terreingrens aan plaatsvindt.

GT= grenswaarde toxische stoffen
GF= grenswaarde brandbare stoffen
GE= grenswaarde explosieve stoffen

AT = aanwijsgetal toxische stoffen
AF = aanwijsgetal brandbare stoffen
AE = aanwijsgetal explosieve stoffen



Bijlage 3

Gegevens bulkverlading en leidingen

Gegevens bulkverlading en leidingen

Scheepsverlading

Stof	Doorzet	Debiet jettyleiding	Debiet jettyleiding	Verladingsduur	Maximale uitstroom in 30 min (incl. factor 1,5 wegvallen tegendruk pomp)
	[ton/jaar]	[ton/uur]	[m3/uur]	[uur/jaar]	[m3]
Lichte teruggewonnen brandstof (uit)	15.000	100	122	150	91,5
Zware teruggewonnen brandstof (uit)	54.000	200	208,3	270	156,2

Tankwagenverlading

Stof	Doorzet	Inhoud per tankwagen	Aanwezigheidsduur per tankwagen	Verlading per tankwagen	Verladingsduur	Maximale uitstroom in 30 min (maximale inhoud tankwagen plus nalevering incl. factor 1,5 wegvallen tegendruk pomp)
	[ton/jaar]	[ton]	[uur]	[uur]	[uur/jaar]	[ton]
Lichte teruggewonnen brandstof (uit)	15.000	25	2	1,5	900	37,5
Zware teruggewonnen brandstof (uit)	54.000	25	2	1,5	3.240	37,5
Totaal	69.000				4.140	

Leidingen

Stof	Doorzet	Debiet jettyleiding	Gebruiksduur	Diameter leiding	Leidinglengte	Maximale uitstroom in 30 min (incl. factor 1,5 wegvallen tegendruk pomp)
	[ton/jaar]	[m3/uur]	[uur/jaar]	[mm]	[m]	[m3]
Lichte teruggewonnen brandstof (uit)	15.000	122	150	100	830	91,5
Zware teruggewonnen brandstof (uit)	54.000	208,3	270	150	830	156,2



Bijlage 4

Faalfrequenties en scenario's

Overzicht scenario's en faalkansen

Scenario nr.	Onderdeel	Duur	Stof	Uitstroom volume [m³]	Uitstroom volume [ton]	Uren per jaar [uur]	Faalfrequentie waarde	Faalfrequentie eenheid	Lengte transportleiding [m]	Faalkans ontsteking %	Faalfrequentie waarde	Faalfrequentie eenheid
	Opslagtanks bund 1											
1.1	T7001 Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	-	n-hexaan	2.500		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
1.2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min	10 min		2.500		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
1.3	Continu vrijkomen door gat van 10 mm	30 min		2.500		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
	T7002											
2.1	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	-	n-hexaan	2.500		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
2.2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min	10 min		2.500		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
2.3	Continu vrijkomen door gat van 10 mm	30 min		2.500		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
	T7003											
3.1	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	-	n-hexaan	2.500		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
3.2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min	10 min		2.500		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
3.3	Continu vrijkomen door gat van 10 mm	30 min		2.500		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
	Opslagtanks bund 2											
4.1	T7011 Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	-	n-hexaan	750		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
4.2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min	10 min		750		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
4.3	Continu vrijkomen door gat van 10 mm	30 min		750		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
	T7012											
5.1	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	-	n-hexaan	750		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
5.2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min	10 min		750		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
5.3	Continu vrijkomen door gat van 10 mm	30 min		750		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
	T7013											
6.1	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	-	n-hexaan	750		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
6.2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min	10 min		750		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
6.3	Continu vrijkomen door gat van 10 mm	30 min		750		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
	T50501											
7.1	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	-	n-hexaan	750		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
7.2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min	10 min		750		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
7.3	Continu vrijkomen door gat van 10 mm	30 min		750		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
	T50502											
8.1	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	-	n-hexaan	750		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
8.2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min	10 min		750		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
8.3	Continu vrijkomen door gat van 10 mm	30 min		750		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
	T50503											
9.1	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	-	n-hexaan	750		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
9.2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min	10 min		750		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
9.3	Continu vrijkomen door gat van 10 mm	30 min		750		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar

Scenario nr.	Onderdeel	Duur	Stof	Uitstroom volume [m³]	Uitstroom volume [ton]	Uren per jaar [uur]	Faalfrequentie waarde	Faalfrequentie eenheid	Lengte transportleiding [m]	Faalkans ontsteking %	Faalfrequentie waarde	Faalfrequentie eenheid
	Opslagtanks bund 3											
10.1	T50510 Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	-	n-hexaan	150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
10.2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min	10 min		150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
10.3	Continu vrijkomen door gat van 10 mm	30 min		150		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
	T50511											
11.1	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	-	n-hexaan	150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
11.2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min	10 min		150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
11.3	Continu vrijkomen door gat van 10 mm	30 min		150		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
	T50512											
12.1	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	-	n-hexaan	150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
12.2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min	10 min		150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
12.3	Continu vrijkomen door gat van 10 mm	30 min		150		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
	T50513											
13.1	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	-	n-hexaan	150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
13.2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min	10 min		150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
13.3	Continu vrijkomen door gat van 10 mm	30 min		150		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
	T60540											
14.1	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	-	n-hexaan	150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
14.2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min	10 min		150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
14.3	Continu vrijkomen door gat van 10 mm	30 min		150		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
	T60541											
15.1	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	-	n-hexaan	150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
15.2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min	10 min		150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
15.3	Continu vrijkomen door gat van 10 mm	30 min		150		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
	Spare 1											
16.1	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	-	n-hexaan	150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
16.2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min	10 min		150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
16.3	Continu vrijkomen door gat van 10 mm	30 min		150		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
	Spare 2											
17.1	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	-	n-hexaan	150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
17.2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min	10 min		150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
17.3	Continu vrijkomen door gat van 10 mm	30 min		150		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar

Scenario nr.	Onderdeel	Duur	Stof	Uitstroom volume [m³]	Uitstroom volume [ton]	Uren per jaar [uur]	Faalfrequentie waarde	Faalfrequentie eenheid	Lengte transportleiding [m]	Faalkans ontsteking %	Faalfrequentie waarde	Faalfrequentie eenheid
	Opslagtanks bund 4											
18.1	T60530 Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	-	n-hexaan	150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
18.2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min	10 min		150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
18.3	Continu vrijkomen door gat van 10 mm	30 min		150		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
	T60531											
19.1	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	-	n-hexaan	150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
19.2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min	10 min		150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
19.3	Continu vrijkomen door gat van 10 mm	30 min		150		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
	T60532											
20.1	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	-	n-hexaan	150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
20.2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min	10 min		150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
20.3	Continu vrijkomen door gat van 10 mm	30 min		150		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
	T60533											
21.1	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	-	n-hexaan	150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
21.2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min	10 min		150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
21.3	Continu vrijkomen door gat van 10 mm	30 min		150		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
	T60534											
22.1	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	-	n-hexaan	150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
22.2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min	10 min		150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
22.3	Continu vrijkomen door gat van 10 mm	30 min		150		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
	T60535											
23.1	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	-	n-hexaan	150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
23.2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min	10 min		150		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
23.3	Continu vrijkomen door gat van 10 mm	30 min		150		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
	Procesinstallaties - Reactoren (4 stuks per processectie)											
	Reactor											
24.1	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud	-	n-hexaan	2,26		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
24.2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min	10 min		2,26		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
24.3	Continu vrijkomen door gat van 10 mm	30 min		2,26		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar

Scenario nr.	Onderdeel	Duur	Stof	Uitstroom volume [m³]	Uitstroom volume [ton]	Uren per jaar [uur]	Faalfrequentie waarde	Faalfrequentie eenheid	Lengte transportleiding [m]	Faalkans ontsteking %	Faalfrequentie waarde	Faalfrequentie eenheid
	Procesinstallaties - Absorption units (4 stuks per processectie)											
25.1	Absorber procesvat 1 Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud *	-	n-hexaan	25		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
25.2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min	10 min		25		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
25.3	Continu vrijkomen door gat van 10 mm	30 min		25		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
	Absorber procesvat 2											
26.1	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud *	-	n-hexaan	25		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
26.2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min	10 min		25		8.766	5,0E-06	per jaar	nvt	100%	5,0E-06	per jaar
26.3	Continu vrijkomen door gat van 10 mm	30 min		25		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
	Heat exchanger											
27.1	Instantaan vrijkomen van de gehele inhoud *	-	n-hexaan	24,8		8.766	5,0E-05	per jaar	nvt	100%	5,0E-05	per jaar
27.2	Vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min	10 min		24,8		8.766	5,0E-05	per jaar	nvt	100%	5,0E-05	per jaar
27.3	Continu vrijkomen door gat van 10 mm	30 min		24,8		8.766	1,0E-03	per jaar	nvt	100%	1,0E-03	per jaar
	Pomp 1											
28.1	Catastrofaal falen	30 min	n-hexaan	23,3		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
28.2	Lek (10 % diameter)	30 min		23,3		8.766	4,4E-03	per jaar	nvt	100%	4,4E-03	per jaar
	Pomp 2											
29.1	Catastrofaal falen	30 min	n-hexaan	23,3		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
29.2	Lek (10 % diameter)	30 min		23,3		8.766	4,4E-03	per jaar	nvt	100%	4,4E-03	per jaar
	Compressor 1											
30.1	Catastrofaal falen	30 min	methaan	30,8		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
30.2	Lek (10 % diameter)	30 min		30,8		8.766	4,4E-03	per jaar	nvt	100%	4,4E-03	per jaar
	Compressor 2											
31.1	Catastrofaal falen	30 min	methaan	30,8		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
31.2	Lek (10 % diameter)	30 min		30,8		8.766	4,4E-03	per jaar	nvt	100%	4,4E-03	per jaar
	Compressor 3											
32.1	Catastrofaal falen	30 min	methaan	30,8		8.766	1,0E-04	per jaar	nvt	100%	1,0E-04	per jaar
32.2	Lek (10 % diameter)	30 min		30,8		8.766	4,4E-03	per jaar	nvt	100%	4,4E-03	per jaar
	Verlading - laden per schip (lichte teruggewonnen brandstof)											
	Jetty											
33.1	Breuk van de laad-/losarm	30 min	n-hexaan	75,0		150	3,0E-08	per uur	nvt	100%	4,5E-06	per jaar
33.2	Lek van de laad-/losarm, 10% van de diameter	30 min		75,0		150	3,0E-07	per uur	nvt	100%	4,5E-05	per jaar
	Verlading - laden per schip (zware teruggewonnen brandstof)											
	Jetty											
34.1	Breuk van de laad-/losarm	30 min	n-hexaan	150,0		270	3,0E-08	per uur	nvt	100%	8,1E-06	per jaar
34.2	Lek van de laad-/losarm, 10% van de diameter	30 min		150,0		270	3,0E-07	per uur	nvt	100%	8,1E-05	per jaar

Scenario nr.	Onderdeel	Duur	Stof	Uitstroom volume [m³]	Uitstroom volume [ton]	Uren per jaar [uur]	Faalfrequentie waarde	Faalfrequentie eenheid	Lengte transportleiding [m]	Faalkans ontsteking %	Faalfrequentie waarde	Faalfrequentie eenheid
	Verlading - laden per tankwagen (lichte en zware teruggewonnen brandstof)											
	Tankwagenverlaadplaatsen											
35.1	Instantaan vrijkomen gehele inhoud	-			25,0	5.520	1,0E-05	per jaar	nvt	100%	6,3E-06	per jaar
35.2	Vrijkomen gehele inhoud uit grootste aansluiting	-			25,0	5.520	5,0E-07	per jaar	nvt	100%	3,1E-07	per jaar
35.3	Breuk van de laad-/losslang	30 min	n-hexaan		37,5	4.140	4,0E-06	per uur	nvt	100%	1,7E-02	per jaar
35.4	Lek van de laad-/losslang, 10% van de diameter	30 min			37,5	4.140	4,0E-05	per uur	nvt	100%	1,7E-01	per jaar
35.5	Instantaan falen, plasbrand	-				4.140	5,8E-09	per uur	nvt	100%	2,4E-05	per jaar
	Leidingen (naar jetty)											
	Jetty-leiding (lichte teruggewonnen brandstof)											
36.1	Breuk van de leiding	30 min	n-hexaan		91,5	150	3,0E-07	per meter per jaar	830	100%	4,3E-06	per jaar
36.2	Lek, 10% van diameter (maximaal 50 mm)	30 min			91,5	150	2,0E-06	per meter per jaar	830	100%	2,8E-05	per jaar
	Leidingen (naar jetty)											
	Jetty-leiding (zware teruggewonnen brandstof)											
37.1	Breuk van de leiding	30 min	n-hexaan		156,2	270	3,0E-07	per meter per jaar	830	100%	7,7E-06	per jaar
37.2	Lek, 10% van diameter (maximaal 50 mm)	30 min			156,2	270	2,0E-06	per meter per jaar	830	100%	5,1E-05	per jaar

* = De nageleverde hoeveelheid is groter dan de inhoud van het vat. Er is uitgegaan van een gecombineerde uitstroming, waarbij de bronterm van de nalevering is verhoogd om de initiële piek in rekening te brengen. Gemodelleerd als continu vrijkomen in 30 minuten.



