

H₂



CAUTION



Aanvullend onderzoek EV-risico's waterstofdragers

Provincie Zeeland

Datum:	17 februari 2026
Projectnummer:	2025 139
Opdrachtgever:	Provincie Zeeland
Auteur(s):	

Aanvullend onderzoek EV-risico's waterstofdragers

Provincie Zeeland

Datum: 17 februari 2026
Opdrachtgever: Provincie Zeeland
Auteurs:
Gecontroleerd door:
Projectnummer: 2025-139
Kenmerk: R01-2025-139-Provincie Zeeland-Aanvullend onderzoek EV-risico's waterstofdragers-feb2026-v02

Revisies

Revisie	Datum	Auteur(s)	Documentbeschrijving
1	27-11-2025		Eerste conceptversie voor commentaar opdrachtgever
2	05-02-2026		Na klankbordsessie en verwerking commentaar opdrachtgever
3	17-02-2026		Definitief

© Copyright Oostkracht10

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie of op welke andere wijze ook zonder uitdrukkelijke toestemming van de uitgever.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Aanleiding	5
1.1.1	Plaatsgebonden risicocontour	5
1.1.2	Aandachtsgebieden	5
1.2	Doelstelling	5
1.3	Afbakening	6
1.4	Leeswijzer	6
2	Kwantitatieve analyse basisnetroutes spoor	7
2.1	Basisnet spoor in Zeeland	7
2.2	Uitgangspunten	7
2.3	Doorgerekende vervoersscenario's	7
2.4	Resultaten	9
2.4.1	Plaatsgebonden risico	9
2.4.2	Aandachtsgebieden	10
2.5	Conclusies	11
2.5.1	Plaatsgebonden risico	11
2.5.2	Aandachtsgebieden	11
3	Kwalitatieve analyse milieubelastende activiteiten	12
3.1	Aanpak	12
3.2	Prognose omgevingsverkenning en referentie-installaties	12
3.2.1	Prognose omgevingsverkenning	12
3.2.2	Referentie-installaties	13
3.3	Resultaten	14
3.3.1	Ammoniakterminal	15
3.3.2	Ammoniak kraakinstallatie	15
3.3.3	Elektrolyser	17
3.4	Conclusies	18
3.4.1	Ammoniakterminal	18
3.4.2	Ammoniak kraakinstallatie	18
3.4.3	Elektrolyser	18
3.4.4	Veiligheidscontouren Vlissingen-Oost en Dow Terneuzen	19
4	Eindconclusie	21
4.1	Basisnetroutes spoor	21
4.2	Milieubelastende activiteiten	21
Bijlage 1 - Uitkomsten per onderdeel traject 11 en 180		22
Bijlage 2 – RBMII-rapportage		23

Bijlage 3 – Brondocumenten milieubelastende activiteiten	24
Bijlage 4 – Procesomschrijving milieubelastende activiteiten	25
Ammoniakterminal	25
Ammoniak kraakinstallatie	26
Elektrolyzers	28
Bijlage 5 – Afbeeldingen met contouren	29

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Met ruim 530.000 ton per jaar is het havengebied van North Sea Port momenteel één van de grootste waterstofproducent en -afnemer ter wereld. In Zeeland werken bedrijven en overheid samen aan het realiseren van het verminderen van de CO₂-uitstoot. Een belangrijke stap daarin is het overstappen op duurzame waterstof als energiebron en brandstof. Daarnaast is waterstof een belangrijke grondstof voor de proces- en maakindustrie.

De provincie Zeeland streeft ernaar om een voortrekkersrol te vervullen in deze waterstoftransitie. Toenemend gebruik van waterstof en waterstofdragers zoals ammoniak leidt echter niet alleen tot een vermindering van de CO₂-uitstoot. Het op grote schaal introduceren van waterstof en waterstofdragers in de provincie Zeeland heeft ook gevolgen voor het milieu en de veiligheid. Om beter zicht op deze gevolgen te krijgen heeft de provincie begin 2025 een omgevingsverkenning uit laten voeren.

In de omgevingsverkenning¹ is geconcludeerd dat de waterstoftransitie – voor wat betreft milieu en veiligheid – vooral impact heeft op de bestaande geluidsemissies en externe veiligheid. Alvorens te besluiten over hoe de provincie hierop wenst te sturen met beleid en regelgeving, wenst zij de impact eerst preciezer te onderzoeken. De provincie Zeeland heeft Oostkracht10 gevraagd haar te helpen bij het nader onderzoeken van de impact van de waterstoftransitie op de externe veiligheid.