Bijlage 5

Invloed windturbines

Invloed van windturbines op QRA Verda - Delfzijl

1.1 Algemeen

Op de locatie van Verda te Delfzijl zijn diverse windturbines vanuit het bestemmingsplan¹ geprojecteerd. Een aantal van deze windturbines hebben hun invloedsgebied die over de grenzen van de inrichting gaan. De locaties van deze windturbines zijn meegenomen in lay-out-tekeningen van Verda.

Met behulp van het Handboek Risicozonering Windturbines (versie 3.1, september 2014) en de berekeningsmodule SAVE-W is het toegevoegde risico berekend die ontstaat bij aanwezigheid van de windturbines. Deze extra berekening heeft invloed op installaties die vanuit de subselectie QRA naar voren zijn gekomen en die in de relevante invloedsfeer vallen van de windturbine(s). Aangezien de windturbines nog gerealiseerd moeten worden, zijn voor de berekening aannames gemaakt en gegevens gebruikt uit het bestemmingsplan om zo windturbines te 'creëren'. Hierbij is uitgegaan van een worstcasescenario.

1.2 Geprojecteerde windturbines

In het bestemmingsplan zijn vijf windturbines geprojecteerd in de directe omgeving van de site. In bijlage A zijn de locaties van de windturbines opgenomen in een plattegrond. In de onderstaande tabel is een overzicht opgenomen van de windturbines.

Tabel 1.1 Overzicht windturbines

Windturbine	Locatie t.o.v. inrichtingsgrens	Afstand tot inrichtingsgrens [m]
1	West	60
2	Oost	420
3	Zuidoost	390
4	Zuid	125
5	Zuidwest	250

1.3 Invloed op de QRA

Windturbines brengen verschillende risico's met zich mee die een invloed kunnen hebben op activiteiten in de risicozonering. De risicozone is afhankelijk van de soort windturbine waarbij onder andere gekeken wordt naar toerental, hoogte en diameter van de mast en grootte van de turbine. Als voorbeeld kan een blad afbreken bij een windturbine die in bedrijf is. Door de centrifugale krachten wordt het blad weggeworpen en kan het een installatie raken. Windturbines brengen dus een verhoogd risico met zich mee en hebben daarom invloed op de QRA.

¹ Identificatie bestemmingsplan: NL.IMRO.0010.05BP-VG01

N.B. Op 17 juli 2019 is door de Raad van State het besluit van de raad van de gemeente Delfzijl van 30 november 2017 tot vaststelling van het bestemmingsplan "Oosterhorn" vernietigd. Ten aanzien van de gegevens van de windturbines (locaties en (technische) specificaties) is desalniettemin aangesloten bij de gegevens uit dit bestemmingsplan, om hiermee de worstcase situatie te kunnen beschouwen

1.3.1 Gegevens windturbines

Het is nog onduidelijk welke windturbines gerealiseerd worden. De benodigde gegevens voor het berekenen van het toegevoegde risico zijn gebaseerd op informatie vanuit het bestemmingsplan en de gegevens die nodig zijn voor een worstcasescenario. In de onderstaande tabel zijn de gebruikte gegevens opgenomen.

Tabel 1.2 Eigenschappen windturbine

Kenmerk windturbine	Eigenschap
Ashoogte	145 meter
Rotordiameter	145 meter
Gemiddelde mastdiameter	6,9 meter
Hoogte gondel	6,2 meter
Maximale gondellengte	14,7 meter
Maximale breedte gondel	8 meter
Afstand zwaartepunt	18 meter
Nominaal toerental	14,5 rpm

1.3.2 Invloedgebied windturbines

Het invloedgebied van de windturbines is opgedeeld in drie afstanden. De kleinste zone is de $PR10^{-5}$ contour en wijdt 75 meter uit. Deze straal komt niet over de inrichtingsgrens en is daarom irrelevant. De tweede zone is de $PR10^{-6}$ contour en wijdt 169 meter uit, deze contour gaat over de inrichtingsgrens bij windturbine 1. Het hoofdkantoor valt binnen deze $PR10^{-6}$ contour. Het hoofdkantoor betreft een beperkt kwetsbaar object, waardoor er geen belemmering is ten aanzien van overlap met de $PR10^{-6}$ contour. De derde zone is 217,5 meter en omvat het gebied waarin de mast (en bladen) terecht kunnen komen wanneer de mast afbreekt. In dit gebied liggen diverse installaties.

Er is nog een vierde zone, de $PR10^{-8}$ contour. Deze zone heeft een straal van 426 meter en duidt het gebied aan waar een blad heen geworpen kan worden bij een maximaal toerental. De risicobijdrage van de windturbines in de zone is $< 10\%$ op de geselecteerde installaties en is daarom irrelevant.

In bijlage B zijn de contouren op de plattegrond uitgetekend bij mastbreuk. Dit zijn de grootste contouren.

1.3.3 Bijdrage van de windturbines op de QRA

Op basis van de rekenmethodiek die gehanteerd wordt in het Handboek Risicozonering Windturbines (versie 3.1, september 2014), de berekeningsmodule SAVE-W, de subselectie van de QRA en het invloedgebied van de windturbines, is uitgerekend wat de bijdrage is van de windturbines op de geselecteerde installaties en insluitsystemen. Wanneer uit de berekening blijkt dat de bijdrage van de windturbine op de faalkans van de installatie $\geq 10\%$ is, dan is de bijdrage relevant en moet deze worden meegenomen in de QRA.

In bijlage C is een overzicht opgenomen van de installaties, gegevens en faalkansen. Hierin zijn alleen de installaties opgenomen die binnen een straal van 217,5 meter vallen (maximale relevante risicozone) en die opgenomen zijn in de subselectie van de QRA. Hierin zijn tevens de herziene faalkansen van de installaties in opgenomen. In bijlage D is de volledige trefkansberekeningen van de diverse installaties opgenomen.

Scenario's

Er is uitgegaan van drie scenario's. Als eerste het scenario bladbreuk bij een nominaal toerental, oftewel een $PR10^{-6}$ contour van 169 meter. Bij geen van de geselecteerde installaties is de procentuele bijdrage $\geq 10\%$. Dit leidt er toe dat er geen herziene faalkansen zijn voor de installaties.

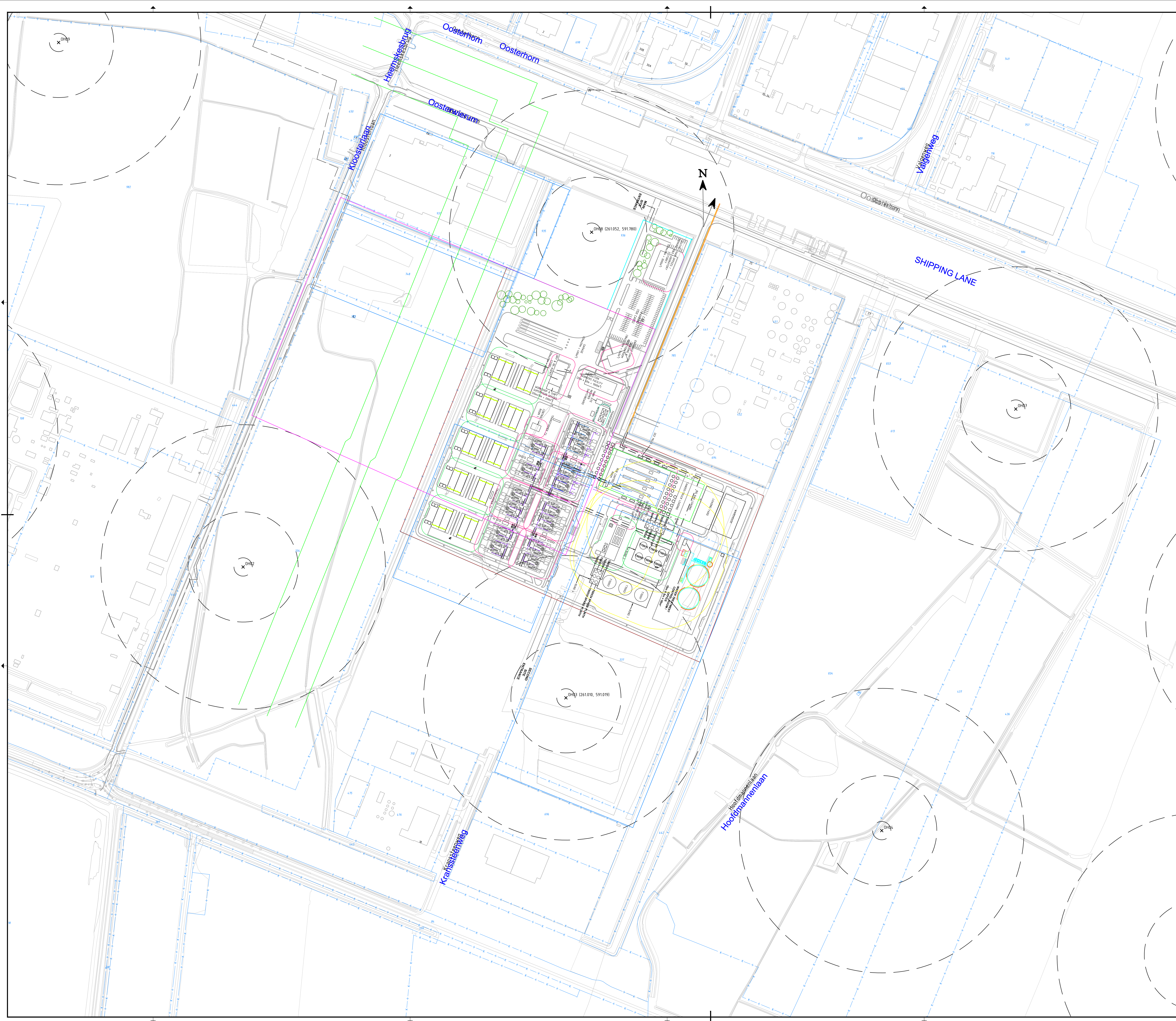
Het tweede scenario is een bladbreuk bij een maximaal toerental, een $PR10^{-8}$ contour van 426 meter. Aangezien een bladbreuk bij nominaal toerental niet relevant is, is een lager risico bij maximaal toerental automatisch ook irrelevant. De irrelevantie geldt ook delen waar de contouren overlappen, hierbij geldt namelijk het hoogste plaatsgebonden risico.

Het derde scenario is een mastbreuk die maximaal 217,5 meter kan bereiken (breuk op grondniveau, blad staat recht omhoog). Voor elke installatie geldt een relevante bijdrage (zie bijlage C).



Bijlage A

Locatie windturbines



Bestaande situatie

	Bestaande situatie
	Brexit Basisregistratie Grootschalige Tussentijdse Statistiek (BGT), dd. 31-10-2018

Kadastrale grens

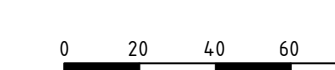
Locatie beoogde windturbines (nog niet gerealiseerd)
Bron: ruimtelijkeplannen.nl / Bestemmingsplan Oosterhorn, Milieueffectrapport
102131-1/16-020 562, 13 december 2016





Verklaring contouren windturbine:

ruimte vanaf center point:
Boven: Bestemmingsplan Oostervoer - NL.IMRO.001.05BP-VG01
160 risicocategorie: inrichting, waarvoor ofwel op grond van het Besluit externe veiligheid inrichtingen, of wel op grond van het voorwettigbesluit vanwege de verwerking of opslag van verpakt of onverpakt professioneel vuurwerk, al dan niet in samenhang met consumptievuurwerk, een grenswaarde, richtwaarde voor het risico op een risico- of veiligheidsafstand en/of andere aanpakmaatregelen uit het bestemmingsplan voortvloeien; welk object kan worden aangemerkt als een inrichting die valt onder het bestemmingsplan; welke maatregelen zijn noodzakelijk om het risico te beperken tot een aanvaardbaar niveau; welke maatregelen zijn noodzakelijk om het risico te beperken tot een aanvaardbaar niveau; welke maatregelen zijn noodzakelijk om het risico te beperken tot een aanvaardbaar niveau;

75 meter cirkel (gemeten van buitenzijde de cirkel $r=75$ meter).
(Bron: Bestemmingsplan Gasterhorn, Milieueffectrapport (DEZT/1-1/16-020.562, 17 december 2016).
Rond de locatie wordt een overdraai/PR100¹⁰ zone van 75 meter opgenomen. Hierbinnen zijn geen beperkt kwetsbare objecten toegestaan.

Rond de locatie wordt een signaleringsgebied van 217,5 meter opgenomen waarbinnen het risico van een falende windturbine op het aspect bedrijfscontinuïteit zorgvuldig afgewogen moet worden.

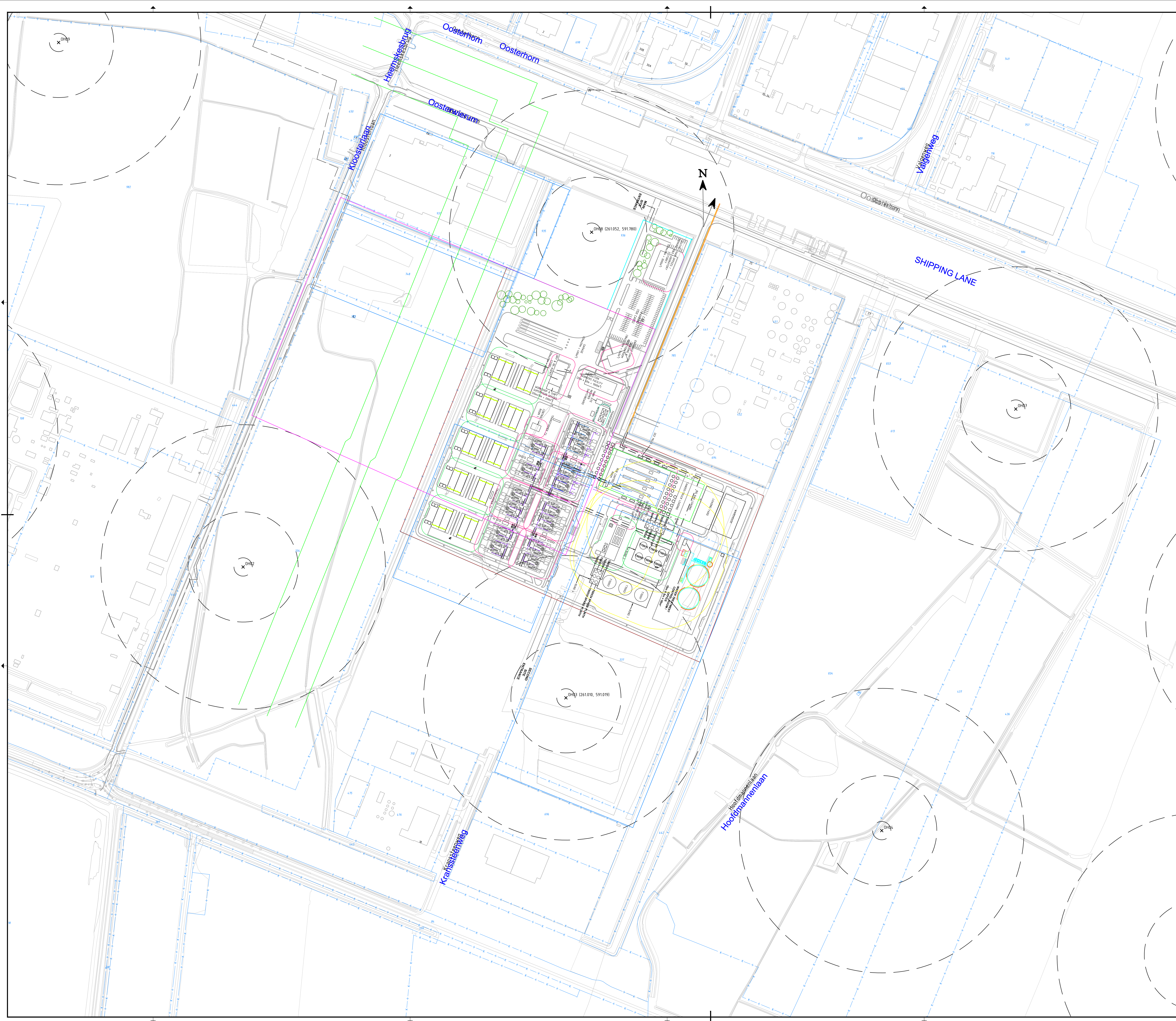


	<h1>Taufw</h1>				
	<p>Opdrachtnummer: Alphac B.V. Project Verkenning vestiging Onderzoek Locatie Delfzijl Locatie inrichting</p>				
	Documentnummer		Bild -yah	Documenttype	
	Datum Gefin. Gec.	26-03-2019  	Schaal	1:2000	
	Projectnummer 1265249	Takennummer 3	Stafid VOORLOPIG	Formaat A0	
	Wp.	Aard der wijziging	Datum	Gef. Gec.	
	A	Bouwen/ontbreken (betreft Toegangs)	29-03-19		
	B		26-03-2019		
	C				
	D				



Bijlage B

Risicocontouren windturbines



Bestaande situatie

	Bestaande situatie
	Brexit Basisregistratie Grootschalige Tussentijdse Statistiek (BGT), d.d. 31-10-2019

☐ Kadastrale prens

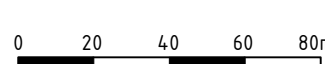
Locatie beoogde windturbines (nog niet gerealiseerd)

Verklaring contouren windturbine:

n=15 meter vanaf center point:
 naar Bestemmingsplan Oostervoer - NL.IMRO.0018.05GP-V001
 160 ruissicco inrichting: een inrichting, waarvoor of op grond van het Besluit externe veiligheid inrichtingen, of wel op grond van het vuurveiligheidsplan vanwege de overslag van vervoerd of opslag van gevaarlijk goederen, een risico van brand, van explosie, van overstroming, van consumptie van energie, van gassen, van vloeistoffen, van rook, van een risico van veiligheidsafstand moet worden aangehouden bij het in het bestemmingsplan formuleren van beperkt kwetsbare objecten of een inrichting zoals bedoeld in het Activiteitenbesluit milieubeheer waarbij een veiligheidsafstand van tenminste 10 meter van toepassing is, exclusief windturbines;

15 meter cirkel (gemeten vanaf buitenzijde cirkel $r=15$ meter).
 (Bron: Bestemmingsplan Oosthern, Milieueffectrapport (D2131)-1/16-020.562, 13 december 2016)
 Rood de locatie wordt een overdraai/PRIO⁵ zone van 75 meter opgenomen. Hierbinnen zijn geen beperkt kwetsbare objecten toegestaan.

217,5 meter cirkel (gemeten vanaf buitenzijde cirkel r=5 meter).
 (Rond: Bestemmingsplan Oosthorst, Milieueffectrapport IJZT/1-1/16-020.562, 13 december 2016)
 Omdat de locatie wordt een signaleringsgebied van 217,5 meter opgenomen waarin het risico van een falende windturbinen op het aspect bedrijfsconflicten zorgvuldig afgewogen moet worden.



Tauw

Postbus 722
9400 AS Assen
Telefoon (0592) 39 13 00
www.fauw.nl


Opdrachtgever

Alphaco 8

Project
Mechanics machine

Onderdeel

Locatie Delfzijl Locatie inrichting		
Documentnummer	Blad van	Documenttype

Datum	26-03-2019	Schaal	1 : 2000
Getek.			
Gez.			
Projectnummer	Takeninnummers	Status	Formaat

1265249	3	VOORLOPIG	A0
Wijz.	Aard der wijziging	Datum	Gel.
A	Rechtsomkeering keuzesnel, knopomstand	23.03.18	



Bijlage C

Faalkansen herzien

Installatie		Oppervlak			Faalkansen orgineel		Bladbreuk		Mastbreuk		Gebruik installatie	Faalkaans herzien	
Soort	Unitnaam	Lengte	Breedte	Hoogte	Instantaan	10 min uitstroom	Procentuele bijdrage	Relevant	Procentuele bijdrage	Relevant	Tijdsfractie	Faalkans instantaan nieuw	Additionele faalkans
Opslagtank	T7001	22	22	7	5,00E-06	5,00E-06	0,062%	nee	427%	ja	100%	4,77E-05	4,27E-05
Opslagtank	T7002	22	22	7	5,00E-06	5,00E-06	0,062%	nee	427%	ja	100%	4,77E-05	4,27E-05
Opslagtank	T7003	22	22	7	5,00E-06	5,00E-06	0,062%	nee	427%	ja	100%	4,77E-05	4,27E-05
Opslagtank	T60530	5	5	10	5,00E-06	5,00E-06	0,017%	nee	427%	ja	100%	4,77E-05	4,27E-05
Opslagtank	T60531	5	5	10	5,00E-06	5,00E-06	0,017%	nee	427%	ja	100%	4,77E-05	4,27E-05
Opslagtank	T60532	5	5	10	5,00E-06	5,00E-06	0,017%	nee	427%	ja	100%	4,77E-05	4,27E-05
Opslagtank	T60533	5	5	10	5,00E-06	5,00E-06	0,017%	nee	427%	ja	100%	4,77E-05	4,27E-05
Opslagtank	T60534	5	5	10	5,00E-06	5,00E-06	0,017%	nee	427%	ja	100%	4,77E-05	4,27E-05
Opslagtank	T60535	5	5	10	5,00E-06	5,00E-06	0,017%	nee	427%	ja	100%	4,77E-05	4,27E-05
Procesinstallatie	Reactor	10	10	10	5,00E-06	5,00E-06	0,030%	nee	358%	ja	100%	4,08E-05	3,58E-05
Procesinstallatie	Absorber	10	10	10	5,00E-06	5,00E-06	0,030%	nee	358%	ja	100%	4,08E-05	3,58E-05
Procesinstallatie	procesvat	10	10	10	5,00E-05	5,00E-05	0,003%	nee	36%	ja	100%	8,58E-05	3,58E-05
Procesinstallatie	Heat exchanger	10	10	10	1,00E-04	n.v.t.	0,003%	nee	36%	ja	100%	1,36E-04	3,58E-05
Procesinstallatie	Pomp Compressor	10	10	10	1,00E-04	n.v.t.	0,003%	nee	36%	ja	100%	1,36E-04	3,58E-05
Leidingen	Jettleiding (lichte fractie)	275	0,5	0,5	1,76E-06	n.v.t.	0,002%	nee	46%	ja	1,7%	2,58E-06	8,20E-07
Leidingen	Jettleiding (zware fractie)	275	0,5	0,5	3,17E-06	n.v.t.	0,002%	nee	47%	ja	3,1%	4,66E-06	1,49E-06



Bijlage D

Trefkansberekeningen per onderdeel

Invoergegevens

Gegevens turbine

Vermogen (nominaal)		5 MW
Ashoogte	H	145 m
Rotor diameter	D	145 m
1/2 Rotor diameter	D/2	72,5 m
Toerental (nominaal)		14,5 omw./min
nominaal	Ω_1	1,5184 rad/s
overtoren	Ω_2	3,0369 rad/s
Afstand tot zwaartepunt	Rz	26,1 m
Kritiek bladoppervlak	Ac	260,54 m ²
Lengte blad	Lb	70,59 m
Zwaartekracht	g	9,81 m/s ²
Max worpafstand nominaal		217 m
Max worpafstand 2x nominaal (overtoren)		426 m
Kans op bladbreuk - nominaal		8,40E-04 per jaar
kans op bladbreuk - 2x nominaal (overtoren)		5,00E-06 per jaar

$$n = \frac{c_2}{D} + c_3$$

$$r_{zw} = c_4 \cdot D$$

$$A_c = 1,1 \cdot c_5 \cdot D^{c_6}$$

$$L_b = \frac{D}{2} - c_7 \cdot D$$

Gegevens object

Hoogte object	h	7 m
Breedte object	b	22 m
Diepte object	d	22 m

Trefkans (Pzwpt) op basis van plaatsgebonden risico (x^*, y^*)

Plaatsgebonden risico (x^*, y^*) bladbreuk	Pp	2,90E-09	waarde uit berekening
Trefkans zwaartepunt blad (x^*, y^*) bladbreuk	Pzwpt	7,42E-12	

Trefkans berekeningen

Om de trefkans van een object met hoogte, h, breedte, b, en diepte, d, te berekenen wordt uitgegaan van een geprojecteerd grondoppervlak waarmee de hoogte van het object wordt verdisconteerd

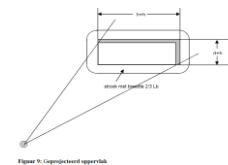


Figure 9: Geprojecteerd oppervlak

Geprojecteerde grondoppervlak object	Apr (3.3.10)	841
--------------------------------------	--------------	-----

$$A_{pr} = (b + h) \cdot (d + h)$$

De kans dat het zwaartepunt van het blad op het geprojecteerde oppervlak terechtkomt, met de veronderstelling, dat Pzwpt constant is in het gebied Apr geeft:

Pod (3.3.12)	6,24E-09
--------------	----------

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

Pzwpt	7,42E-12
-------	----------

Het gebouw kan direct door het zwaartepunt worden getroffen, maar het is ook mogelijk dat het zwaartepunt van het blad binnen een afstand van $\frac{2}{3} L_b$ (L_b is lengte van het afgebroken blad) van het gebouw inslaat. In dit geval kan het gebouw nog door het blad worden geraakt, want algemeen kan worden gesteld dat het zwaartepunt van het blad op $\frac{1}{3}$ van de bladlengte ligt. Komt het zwaartepunt op de rand van dit gebied terecht en wel aan de zijde van gevel dan is de kans dat de gevel wordt geraakt $ph = 1,0$. Deze kans zal verlopen naar $ph = 0,0$ op de buitenrand, die op $\frac{2}{3} L_b$ van de gevel ligt. Het verloop van de kans ph is ingewikkeld, maar wordt hier benaderd door een lineair verband.