1.1.1 Plaatsgebonden risicocontour

Het landelijke externe veiligheidsbeleid is erop gericht om zowel individuen als groepen van mensen te beschermen tegen de risico's van (met name) activiteiten met gevaarlijke stoffen. Hiervoor hanteert de wetgever twee risicomaten: het plaatsgebonden risico en het groepsrisico. Met het plaatsgebonden risico garandeert de overheid een zogenaamd basisbeschermingsniveau voor externe veiligheid. Dit houdt in dat er een minimale afstand wordt aangehouden tussen de risicovolle activiteit en haar omgeving. In vaktermen noemen we dit ook wel de plaatsgebonden risicocontour (PR). In Nederland wordt de plaatsgebonden risicocontour aangeduid op de kans dat iemand overlijdt één op de miljoen per jaar is (PR10⁻⁶). Deze persoon is in dat geval onbeschermd en het volledige jaar aanwezig op die plek.

1.1.2 Aandachtsgebieden

Risicovolle activiteiten hebben, afhankelijk van de gevaarlijke stoffen die worden gebruikt, een aandachtsgebied voor brand, explosie en/of gifwolk. Een aandachtsgebied geeft aan tot waar mensen binnenshuis kunnen komen te overlijden als gevolg van de scenario's met betrekking tot brand, explosie en toxische stoffen. Voor een aantal risicovolle activiteiten staan in het Bkl vaste afstanden, voor de meer complexe risicovolle activiteiten moeten deze afstanden worden berekend volgens het rekenvoorschrift van het Handboek Omgevingsveiligheid van het RIVM.

1.2 Doelstelling

Het doel van voorliggend onderzoek is nader te onderzoeken wat de gevolgen van de waterstoftransitie zijn op de bestaande externe veiligheidsrisico's in de provincie Zeeland. Dit door middel van het cijfermatig onderbouwen (kwantitatief) van de in de omgevingsverkenning kwalitatief beschreven aspecten van de toename van het spoorvervoer en het kwalitatief beschouwen van risicovolle activiteiten.

1.3 Afbakening

Dit onderzoek richt zich specifiek op de externe veiligheidsrisico's van het toenemend vervoer van ammoniak over basisnetroutes spoor én de externe veiligheidsrisico's van een aantal nieuw te verwachten milieubelastende activiteiten (MBA's). Het gaat om de volgende MBA's:

- Elektrolyse van waterstof (elektrolyzers),
- Op- en overslag van ammoniak (ammoniakterminals); en
- Conversie van ammoniak naar waterstof (ammoniak krakers).

Overige transportstromen of MBA's worden niet onderzocht.

In overleg met de provincie Zeeland is besloten de externe veiligheidsrisico's van het toenemend vervoer van ammoniak over basisnetroutes spoor kwantitatief te onderzoeken met behulp van het softwareprogramma RBMII (v2.3). Softwareprogramma RBM II is in de Regeling Basisnet aangewezen als rekenmethodiek voor het berekenen van transportrisico's (artikel 12 lid 3 Regeling Basisnet). In de toekomst zal het programma vervangen worden door Safefti NL. In deze studie is gekozen voor RBMII omdat het doel van deze berekeningen is om de verschillende ontwikkelscenario's door te rekenen en te vergelijken met de huidige risicosituatie. Aangezien RBM II tot de komst van de Omgevingswet het wettelijk voorgeschreven rekenmodel voor het transport van gevaarlijke stoffen was, is ervoor gekozen dit model ook te hanteren voor de ontwikkelscenario's.

De externe veiligheidsrisico's van de genoemde MBA's zullen alleen kwalitatief in kaart worden gebracht door het raadplegen van openbare bronnen, zoals recente vergunningsaanvragen en daarbij behorende risicoberekeningen.

Het vervoer van ammoniak over water (met name de Westerschelde) wordt in deze studie buiten beschouwing gelaten. Hier wordt in Q1 2026 een expertsessie voor georganiseerd. In deze sessie zullen experts kwalitatief de Westerschelde gaan benaderen en in een informatiesessie deze resultaten bespreken.

1.4 Leeswijzer

In de volgende twee hoofdstukken worden de resultaten en conclusies van zowel het kwantitatieve onderzoek (hoofdstuk 2) als het kwalitatieve onderzoek (hoofdstuk 3) gepresenteerd.