De kans dat het zwaartepunt in één van deze vier stroken met breedte $\frac{2}{3} L_b$ langs de gevels terechtkomt en zodoende het gebouw indirect raakt is nu:

Poi (3.3.13)	3,26E-08
--------------	----------

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

De totale kans dat het gebouw / object wordt geraakt door een afgebroken blad wordt nu

Po (3.3.14)	6,24E-09
-------------	----------

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

Berekening bijdrage domino windturbine

Faalfrequentie catastrofaal falen object op basis van HARI

De frequentie van 'catastrofaal falen' is de som van de frequenties van de scenario's 'instantaan falen' en '10 minuten uitstroming'.

Faalkans instantaan falen	Fi	5,00E-06 per jaar	
Faalkans 10 minuten uitstroming	F10	5,00E-06 per jaar	
Faalkans catastrofaal falen object	Fc	1,00E-05 per jaar	
Factor installatie in gebruik (tijdsfractie)	tv	100% % per jaar	
Procentuele bijdrage windturbine effect		0,062%	
		Bijdrage windturbine niet relevant < 10 %	
nieuwe faalkans instantaan	Fi_nieuw	bijdrage windturbine niet relevant < 10 %	per jaar

Invoergegevens

Gegevens turbine

Ashoogte	H	145 m
Rotor diameter	D	145 m
1/2 Rotor diameter	D/2	72,5 m
Dikte mast	d	6,9 m
Lengte gondel	l	14,5 m
Hoogte gondel	h	6,2 m
Solidity (verhouding blad vs oppervlak (tabel 8))	s	0,05 -
afstand persoon tot turbine	r(p)	0 m
afstand infra tot turbine	r(i)	0 m
afstand object tot turbine	r(o)	190 m
kans op mastbreuk	Pmb	1,30E-04 per jaar

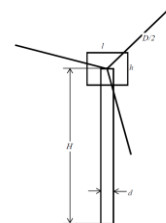
Trefkansberekening Personen (5.1)

Om de trefkans van een persoon op een bepaalde plaats te berekenen kan onderscheid worden gemaakt tussen drie gebieden.

1. Een cirkelvormig gebied met straal H rondom de turbine, waar de mast terecht kan komen.
2. Een cirkelschijf met binnenstraal H-h/2 en buitenstraal H+h/2, waar de gondel terecht kan komen.
3. Een cirkelschijf met binnenstraal H-D/2 en buitenstraal H+D/2, waar de rotor terecht kan komen.

Het is duidelijk dat deze gebieden elkaar kunnen overlappen, en dat op deze locaties de grootse trefkans bepalend is voor het risico.

Bij onderstaande uitwerking is verondersteld dat de mast zal breken ter plaatse van de voetflens en dat de kans op mastbreuk Pmb per jaar is.



Berekening kans dat persoon P(p) op afstand r(p) ($r < H$) van de turbine wordt getroffen door de mast (5.1.1)

P(p) **#DIV/0!** per jaar

Berekening kans dat een persoon in het gebied met $H-h/2 < r < H+h/2$ door de gondel wordt getroffen (5.1.2)

P(n) **Veilige afstand** per jaar

H-h/s	H+h/2
141,9	152,25

Benadering van de kans dat een persoon in het gebied met $H-D/2 < r < H+D/2$, door een blad wordt getroffen (5.1.3)

P(r) **Veilige afstand** per jaar

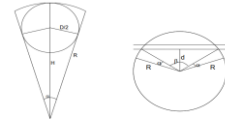
H-D/2	H+D/2
72,5	217,5

totale trefkans **P(p)_tot** **0,000E+00** per jaar

Trefkansberekening Infra (5.2)

Om het risico voor infrastructuur (verkeers-, spoor- of vaarweg) ten gevolge van mastbreuk te kunnen berekenen is onderstaand een eenvoudige maar conservatieve aanpak beschreven, waarbij de turbine wordt gemodelleerd als een cirkelsegment.

De kans dat een nabijgelegen infrastructuur wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van het bovengenoemde cirkelsegment in aanraking komt met de infrastructuur.



Berekening kans dat een nabijgelegen infrastructuur wordt getroffen door een omvallende turbine (5.2.3)

$P(i)$ 8,667E-05 per jaar

H+D/2
217,5

1. Passanten - voertuig e.d. (5.2.4)

De kans dat een passerende auto, trein of schip wordt geraakt kan worden afgeleid door de trefkans te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor

lengte passerend object L0 12 m
snelheid passerend object v0 15 m/s
t 2,537E-08 [-]

De lengte van het passerende object (trein, auto of schip) is de som van de echte lengte van het object vermeerderd met de remweg.

totale trefkans ($P(i) \cdot t$) 2,199E-12 per jaar

Bij berekening van het individueel passanten risico en het maatschappelijk risico volgens de richtlijnen van NS en RWS [7] dient een persoon te worden beschouwd die onbeschermd voorbij komt. De kans dat een passant wordt getroffen kan worden berekend door de trefkans uit verg. (5.2.3) te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor

2. Passanten - individuele passanten (5.2.5)

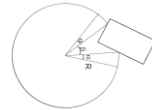
snelheid passant v0 1,3 m/s
t 7,318E-09 [-]

waarbij een persoon wordt gemodelleerd als een cirkel met diameter 0,3 m

totale trefkans ($P(i) \cdot t$) 6,342E-13 per jaar

Trefkansberekening ruimtelijke objecten (5.3)

Ook voor de trefkansberekening van ruimtelijke objecten wordt de turbine gemodelleerd als een cirkelsegment. De kans dat een nabijgelegen gebouw wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van het bovengenoemde cirkelsegment in aanraking komt met het gebouw hetgeen is geïllustreerd in naastliggende figuur.



Berekening kans dat een nabijgelegen object wordt getroffen door een omvallende turbine (5.2.3)

H+D/2

$P(o)$ 4,270E-05 per jaar

217,5

Faalfrequentie catastrofaal falen object op basis van HARI

De frequentie van 'catastrofaal falen' is de som van de frequenties van de scenario's 'instantaan falen' en '10 minuten uitstroming'.

Faalkans instantaan falen Fi 5,00E-06 per jaar
Faalkans 10 minuten uitstroming F10 5,00E-06 per jaar

Faalkans catastrofaal falen object Fc 1,00E-05 per jaar

Factor installatie in gebruik (tijdsfractie) tv 100% % per jaar

Procentuele bijdrage windturbine effect 427,011%
Bijdrage windturbine relevant

nieuwe faalkans instantaan Fi_nieuw 4,77E-05 per jaar

Invoergegevens

Gegevens turbine

Vermogen (nominaal)		5 MW
Ashoogte	H	145 m
Rotor diameter	D	145 m
1/2 Rotor diameter	D/2	72,5 m
Toerental (nominaal)		14,5 omw./min
nominaal	Ω_1	1,5184 rad/s
overtieren	Ω_2	3,0369 rad/s
Afstand tot zwaartepunt	Rz	26,1 m
Kritiek bladoppervlak	Ac	260,54 m ²
Lengte blad	Lb	70,59 m
Zwaartekracht	g	9,81 m/s ²
Max worpafstand nominaal		217 m
Max worpafstand 2x nominaal (overtieren)		426 m
Kans op bladbreuk - nominaal		8,40E-04 per jaar
kans op bladbreuk - 2x nominaal (overtieren)		5,00E-06 per jaar

$$n = \frac{c_2}{D} + c_3$$

$$r_{zw} = c_4 \cdot D$$

$$A_c = 1,1 \cdot c_5 \cdot D^{c_6}$$

$$L_b = \frac{D}{2} - c_7 \cdot D$$

Gegevens object

Hoogte object	h	10 m
Breedte object	b	5 m
Diepte object	d	5 m

Trefkans (Pzwpt) op basis van plaatsgebonden risico (x^*, y^*)

Plaatsgebonden risico (x^*, y^*) bladbreuk	Pp	2,90E-09	waarde uit berekening
Trefkans zwaartepunt blad (x^*, y^*) bladbreuk	Pzwpt	7,42E-12	

Trefkans berekeningen

Om de trefkans van een object met hoogte, h, breedte, b, en diepte, d, te berekenen wordt uitgegaan van een geprojecteerd grondoppervlak waarmee de hoogte van het object wordt verdisconteerd

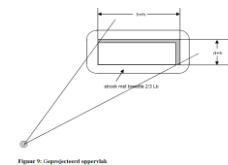


Figure 9: Geprojecteerd oppervlak

Geprojecteerde grondoppervlak object	Apr (3.3.10)	225
--------------------------------------	--------------	-----

$$A_{pr} = (b + h) \cdot (d + h)$$

De kans dat het zwaartepunt van het blad op het geprojecteerde oppervlak terecht komt, met de veronderstelling, dat Pzwpt constant is in het gebied Apr geeft:

Pod (3.3.12)	1,67E-09
--------------	----------

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

Pzwpt	7,42E-12
-------	----------

Het gebouw kan direct door het zwaartepunt worden getroffen, maar het is ook mogelijk dat het zwaartepunt van het blad binnen een afstand van $\frac{2}{3} L_b$ (L_b is lengte van het afgebroken blad) van het gebouw inslaat. In dit geval kan het gebouw nog door het blad worden geraakt, want algemeen kan worden gesteld dat het zwaartepunt van het blad op $\frac{1}{3}$ van de bladlengte ligt. Komt het zwaartepunt op de rand van dit gebied terecht en wel aan de zijde van gevel dan is de kans dat de gevel wordt geraakt $ph = 1,0$. Deze kans zal verlopen naar $ph = 0,0$ op de buitenrand, die op $\frac{2}{3} L_b$ van de gevel ligt. Het verloop van de kans ph is ingewikkeld, maar wordt hier benaderd door een lineair verband.

De kans dat het zwaartepunt in één van deze vier stroken met breedte $\frac{2}{3} L_b$ langs de gevels terecht komt en zodoende het gebouw indirect raakt is nu:

Poi (3.3.13)	2,07E-08
--------------	----------

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

De totale kans dat het gebouw / object wordt geraakt door een afgebroken blad wordt nu

Po (3.3.14)	1,67E-09
-------------	----------

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

Berekening bijdrage domino windturbine

Faalfrequentie catastrofaal falen object op basis van HARI

De frequentie van 'catastrofaal falen' is de som van de frequenties van de scenario's 'instantaan falen' en '10 minuten uitstroming'.

Faalkans instantaan falen	Fi	5,00E-06 per jaar	
Faalkans 10 minuten uitstroming	F10	5,00E-06 per jaar	
Faalkans catastrofaal falen object	Fc	1,00E-05 per jaar	
Factor installatie in gebruik (tijdsfractie)	tv	100% % per jaar	
Procentuele bijdrage windturbine effect		0,017%	
		Bijdrage windturbine niet relevant < 10 %	
nieuwe faalkans instantaan	Fi_nieuw	bijdrage windturbine niet relevant < 10 %	per jaar

Invoergegevens

Gegevens turbine

Ashoogte	H	145 m
Rotor diameter	D	145 m
1/2 Rotor diameter	D/2	72,5 m
Dikte mast	d	6,9 m
Lengte gondel	l	14,5 m
Hoogte gondel	h	6,2 m
Solidity (verhouding blad vs oppervlak (tabel 8))	s	0,05 -
afstand persoon tot turbine	r(p)	0 m
afstand infra tot turbine	r(i)	0 m
afstand object tot turbine	r(o)	190 m
kans op mastbreuk	Pmb	1,30E-04 per jaar

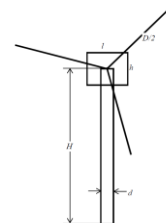
Trefkansberekening Personen (5.1)

Om de trefkans van een persoon op een bepaalde plaats te berekenen kan onderscheid worden gemaakt tussen drie gebieden.

1. Een cirkelvormig gebied met straal H rondom de turbine, waar de mast terecht kan komen.
2. Een cirkelschijf met binnenstraal H-h/2 en buitenstraal H+h/2, waar de gondel terecht kan komen.
3. Een cirkelschijf met binnenstraal H-D/2 en buitenstraal H+D/2, waar de rotor terecht kan komen.

Het is duidelijk dat deze gebieden elkaar kunnen overlappen, en dat op deze locaties de grootse trefkans bepalend is voor het risico.

Bij onderstaande uitwerking is verondersteld dat de mast zal breken ter plaatse van de voetflens en dat de kans op mastbreuk Pmb per jaar is.



Berekening kans dat persoon P(p) op afstand r(p) ($r < H$) van de turbine wordt getroffen door de mast (5.1.1)

P(p) **#DIV/0!** per jaar

Berekening kans dat een persoon in het gebied met $H-h/2 < r < H+h/2$ door de gondel wordt getroffen (5.1.2)

P(n) **Veilige afstand** per jaar

H-h/s	H+h/2
141,9	152,25

Benadering van de kans dat een persoon in het gebied met $H-D/2 < r < H+D/2$, door een blad wordt getroffen (5.1.3)

P(r) **Veilige afstand** per jaar

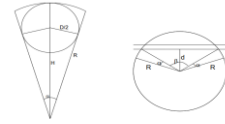
H-D/2	H+D/2
72,5	217,5

totale trefkans **P(p)_tot** **0,000E+00** per jaar

Trefkansberekening Infra (5.2)

Om het risico voor infrastructuur (verkeers-, spoor- of vaarweg) ten gevolge van mastbreuk te kunnen berekenen is onderstaand een eenvoudige maar conservatieve aanpak beschreven, waarbij de turbine wordt gemodelleerd als een cirkelsegment.

De kans dat een nabijgelegen infrastructuur wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van het bovengenoemde cirkelsegment in aanraking komt met de infrastructuur.



Berekening kans dat een nabijgelegen infrastructuur wordt getroffen door een omvallende turbine (5.2.3)

$P(i)$ 8,667E-05 per jaar

H+D/2
217,5

1. Passanten - voertuig e.d. (5.2.4)

De kans dat een passerende auto, trein of schip wordt geraakt kan worden afgeleid door de trefkans te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor

lengte passerend object	L0	12 m
snelheid passerend object	v0	15 m/s
t		2,537E-08 [-]

De lengte van het passerende object (trein, auto of schip) is de som van de echte lengte van het object vermeerderd met de remweg.

totale trefkans ($P(i) \cdot t$) 2,199E-12 per jaar

Bij berekening van het individueel passanten risico en het maatschappelijk risico volgens de richtlijnen van NS en RWS [7] dient een persoon te worden beschouwd die onbeschermd voorbij komt. De kans dat een passant wordt getroffen kan worden berekend door de trefkans uit verg. (5.2.3) te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor

2. Passanten - individuele passanten (5.2.5)

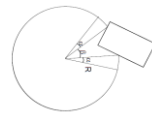
snelheid passant	v0	1,3 m/s
t		7,318E-09 [-]

waarbij een persoon wordt gemodelleerd als een cirkel met diameter 0,3 m

totale trefkans ($P(i) \cdot t$) 6,342E-13 per jaar

Trefkansberekening ruimtelijke objecten (5.3)

Ook voor de trefkansberekening van ruimtelijke objecten wordt de turbine gemodelleerd als een cirkelsegment. De kans dat een nabijgelegen gebouw wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van het bovengenoemde cirkelsegment in aanraking komt met het gebouw hetgeen is geïllustreerd in naastliggende figuur.



Berekening kans dat een nabijgelegen object wordt getroffen door een omvallende turbine (5.2.3)

H+D/2

$P(o)$ 4,270E-05 per jaar

217,5

Faalfrequentie catastrofaal falen object op basis van HARI

De frequentie van 'catastrofaal falen' is de som van de frequenties van de scenario's 'instantaan falen' en '10 minuten uitstroming'.

Faalkans instantaan falen	Fi	5,00E-06 per jaar
Faalkans 10 minuten uitstroming	F10	5,00E-06 per jaar

Faalkans catastrofaal falen object F_c 1,00E-05 per jaar

Factor installatie in gebruik (tijdsfractie) t_v 100% % per jaar

Procentuele bijdrage windturbine effect 427,011%
Bijdrage windturbine relevant

nieuwe faalkans instantaan F_{i_nieuw} 4,77E-05 per jaar

Invoergegevens

Gegevens turbine

Vermogen (nominaal)		5 MW
Ashoogte	H	145 m
Rotor diameter	D	145 m
1/2 Rotor diameter	D/2	72,5 m
Toerental (nominaal)		14,5 omw./min
nominaal	Ω_1	1,5184 rad/s
overtieren	Ω_2	3,0369 rad/s
Afstand tot zwaartepunt	Rz	26,1 m
Kritiek bladoppervlak	Ac	260,54 m ²
Lengte blad	Lb	70,59 m
Zwaartekracht	g	9,81 m/s ²
Max worpafstand nominaal		217 m
Max worpafstand 2x nominaal (overtieren)		426 m
Kans op bladbreuk - nominaal		8,40E-04 per jaar
kans op bladbreuk - 2x nominaal (overtieren)		5,00E-06 per jaar

$$n = \frac{c_2}{D} + c_3$$

$$r_{zw} = c_4 \cdot D$$

$$A_c = 1,1 \cdot c_5 \cdot D^{c_6}$$

$$L_b = \frac{D}{2} - c_7 \cdot D$$

Gegevens object

Hoogte object	h	10 m
Breedte object	b	10 m
Diepte object	d	10 m

Trefkans (Pzwpt) op basis van plaatsgebonden risico (x*,y*)

Plaatsgebonden risico (x*,y*) bladbreuk	Pp	2,90E-09	waarde uit berekening
Trefkans zwaartepunt blad (x*,y*) bladbreuk	Pzwpt	7,42E-12	

Trefkans berekeningen

Om de trefkans van een object met hoogte, h, breedte, b, en diepte, d, te berekenen wordt uitgegaan van een geprojecteerd grondoppervlak waarmee de hoogte van het object wordt verdisconteerd

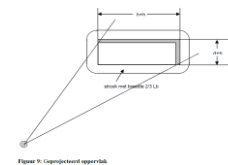


Figure 9: Geprojecteerd oppervlak

Geprojecteerde grondoppervlak object	Apr (3.3.10)	400
--------------------------------------	--------------	-----

$$A_{pr} = (b + h) \cdot (d + h)$$

De kans dat het zwaartepunt van het blad op het geprojecteerde oppervlak terecht komt, met de veronderstelling, dat Pzwpt constant is in het gebied Apr geeft:

Pod (3.3.12)	2,97E-09
--------------	----------

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

Pzwpt	7,42E-12
-------	----------

Het gebouw kan direct door het zwaartepunt worden getroffen, maar het is ook mogelijk dat het zwaartepunt van het blad binnen een afstand van $\frac{2}{3} L_b$ (L_b is lengte van het afgebroken blad) van het gebouw inslaat. In dit geval kan het gebouw nog door het blad worden geraakt, want algemeen kan worden gesteld dat het zwaartepunt van het blad op $\frac{1}{3}$ van de bladlengte ligt. Komt het zwaartepunt op de rand van dit gebied terecht en wel aan de zijde van gevel dan is de kans dat de gevel wordt geraakt $p_h = 1,0$. Deze kans zal verlopen naar $p_h = 0,0$ op de buitenrand, die op $\frac{2}{3} L_b$ van de gevel ligt. Het verloop van de kans p_h is ingewikkeld, maar wordt hier benaderd door een lineair verband.

De kans dat het zwaartepunt in één van deze vier stroken met breedte $\frac{2}{3} L_b$ langs de gevels terecht komt en zodoende het gebouw indirect raakt is nu:

Poi (3.3.13)	2,42E-08
--------------	----------

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

De totale kans dat het gebouw / object wordt geraakt door een afgebroken blad wordt nu

Po (3.3.14)	2,97E-09
-------------	----------

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

Berekening bijdrage domino windturbine

Faalfrequentie catastrofaal falen object op basis van HARI

De frequentie van 'catastrofaal falen' is de som van de frequenties van de scenario's 'instantaan falen' en '10 minuten uitstroming'.

Faalkans instantaan falen	Fi	5,00E-06 per jaar	
Faalkans 10 minuten uitstroming	F10	5,00E-06 per jaar	
Faalkans catastrofaal falen object	Fc	1,00E-05 per jaar	
Factor installatie in gebruik (tijdsfractie)	tv	100% % per jaar	
Procentuele bijdrage windturbine effect		0,030%	
		Bijdrage windturbine niet relevant < 10 %	
nieuwe faalkans instantaan	Fi_nieuw	bijdrage windturbine niet relevant < 10 %	per jaar

Invoergegevens

Gegevens turbine

Ashoogte	H	145 m
Rotor diameter	D	145 m
1/2 Rotor diameter	D/2	72,5 m
Dikte mast	d	6,9 m
Lengte gondel	l	14,5 m
Hoogte gondel	h	6,2 m
Solidity (verhouding blad vs oppervlak (tabel 8))	s	0,05 -
afstand persoon tot turbine	r(p)	0 m
afstand infra tot turbine	r(i)	205 m
afstand object tot turbine	r(o)	205 m
kans op mastbreuk	Pmb	1,30E-04 per jaar

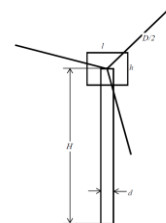
Trefkansberekening Personen (5.1)

Om de trefkans van een persoon op een bepaalde plaats te berekenen kan onderscheid worden gemaakt tussen drie gebieden.

1. Een cirkelvormig gebied met straal H rondom de turbine, waar de mast terecht kan komen.
2. Een cirkelschijf met binnenstraal H-h/2 en buitenstraal H+h/2, waar de gondel terecht kan komen.
3. Een cirkelschijf met binnenstraal H-D/2 en buitenstraal H+D/2, waar de rotor terecht kan komen.

Het is duidelijk dat deze gebieden elkaar kunnen overlappen, en dat op deze locaties de grootse trefkans bepalend is voor het risico.

Bij onderstaande uitwerking is verondersteld dat de mast zal breken ter plaatse van de voetflens en dat de kans op mastbreuk Pmb per jaar is.



Berekening kans dat persoon P(p) op afstand r(p) ($r < H$) van de turbine wordt getroffen door de mast (5.1.1)

P(p) **#DIV/0!** per jaar

Berekening kans dat een persoon in het gebied met $H-h/2 < r < H+h/2$ door de gondel wordt getroffen (5.1.2)

P(n) **Veilige afstand** per jaar

H-h/s	H+h/2
141,9	152,25

Benadering van de kans dat een persoon in het gebied met $H-D/2 < r < H+D/2$, door een blad wordt getroffen (5.1.3)

P(r) **Veilige afstand** per jaar

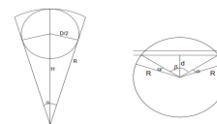
H-D/2	H+D/2
72,5	217,5

totale trefkans **P(p)_tot** **0,000E+00** per jaar

Trefkansberekening Infra (5.2)

Om het risico voor infrastructuur (verkeers-, spoor- of vaarweg) ten gevolge van mastbreuk te kunnen berekenen is onderstaand een eenvoudige maar conservatieve aanpak beschreven, waarbij de turbine wordt gemodelleerd als een cirkelsegment.

De kans dat een nabijgelegen infrastructuur wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van het bovengenoemde cirkelsegment in aanraking komt met de infrastructuur.



Berekening kans dat een nabijgelegen infrastructuur wordt getroffen door een omvallende turbine (5.2.3)

$P(i)$ 3,576E-05 per jaar

H+D/2
217,5

1. Passanten - voertuig e.d. (5.2.4)

De kans dat een passerende auto, trein of schip wordt geraakt kan worden afgeleid door de trefkans te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor

lengte passerend object	L0	0 m	De lengte van het passerende object (trein, auto of schip) is de som van de echte lengte van het object vermeerderd met de remweg.
snelheid passerend object	v0	0 m/s	
t	#DIV/0!	[-]	

totale trefkans ($P(i) \cdot t$) #DIV/0! per jaar

Bij berekening van het individueel passanten risico en het maatschappelijk risico volgens de richtlijnen van NS en RWS [7] dient een persoon te worden beschouwd die onbeschermd voorbij komt. De kans dat een passant wordt getroffen kan worden berekend door de trefkans uit verg. (5.2.3) te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor

2. Passanten - individuele passanten (5.2.5)

snelheid passant	v0	1,3 m/s	waarbij een persoon wordt gemodelleerd als een cirkel met diameter 0,3 m
t	7,318E-09	[-]	

totale trefkans ($P(i) \cdot t$) 2,617E-13 per jaar

Trefkansberekening ruimtelijke objecten (5.3)

Ook voor de trefkansberekening van ruimtelijke objecten wordt de turbine gemodelleerd als een cirkelsegment. De kans dat een nabijgelegen gebouw wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van het bovengenoemde cirkelsegment in aanraking komt met het gebouw hetgeen is geïllustreerd in naastliggende figuur.



Berekening kans dat een nabijgelegen object wordt getroffen door een omvallende turbine (5.2.3)

H+D/2

$P(o)$ 3,576E-05 per jaar

217,5

Faalfrequentie catastrofaal falen object op basis van HARI

De frequentie van 'catastrofaal falen' is de som van de frequenties van de scenario's 'instantaan falen' en '10 minuten uitstroming'.

Faalkans instantaan falen	Fi	5,00E-06 per jaar	
Faalkans 10 minuten uitstroming	F10	5,00E-06 per jaar	
Faalkans catastrofaal falen object	Fc	1,00E-05 per jaar	
Factor installatie in gebruik (tijdsfractie)	tv	100% % per jaar	
Procentuele bijdrage windturbine effect		357,640%	Bijdrage windturbine relevant
nieuwe faalkans instantaan	Fi_nieuw	4,08E-05	per jaar

Invoergegevens

Gegevens turbine

Vermogen (nominaal)		5 MW
Ashoogte	H	145 m
Rotor diameter	D	145 m
1/2 Rotor diameter	D/2	72,5 m
Toerental (nominaal)		14,5 omw./min
nominaal	Ω_1	1,5184 rad/s
overtoren	Ω_2	3,0369 rad/s
Afstand tot zwaartepunt	Rz	26,1 m
Kritiek bladoppervlak	Ac	260,54 m ²
Lengte blad	Lb	70,59 m
Zwaartekracht	g	9,81 m/s ²
Max worpafstand nominaal		217 m
Max worpafstand 2x nominaal (overtoren)		426 m
Kans op bladbreuk - nominaal		8,40E-04 per jaar
kans op bladbreuk - 2x nominaal (overtoren)		5,00E-06 per jaar

$$n = \frac{c_2}{D} + c_3$$

$$r_{zw} = c_4 \cdot D$$

$$A_c = 1,1 \cdot c_5 \cdot D^{c_6}$$

$$L_b = \frac{D}{2} - c_7 \cdot D$$

Gegevens object

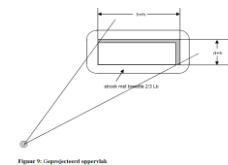
Hoogte object	h	10 m
Breedte object	b	10 m
Diepte object	d	10 m

Trefkans (Pzwpt) op basis van plaatsgebonden risico (x*,y*)

Plaatsgebonden risico (x*,y*) bladbreuk	Pp	2,90E-09	waarde uit berekening
Trefkans zwaartepunt blad (x*,y*) bladbreuk	Pzwpt	7,42E-12	

Trefkans berekeningen

Om de trefkans van een object met hoogte, h, breedte, b, en diepte, d, te berekenen wordt uitgegaan van een geprojecteerd grondoppervlak waarmee de hoogte van het object wordt verdisconteerd



$$A_{pr} = (b + h) \cdot (d + h)$$

Geprojecteerde grondoppervlak object Apr (3.3.10) 400

De kans dat het zwaartepunt van het blad op het geprojecteerde oppervlak terecht komt, met de veronderstelling, dat Pzwpt constant is in het gebied Apr geeft:

Pod (3.3.12) 2,97E-09

Pzwpt 7,42E-12

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

Het gebouw kan direct door het zwaartepunt worden getroffen, maar het is ook mogelijk dat het zwaartepunt van het blad binnen een afstand van $\frac{2}{3} L_b$ (L_b is lengte van het afgebroken blad) van het gebouw inslaat. In dit geval kan het gebouw nog door het blad worden geraakt, want algemeen kan worden gesteld dat het zwaartepunt van het blad op $\frac{1}{3}$ van de bladlengte ligt. Komt het zwaartepunt op de rand van dit gebied terecht en wel aan de zijde van gevel dan is de kans dat de gevel wordt geraakt $ph = 1,0$. Deze kans zal verlopen naar $ph = 0,0$ op de buitenrand, die op $\frac{2}{3} L_b$ van de gevel ligt. Het verloop van de kans ph is ingewikkeld, maar wordt hier benaderd door een lineair verband.

De kans dat het zwaartepunt in één van deze vier stroken met breedte $\frac{2}{3} L_b$ langs de gevels terecht komt en zodoende het gebouw indirect raakt is nu:

Poi (3.3.13) 2,42E-08

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

De totale kans dat het gebouw / object wordt geraakt door een afgebroken blad wordt nu

Po (3.3.14) 2,97E-09

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

Berekening bijdrage domino windturbine

Faalfrequentie catastrofaal falen object op basis van HARI

De frequentie van 'catastrofaal falen' is de som van de frequenties van de scenario's 'instantaan falen' en '10 minuten uitstroming'.

Faalkans instantaan falen	Fi	5,00E-05 per jaar	
Faalkans 10 minuten uitstroming	F10	5,00E-05 per jaar	
Faalkans catastrofaal falen object	Fc	1,00E-04 per jaar	
Factor installatie in gebruik (tijdsfractie)	tv	100% % per jaar	
Procentuele bijdrage windturbine effect		0,003%	
		Bijdrage windturbine niet relevant < 10 %	
nieuwe faalkans instantaan	Fi_nieuw	bijdrage windturbine niet relevant < 10 %	per jaar

Invoergegevens

Gegevens turbine

Ashoogte	H	145 m
Rotor diameter	D	145 m
1/2 Rotor diameter	D/2	72,5 m
Dikte mast	d	6,9 m
Lengte gondel	l	14,5 m
Hoogte gondel	h	6,2 m
Solidity (verhouding blad vs oppervlak (tabel 8))	s	0,05 -
afstand persoon tot turbine	r(p)	0 m
afstand infra tot turbine	r(i)	205 m
afstand object tot turbine	r(o)	205 m
kans op mastbreuk	Pmb	1,30E-04 per jaar

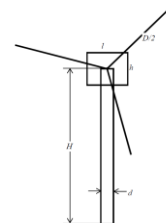
Trefkansberekening Personen (5.1)

Om de trefkans van een persoon op een bepaalde plaats te berekenen kan onderscheid worden gemaakt tussen drie gebieden.

1. Een cirkelvormig gebied met straal H rondom de turbine, waar de mast terecht kan komen.
2. Een cirkelschijf met binnenstraal H-h/2 en buitenstraal H+h/2, waar de gondel terecht kan komen.
3. Een cirkelschijf met binnenstraal H-D/2 en buitenstraal H+D/2, waar de rotor terecht kan komen.

Het is duidelijk dat deze gebieden elkaar kunnen overlappen, en dat op deze locaties de grootse trefkans bepalend is voor het risico.

Bij onderstaande uitwerking is verondersteld dat de mast zal breken ter plaatse van de voetflens en dat de kans op mastbreuk Pmb per jaar is.



Berekening kans dat persoon P(p) op afstand r(p) ($r < H$) van de turbine wordt getroffen door de mast (5.1.1)

P(p) **#DIV/0!** per jaar

Berekening kans dat een persoon in het gebied met $H-h/2 < r < H+h/2$ door de gondel wordt getroffen (5.1.2)

P(n) **Veilige afstand** per jaar

H-h/s	H+h/2
141,9	152,25

Benadering van de kans dat een persoon in het gebied met $H-D/2 < r < H+D/2$, door een blad wordt getroffen (5.1.3)

P(r) **Veilige afstand** per jaar

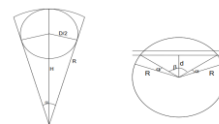
H-D/2	H+D/2
72,5	217,5

totale trefkans **P(p)_tot** **0,000E+00** per jaar

Trefkansberekening Infra (5.2)

Om het risico voor infrastructuur (verkeers-, spoor- of vaarweg) ten gevolge van mastbreuk te kunnen berekenen is onderstaand een eenvoudige maar conservatieve aanpak beschreven, waarbij de turbine wordt gemodelleerd als een cirkelsegment.

De kans dat een nabijgelegen infrastructuur wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van het bovengenoemde cirkelsegment in aanraking komt met de infrastructuur.



Berekening kans dat een nabijgelegen infrastructuur wordt getroffen door een omvallende turbine (5.2.3)

$P(i)$ 3,576E-05 per jaar

H+D/2
217,5

1. Passanten - voertuig e.d. (5.2.4)

De kans dat een passerende auto, trein of schip wordt geraakt kan worden afgeleid door de trefkans te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor

lengte passerend object L0 0 m
snelheid passerend object v0 0 m/s
t #DIV/0! [-]

De lengte van het passerende object (trein, auto of schip) is de som van de echte lengte van het object vermeerderd met de remweg.

totale trefkans ($P(i) \cdot t$) #DIV/0! per jaar

Bij berekening van het individueel passanten risico en het maatschappelijk risico volgens de richtlijnen van NS en RWS [7] dient een persoon te worden beschouwd die onbeschermd voorbij komt. De kans dat een passant wordt getroffen kan worden berekend door de trefkans uit verg. (5.2.3) te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor

2. Passanten - individuele passanten (5.2.5)

snelheid passant v0 1,3 m/s
t 7,318E-09 [-]

waarbij een persoon wordt gemodelleerd als een cirkel met diameter 0,3 m

totale trefkans ($P(i) \cdot t$) 2,617E-13 per jaar

Trefkansberekening ruimtelijke objecten (5.3)

Ook voor de trefkansberekening van ruimtelijke objecten wordt de turbine gemodelleerd als een cirkelsegment. De kans dat een nabijgelegen gebouw wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van het bovengenoemde cirkelsegment in aanraking komt met het gebouw hetgeen is geïllustreerd in naastliggende figuur.



Berekening kans dat een nabijgelegen object wordt getroffen door een omvallende turbine (5.2.3)

H+D/2

$P(o)$ 3,576E-05 per jaar

217,5

Faalfrequentie catastrofaal falen object op basis van HARI

De frequentie van 'catastrofaal falen' is de som van de frequenties van de scenario's 'instantaan falen' en '10 minuten uitstroming'.

Faalkans instantaan falen Fi 5,00E-05 per jaar
Faalkans 10 minuten uitstroming F10 5,00E-05 per jaar

Faalkans catastrofaal falen object Fc 1,00E-04 per jaar

Factor installatie in gebruik (tijdsfractie) tv 100% % per jaar

Procentuele bijdrage windturbine effect 35,764%
Bijdrage windturbine relevant

nieuwe faalkans instantaan Fi_nieuw 8,58E-05 per jaar

Invoergegevens

Gegevens turbine

Vermogen (nominaal)		5 MW
Ashoogte	H	145 m
Rotor diameter	D	145 m
1/2 Rotor diameter	D/2	72,5 m
Toerental (nominaal)		14,5 omw./min
nominaal	Ω_1	1,5184 rad/s
overtieren	Ω_2	3,0369 rad/s
Afstand tot zwaartepunt	Rz	26,1 m
Kritiek bladoppervlak	Ac	260,54 m ²
Lengte blad	Lb	70,59 m
Zwaartekracht	g	9,81 m/s ²
Max worpafstand nominaal		217 m
Max worpafstand 2x nominaal (overtieren)		426 m
Kans op bladbreuk - nominaal		8,40E-04 per jaar
kans op bladbreuk - 2x nominaal (overtieren)		5,00E-06 per jaar

$$n = \frac{c_2}{D} + c_3$$

$$r_{zw} = c_4 \cdot D$$

$$A_c = 1,1 \cdot c_5 \cdot D^{c_6}$$

$$L_b = \frac{D}{2} - c_7 \cdot D$$

Gegevens object

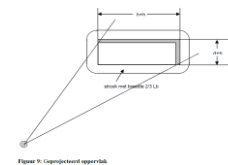
Hoogte object	h	10 m
Breedte object	b	10 m
Diepte object	d	10 m

Trefkans (Pzwpt) op basis van plaatsgebonden risico (x*,y*)

Plaatsgebonden risico (x*,y*) bladbreuk	Pp	2,90E-09	waarde uit berekening
Trefkans zwaartepunt blad (x*,y*) bladbreuk	Pzwpt	7,42E-12	

Trefkans berekeningen

Om de trefkans van een object met hoogte, h, breedte, b, en diepte, d, te berekenen wordt uitgegaan van een geprojecteerd grondoppervlak waarmee de hoogte van het object wordt verdisconteerd



$$A_{pr} = (b + h) \cdot (d + h)$$

Geprojecteerde grondoppervlak object Apr (3.3.10) 400

De kans dat het zwaartepunt van het blad op het geprojecteerde oppervlak terecht komt, met de veronderstelling, dat Pzwpt constant is in het gebied Apr geeft:

$$Pod (3.3.12) 2,97E-09$$

$$Pzwpt 7,42E-12$$

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

Het gebouw kan direct door het zwaartepunt worden getroffen, maar het is ook mogelijk dat het zwaartepunt van het blad binnen een afstand van $\frac{2}{3} L_b$ (L_b is lengte van het afgebroken blad) van het gebouw inslaat. In dit geval kan het gebouw nog door het blad worden geraakt, want algemeen kan worden gesteld dat het zwaartepunt van het blad op $\frac{1}{3}$ van de bladlengte ligt. Komt het zwaartepunt op de rand van dit gebied terecht en wel aan de zijde van gevel dan is de kans dat de gevel wordt geraakt $ph = 1,0$. Deze kans zal verlopen naar $ph = 0,0$ op de buitenrand, die op $\frac{2}{3} L_b$ van de gevel ligt. Het verloop van de kans ph is ingewikkeld, maar wordt hier benaderd door een lineair verband.

De kans dat het zwaartepunt in één van deze vier stroken met breedte $\frac{2}{3} L_b$ langs de gevels terecht komt en zodoende het gebouw indirect raakt is nu:

$$Poi (3.3.13) 2,42E-08$$

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

De totale kans dat het gebouw / object wordt geraakt door een afgebroken blad wordt nu

$$Po (3.3.14) 2,97E-09$$

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

Berekening bijdrage domino windturbine

Faalfrequentie catastrofaal falen object op basis van HARI

De frequentie van 'catastrofaal falen' is de som van de frequenties van de scenario's 'instantaan falen' en '10 minuten uitstroming'.

Faalkans instantaan falen	Fi	1,00E-04 per jaar	
Faalkans 10 minuten uitstroming	F10	per jaar	
Faalkans catastrofaal falen object	Fc	1,00E-04 per jaar	
Factor installatie in gebruik (tijdsfractie)	tv	100% % per jaar	
Procentuele bijdrage windturbine effect		0,003%	
		Bijdrage windturbine niet relevant < 10 %	
nieuwe faalkans instantaan	Fi_nieuw	bijdrage windturbine niet relevant < 10 %	per jaar

Invoergegevens

Gegevens turbine

Ashoogte	H	145 m
Rotor diameter	D	145 m
1/2 Rotor diameter	D/2	72,5 m
Dikte mast	d	6,9 m
Lengte gondel	l	14,5 m
Hoogte gondel	h	6,2 m
Solidity (verhouding blad vs oppervlak (tabel 8))	s	0,05 -
afstand persoon tot turbine	r(p)	0 m
afstand infra tot turbine	r(i)	205 m
afstand object tot turbine	r(o)	205 m
kans op mastbreuk	Pmb	1,30E-04 per jaar

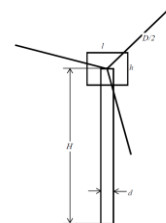
Trefkansberekening Personen (5.1)

Om de trefkans van een persoon op een bepaalde plaats te berekenen kan onderscheid worden gemaakt tussen drie gebieden.

1. Een cirkelvormig gebied met straal H rondom de turbine, waar de mast terecht kan komen.
2. Een cirkelschijf met binnenstraal H-h/2 en buitenstraal H+h/2, waar de gondel terecht kan komen.
3. Een cirkelschijf met binnenstraal H-D/2 en buitenstraal H+D/2, waar de rotor terecht kan komen.

Het is duidelijk dat deze gebieden elkaar kunnen overlappen, en dat op deze locaties de grootse trefkans bepalend is voor het risico.

Bij onderstaande uitwerking is verondersteld dat de mast zal breken ter plaatse van de voetflens en dat de kans op mastbreuk Pmb per jaar is.



Berekening kans dat persoon P(p) op afstand r(p) ($r < H$) van de turbine wordt getroffen door de mast (5.1.1)

P(p) **#DIV/0!** per jaar

Berekening kans dat een persoon in het gebied met $H-h/2 < r < H+h/2$ door de gondel wordt getroffen (5.1.2)

P(n) **Veilige afstand** per jaar

H-h/s	H+h/2
141,9	152,25

Benadering van de kans dat een persoon in het gebied met $H-D/2 < r < H+D/2$, door een blad wordt getroffen (5.1.3)

P(r) **Veilige afstand** per jaar

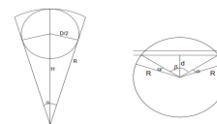
H-D/2	H+D/2
72,5	217,5

totale trefkans **P(p)_tot** **0,000E+00** per jaar

Trefkansberekening Infra (5.2)

Om het risico voor infrastructuur (verkeers-, spoor- of vaarweg) ten gevolge van mastbreuk te kunnen berekenen is onderstaand een eenvoudige maar conservatieve aanpak beschreven, waarbij de turbine wordt gemodelleerd als een cirkelsegment.

De kans dat een nabijgelegen infrastructuur wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van het bovengenoemde cirkelsegment in aanraking komt met de infrastructuur.



Berekening kans dat een nabijgelegen infrastructuur wordt getroffen door een omvallende turbine (5.2.3)

$P(i)$ 3,576E-05 per jaar

H+D/2
217,5

1. Passanten - voertuig e.d. (5.2.4)

De kans dat een passerende auto, trein of schip wordt geraakt kan worden afgeleid door de trefkans te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor

lengte passerend object L0 0 m
snelheid passerend object v0 0 m/s
t #DIV/0! [-]

De lengte van het passerende object (trein, auto of schip) is de som van de echte lengte van het object vermeerderd met de remweg.

totale trefkans ($P(i) \cdot t$) #DIV/0! per jaar

Bij berekening van het individueel passanten risico en het maatschappelijk risico volgens de richtlijnen van NS en RWS [7] dient een persoon te worden beschouwd die onbeschermd voorbij komt. De kans dat een passant wordt getroffen kan worden berekend door de trefkans uit verg. (5.2.3) te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor

2. Passanten - individuele passanten (5.2.5)

snelheid passant v0 1,3 m/s
t 7,318E-09 [-]

waarbij een persoon wordt gemodelleerd als een cirkel met diameter 0,3 m

totale trefkans ($P(i) \cdot t$) 2,617E-13 per jaar

Trefkansberekening ruimtelijke objecten (5.3)

Ook voor de trefkansberekening van ruimtelijke objecten wordt de turbine gemodelleerd als een cirkelsegment. De kans dat een nabijgelegen gebouw wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van het bovengenoemde cirkelsegment in aanraking komt met het gebouw hetgeen is geïllustreerd in naastliggende figuur.



Berekening kans dat een nabijgelegen object wordt getroffen door een omvallende turbine (5.2.3)

H+D/2

$P(o)$ 3,576E-05 per jaar

217,5

Faalfrequentie catastrofaal falen object op basis van HARI

De frequentie van 'catastrofaal falen' is de som van de frequenties van de scenario's 'instantaan falen' en '10 minuten uitstroming'.

Faalkans instantaan falen Fi 1,00E-04 per jaar
Faalkans 10 minuten uitstroming F10 per jaar

Faalkans catastrofaal falen object Fc 1,00E-04 per jaar

Factor installatie in gebruik (tijdsfractie) tv 100% % per jaar

Procentuele bijdrage windturbine effect 35,764%
Bijdrage windturbine relevant

nieuwe faalkans instantaan Fi_nieuw 1,36E-04 per jaar

Invoergegevens

Gegevens turbine

Vermogen (nominaal)			5 MW	
Ashoogte	H		145 m	
Rotor diameter	D		145 m	
1/2 Rotor diameter	D/2		72,5 m	
Toerental (nominaal)			14,5 omw./min	$\eta = \frac{c_2}{D} + c_3$
nominaal	Ω_1		1,5184 rad/s	
overtoenen	Ω_2		3,0369 rad/s	
Afstand tot zwaartepunt	Rz		26,1 m	$r_{zw} = c_4 \cdot D$
Kritiek bladoppervlak	Ac		260,54 m2	$A_c = 1,1 \cdot c_5 \cdot D^{c_6}$
Lengte blad	Lb		70,59 m	$L_b = \frac{D}{2} - c_7 \cdot D$
Zwaartekracht	g		9,81 m/s2	
Max worpafstand nominaal			217 m	
Max worpafstand 2x nominaal (overtoenen)			426 m	
Kans op bladbreuk - nominaal			8,40E-04 per jaar	
kans op bladbreuk - 2x nominaal (overtoenen)			5,00E-06 per jaar	

Gegevens object

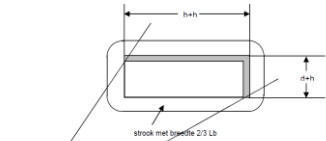
Hoogte object	h	0,5 m
Breedte object	b	275 m
Diepte object	d	0,5 m

Trefkans (Pzwpt) op basis van plaatsgebonden risico (x*,y*)

Plaatsgebonden risico (x*,y*) bladbreuk	Pp	3,20E-09	waarde uit berekening
Trefkans zwaartepunt blad (x*,y*) bladbreuk	Pzwpt	8,19E-12	

Trefkans berekeningen

Om de trefkans van een object met hoogte, h, breedte, b, en diepte, d, te berekenen wordt uitgegaan van een geprojecteerd grondoppervlak waarmee de hoogte van het object wordt verdisconteerd



Figuur 9: Geprojecteerd oppervlak

Geprojecteerde grondoppervlak object	Apr (3.3.10)	276
--------------------------------------	--------------	-----

$$A_{pr} = (b + h) \cdot (d + h)$$

De kans dat het zwaartepunt van het blad op het geprojecteerde oppervlak terechtkomt, met de veronderstelling, dat Pzwpt constant is in het gebied Apr geeft:

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

Pod (3.3.12)	2,26E-09
--------------	----------

Pzwpt	8,19E-12
-------	----------

Het gebouw kan direct door het zwaartepunt worden getroffen, maar het is ook mogelijk dat het zwaartepunt van het blad binnen een afstand van 2/3 Lb (Lb is lengte van het afgebroken blad) van het gebouw inslaat. In dit geval kan het gebouw nog door het blad worden geraakt, want algemeen kan worden gesteld dat het zwaartepunt van het blad op 1/3 van de bladlengte ligt. Komt het zwaartepunt op de rand van dit gebied terecht en wel aan de zijde van gevel dan is de kans dat de gevel wordt geraakt ph = 1,0. Deze kans zal verlopen naar ph = 0,0 op de buitenrand, die op 2/3Lb van de gevel ligt. Het verloop van de kans ph is ingewikkeld, maar wordt hier benaderd door een lineair verband.

De kans dat het zwaartepunt in één van deze vier stroken met breedte 2/3 Lb langs de gevels terechtkomt en zodoende het gebouw indirect raakt is nu:

Poi (3.3.13)	1,25E-07
--------------	----------

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

De totale kans dat het gebouw / object wordt geraakt door een afgebroken blad wordt nu

Po (3.3.14)	2,26E-09
-------------	----------

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

Berekening bijdrage domino windturbine

Faalfrequentie catastrofaal falen object op basis van HARI
De frequentie van 'catastrofaal falen' is de som van de frequenties van de scenario's 'instantaan falen' en '10 minuten uitstroming'.

Faalkans instantaan falen	Fi	1,76E-06 per jaar	
Faalkans 10 minuten uitstroming	F10	per jaar	
Faalkans catastrofaal falen object	Fc	1,76E-06 per jaar	
Factor installatie in gebruik (tijdsfractie)	tv	1,7% % per jaar	
Procentuele bijdrage windturbine effect		0,002%	
		Bijdrage windturbine niet relevant < 10 %	
nieuwe faalkans instantaan	Fi_nieuw	bijdrage windturbine niet relevant < 10 %	per jaar

Invoergegevens

Gegevens turbine

Ashoogte	H	145 m
Rotor diameter	D	145 m
1/2 Rotor diameter	D/2	72,5 m
Dikte mast	d	6,9 m
Lengte gondel	l	14,5 m
Hoogte gondel	h	6,2 m
Solidity (verhouding blad vs oppervlak (tabel 8)	s	0,05 -
afstand persoon tot turbine	r(p)	175 m
afstand infra tot turbine	r(i)	175 m
afstand object tot turbine	r(o)	175 m
kans op mastbreuk	Pmb	1,30E-04 per jaar

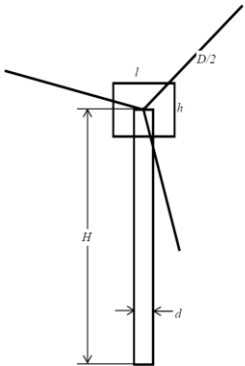
Trefkansberekening Personen (5.1)

Om de trefkans van een persoon op een bepaalde plaats te berekenen kan onderscheid worden gemaakt tussen drie gebieden.

1. Een cirkelvormig gebied met straal H rondom de turbine, waar de mast terecht kan komen.
2. Een cirkelschijf met binnenstraal H-h/2 en buitenstraal H+h/2, waar de gondel terecht kan komen.
3. Een cirkelschijf met binnenstraal H-D/2 en buitenstraal H+D/2, waar de rotor terecht kan komen.

Het is duidelijk dat deze gebieden elkaar kunnen overlappen, en dat op deze locaties de grootse trefkans bepalend is voor het risico.

Bij onderstaande uitwerking is verondersteld dat de mast zal breken ter plaatse van de voetflens en dat de kans op mastbreuk Pmb per jaar is.



Berekening kans dat persoon P(p) op afstand r(p) ($r < H$) van de turbine wordt getroffen door de mast (5.1.1)

P(p) veilige afstand per jaar

Berekening kans dat een persoon in het gebied met $H-h/2 < r < H+h/2$ door de gondel wordt getroffen (5.1.2)

P(n) Veilige afstand per jaar

H-h/s	H+h/2
141,9	152,25

Benadering van de kans dat een persoon in het gebied met $H-D/2 < r < H+D/2$, door een blad wordt getroffen (5.1.3)

P(r) 1,035E-06 per jaar

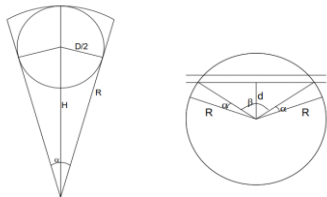
H-D/2	H+D/2
72,5	217,5

totale trefkans P(p)_tot 1,035E-06 per jaar

Trefkansberekening Infra (5.2)

Om het risico voor infrastructuur (verkeers-, spoor- of vaarweg) ten gevolge van mastbreuk te kunnen berekenen is onderstaand een eenvoudige maar conservatieve aanpak beschreven, waarbij de turbine wordt gemodelleerd als een cirkelsegment.

De kans dat een nabijgelegen infrastructuur wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van het bovengenoemde cirkelsegment in aanraking komt met de infrastructuur.



Berekening kans dat een nabijgelegen infrastructuur wordt getroffen door een omvallende turbine (5.2.3)

P(i)	4,798E-05 per jaar	H+D/2 217,5
-------	--------------------	----------------

1. Passanten - voertuig e.d. (5.2.4)

De kans dat een passerende auto, trein of schip wordt geraakt kan worden afgeleid door de trefkans te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor

lengte passerend object	L0	275 m	De lengte van het passerende object (trein, auto of schip) is de som van de echte lengte van het object vermeerderd met de remweg.
snelheid passerend object	v0	0,0001 m/s	
t		8,720E-02 [-]	
totale trefkans (P(i) * t)		4,184E-06 per jaar	

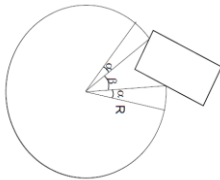
Bij berekening van het individueel passanten risico en het maatschappelijk risico volgens de richtlijnen van NS en RWS [7] dient een persoon te worden beschouwd die onbeschermd voorbij komt. De kans dat een passant wordt getroffen kan worden berekend door de trefkans uit verg. (5.2.3) te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor

2. Passanten - individuele passanten (5.2.5)

snelheid passant	v0	1,3 m/s	waarbij een persoon wordt gemodelleerd als en cirkel met diameter 0,3 m
t		7,318E-09 [-]	
totale trefkans (P(i) * t)		3,511E-13 per jaar	

Trefkansberekening ruimtelijke objecten (5.3)

Ook voor de trefkansberekening van ruimtelijke objecten wordt de turbine gemodelleerd als een cirkelsegment. De kans dat een nabijgelegen gebouw wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van het bovengenoemde cirkelsegment in aanraking komt met het gebouw hetgeen is geïllustreerd in naastliggende figuur.



Berekening kans dat een nabijgelegen object wordt getroffen door een omvallende turbine (5.2.3)

P(o)	4,798E-05 per jaar	H+D/2 217,5
-------	--------------------	----------------

Faalfrequentie catastrofaal falen object op basis van HARI

De frequentie van ‘catastrofaal falen’ is de som van de frequenties van de scenario’s ‘instantaan falen’ en ‘10 minuten uitstroming’.

Faalkans instantaan falen	Fi	1,76E-06 per jaar	
Faalkans 10 minuten uitstroming	F10	per jaar	
Faalkans catastrofaal falen object	Fc	1,76E-06 per jaar	
Factor installatie in gebruik (tijdsfractie)	tv	1,70% % per jaar	
Procentuele bijdrage windturbine effect		46,341% Bijdrage windturbine relevant	
nieuwe faalkans instantaan	Fi_nieuw	2,58E-06	per jaar

Invoergegevens

Gegevens turbine

Vermogen (nominaal)			5 MW	
Ashoogte	H		145 m	
Rotor diameter	D		145 m	
1/2 Rotor diameter	D/2		72,5 m	
Toerental (nominaal)			14,5 omw./min	$\eta = \frac{c_2}{D} + c_3$
nominaal	Ω_1		1,5184 rad/s	
overtoenen	Ω_2		3,0369 rad/s	
Afstand tot zwaartepunt	Rz		26,1 m	$r_{zw} = c_4 \cdot D$
Kritiek bladoppervlak	Ac		260,54 m2	$A_c = 1,1 \cdot c_5 \cdot D^{c_6}$
Lengte blad	Lb		70,59 m	$L_b = \frac{D}{2} - c_7 \cdot D$
Zwaartekracht	g		9,81 m/s2	
Max worpafstand nominaal			217 m	
Max worpafstand 2x nominaal (overtoenen)			426 m	
Kans op bladbreuk - nominaal			8,40E-04 per jaar	
kans op bladbreuk - 2x nominaal (overtoenen)			5,00E-06 per jaar	

Gegevens object

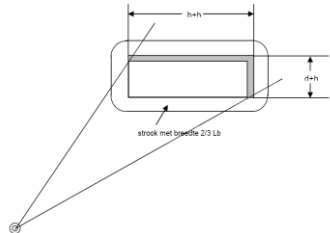
Hoogte object	h	0,5 m
Breedte object	b	275 m
Diepte object	d	0,5 m

Trefkans (Pzwpt) op basis van plaatsgebonden risico (x*,y*)

Plaatsgebonden risico (x*,y*) bladbreuk	Pp	3,20E-09	waarde uit berekening
Trefkans zwaartepunt blad (x*,y*) bladbreuk	Pzwpt	8,19E-12	

Trefkans berekeningen

Om de trefkans van een object met hoogte, h, breedte, b, en diepte, d, te berekenen wordt uitgegaan van een geprojecteerd grondoppervlak waarmee de hoogte van het object wordt verdisconteerd



Figuur 9: Geprojecteerd oppervlak

Geprojecteerde grondoppervlak object	Apr (3.3.10)	276
--------------------------------------	--------------	-----

$$A_{pr} = (b + h) \cdot (d + h)$$

De kans dat het zwaartepunt van het blad op het geprojecteerde oppervlak terecht komt, met de veronderstelling, dat Pzwpt constant is in het gebied Apr geeft:

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

Pod (3.3.12)	2,26E-09
--------------	----------

Pzwpt	8,19E-12
-------	----------

Het gebouw kan direct door het zwaartepunt worden getroffen, maar het is ook mogelijk dat het zwaartepunt van het blad binnen een afstand van 2/3 Lb (Lb is lengte van het afgebroken blad) van het gebouw inslaat. In dit geval kan het gebouw nog door het blad worden geraakt, want algemeen kan worden gesteld dat het zwaartepunt van het blad op 1/3 van de bladlengte ligt. Komt het zwaartepunt op de rand van dit gebied terecht en wel aan de zijde van gevel dan is de kans dat de gevel wordt geraakt ph = 1,0. Deze kans zal verlopen naar ph = 0,0 op de buitenrand, die op 2/3Lb van de gevel ligt. Het verloop van de kans ph is ingewikkeld, maar wordt hier benaderd door een lineair verband.

De kans dat het zwaartepunt in één van deze vier stroken met breedte 2/3 Lb langs de gevels terecht komt en zodoende het gebouw indirect raakt is nu:

Poi (3.3.13)	1,25E-07
--------------	----------

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

De totale kans dat het gebouw / object wordt geraakt door een afgebroken blad wordt nu

Po (3.3.14)	2,26E-09
-------------	----------

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

Berekening bijdrage domino windturbine

Faalfrequentie catastrofaal falen object op basis van HARI
De frequentie van 'catastrofaal falen' is de som van de frequenties van de scenario's 'instantaan falen' en '10 minuten uitstroming'.

Faalkans instantaan falen	Fi	3,17E-06 per jaar	
Faalkans 10 minuten uitstroming	F10	per jaar	
Faalkans catastrofaal falen object	Fc	3,17E-06 per jaar	
Factor installatie in gebruik (tijdsfractie)	tv	3,1% % per jaar	
Procentuele bijdrage windturbine effect		0,002%	
		Bijdrage windturbine niet relevant < 10 %	
nieuwe faalkans instantaan	Fi_nieuw	bijdrage windturbine niet relevant < 10 %	per jaar

Invoergegevens

Gegevens turbine

Ashoogte	H	145 m
Rotor diameter	D	145 m
1/2 Rotor diameter	D/2	72,5 m
Dikte mast	d	6,9 m
Lengte gondel	l	14,5 m
Hoogte gondel	h	6,2 m
Solidity (verhouding blad vs oppervlak (tabel 8))	s	0,05 -
afstand persoon tot turbine	r(p)	175 m
afstand infra tot turbine	r(i)	175 m
afstand object tot turbine	r(o)	175 m
kans op mastbreuk	Pmb	1,30E-04 per jaar

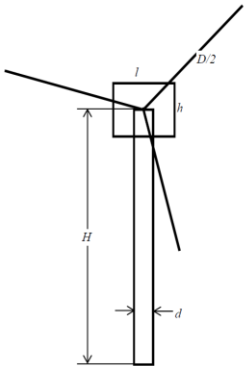
Trefkansberekening Personen (5.1)

Om de trefkans van een persoon op een bepaalde plaats te berekenen kan onderscheid worden gemaakt tussen drie gebieden.

1. Een cirkelvormig gebied met straal H rondom de turbine, waar de mast terecht kan komen.
2. Een cirkelschijf met binnenstraal H-h/2 en buitenstraal H+h/2, waar de gondel terecht kan komen.
3. Een cirkelschijf met binnenstraal H-D/2 en buitenstraal H+D/2, waar de rotor terecht kan komen.

Het is duidelijk dat deze gebieden elkaar kunnen overlappen, en dat op deze locaties de grootse trefkans bepalend is voor het risico.

Bij onderstaande uitwerking is verondersteld dat de mast zal breken ter plaatse van de voetflens en dat de kans op mastbreuk Pmb per jaar is.



Berekening kans dat persoon P(p) op afstand r(p) ($r < H$) van de turbine wordt getroffen door de mast (5.1.1)

P(p) veilige afstand per jaar

Berekening kans dat een persoon in het gebied met $H-h/2 < r < H+h/2$ door de gondel wordt getroffen (5.1.2)

P(n) Veilige afstand per jaar

H-h/s	H+h/2
141,9	152,25

Benadering van de kans dat een persoon in het gebied met $H-D/2 < r < H+D/2$, door een blad wordt getroffen (5.1.3)

P(r) 1,035E-06 per jaar

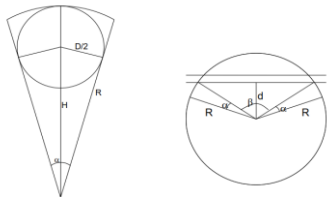
H-D/2	H+D/2
72,5	217,5

totale trefkans P(p)_tot 1,035E-06 per jaar

Trefkansberekening Infra (5.2)

Om het risico voor infrastructuur (verkeers-, spoor- of vaarweg) ten gevolge van mastbreuk te kunnen berekenen is onderstaand een eenvoudige maar conservatieve aanpak beschreven, waarbij de turbine wordt gemodelleerd als een cirkelsegment.

De kans dat een nabijgelegen infrastructuur wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van het bovengenoemde cirkelsegment in aanraking komt met de infrastructuur.



Berekening kans dat een nabijgelegen infrastructuur wordt getroffen door een omvallende turbine (5.2.3)

P(i)	4,798E-05 per jaar	H+D/2 217,5
-------	--------------------	----------------

1. Passanten - voertuig e.d. (5.2.4)

De kans dat een passerende auto, trein of schip wordt geraakt kan worden afgeleid door de trefkans te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor

lengte passerend object	L0	275 m	De lengte van het passerende object (trein, auto of schip) is de som van de echte lengte van het object vermeerderd met de remweg.
snelheid passerend object	v0	0,0001 m/s	
t		8,720E-02 [-]	
totale trefkans (P(i) * t)		4,184E-06 per jaar	

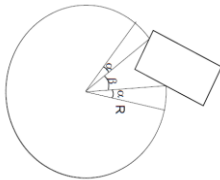
Bij berekening van het individueel passanten risico en het maatschappelijk risico volgens de richtlijnen van NS en RWS [7] dient een persoon te worden beschouwd die onbeschermd voorbij komt. De kans dat een passant wordt getroffen kan worden berekend door de trefkans uit verg. (5.2.3) te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor

2. Passanten - individuele passanten (5.2.5)

snelheid passant	v0	1,3 m/s	waarbij een persoon wordt gemodelleerd als en cirkel met diameter 0,3 m
t		7,318E-09 [-]	
totale trefkans (P(i) * t)		3,511E-13 per jaar	

Trefkansberekening ruimtelijke objecten (5.3)

Ook voor de trefkansberekening van ruimtelijke objecten wordt de turbine gemodelleerd als een cirkelsegment. De kans dat een nabijgelegen gebouw wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van het bovengenoemde cirkelsegment in aanraking komt met het gebouw hetgeen is geïllustreerd in naastiggende figuur.



Berekening kans dat een nabijgelegen object wordt getroffen door een omvallende turbine (5.2.3)

P(o)	4,798E-05 per jaar	H+D/2 217,5
-------	--------------------	----------------

Faalfrequentie catastrofaal falen object op basis van HARI

De frequentie van ‘catastrofaal falen’ is de som van de frequenties van de scenario’s ‘instantaan falen’ en ‘10 minuten uitstroming’.

Faalkans instantaan falen	Fi	3,17E-06 per jaar	
Faalkans 10 minuten uitstroming	F10	per jaar	
Faalkans catastrofaal falen object	Fc	3,17E-06 per jaar	
Factor installatie in gebruik (tijdsfractie)	tv	3,10% % per jaar	
Procentuele bijdrage windturbine effect		46,917% Bijdrage windturbine relevant	
nieuwe faalkans instantaan	Fi_nieuw	4,66E-06	per jaar