2 Kwantitatieve analyse basisnetroutes spoor

2.1 Basisnet spoor in Zeeland

Voor de basisnetroutes spoor binnen de provincie Zeeland zijn met behulp van het softwareprogramma RBMII de plaatsgebonden risicocontouren van het vervoer van gevaarlijke stoffen berekend voor verschillende vervoersscenario's (zie paragraaf 2.3). Het basisnet spoor bestaat in Zeeland uit de volgende spoortrajecten:

- Traject 11: Sloehaven – Roosendaal (wordt gerekend tot de grens van de provincie)
- Traject 180: Zelzate (B) – Dow Chemical;
- Traject 310: Axel aansluiting – Terneuzen Zuidzijde aansluiting;
- Traject 315: Terneuzen Zuidzijde aansluiting – Sluiskil aansluiting.

2.2 Uitgangspunten

Om de plaatsgebonden risico (PR) contouren van een spoortraject te kunnen modelleren moeten – volgens de daarvoor geldende rekenregels – eerst een aantal eigenschappen van het betreffende traject in kaart worden gebracht. In de volgende tabellen is aangegeven welke uitgangspunten voor dit onderzoek zijn gehanteerd.

Tabel 2.2-1 Uitgangspunten

Uitgangspunten		
Het type traject		Hogesnelheidstrein
Transportgegevens	De stof categorie	Zie tabel 2.2-2
	Aantal transporten	Zie tabellen 2.3-1 t/m 2.3-4 (paragraaf 2.3)
	Transportmiddel	Container en spoorketelwagens in bloktreinen
Aantal wissels	Ja	Afhankelijk van traject en Regeling Basisnet
Weerstation		Vlissingen

Tabel 2.2-2 Stofcategorieën

Stofcategorie	Betekenis	Voorbeeldstof
A	Brandbare gassen	Propana
B2	Giftige gassen	Ammoniak
B3	Zeer giftig gas	Chloor
C3	Zeer brandbare vloeistoffen	Pentaan
D3	Giftige vloeistoffen	Acrylnitril
D4	Zeer giftige vloeistoffen	Acroleïne

2.3 Doorgererekende vervoersscenario's

In de omgevingsverkenning zijn toekomstscenario's beschreven die een beeld schetsen van hoe de waterstoftransitie zich in de provincie kan voltrekken. Onderdeel van deze toekomstscenario's zijn inschattingen over de toename van het vervoer van ammoniak. Deze extra ammoniak transporten worden naar verwachting voor een deel over het basisnet spoor vervoerd en kunnen daarmee van invloed zijn op de PR-contouren. De te verwachten extra ammoniak transporten zijn in de tabellen 2.3-1 t/m 2.3-4 vergeleken met de huidige aantallen gevaarlijke stoffen transporten². De te verwachten extra ammoniak transporten zijn opgeteld bij de aantallen voor stofcategorie B2. Daarnaast wordt uitgegaan dat de transportaantallen van andere stofcategorieën gelijk blijven.

² Op basis van realisatiecijfers van het spoorvervoer over 2024.

Tabel 2.3-1 Gebruikte hoeveelheden per stof traject 11

Traject 11 Vlissingen		Roosendaal (afgekapt op grens Zeeland)					
		A	B2	B3	C3	D3	D4
Huidig (2024)	Ketelwagons	5997	0	0	16	0	1
	Containers	0	0	0	0	0	0
Nieuw laag (2035 & 2050)	Ketelwagons	5997	1365	0	16	0	1
	Containers	0	0	0	0	0	0
Nieuw hoog 2035	Ketelwagons	5997	2501	0	16	0	1
	Containers	0	0	0	0	0	0
Nieuw hoog 2050	Ketelwagons	5997	4092	0	16	0	1
	Containers	0	0	0	0	0	0

Tabel 2.3-2 Gebruikte hoeveelheden per stof traject 180

Traject 180.1 Sas van Gent		Zelzate					
		A	B2	B3	C3	D3	D4
Huidig (2024)	Ketelwagons	2598	165	0	154	249	0
	Containers	1	0	0	62	0	0
Nieuw laag (2035 & 2050)	Ketelwagons	2598	1530	0	154	249	0
	Containers	1	0	0	62	0	0
Nieuw hoog 2035	Ketelwagons	2598	2666	0	154	249	0
	Containers	1	0	0	62	0	0
Nieuw hoog 2050	Ketelwagons	2598	4257	0	154	249	0
	Containers	1	0	0	62	0	0

Tabel 2.3-3 Gebruikte hoeveelheden per stof traject 180

Traject 180.2 Sluiskil Aansluiting		Sas van Gent					
		A	B2	B3	C3	D3	D4
Huidig (2024)	Ketelwagons	2598	173	0	262	249	0
	Containers	1	0	0	62	0	0
Nieuw laag (2035 & 2050)	Ketelwagons	2598	1538	0	262	249	0
	Containers	1	0	0	62	0	0
Nieuw hoog 2035	Ketelwagons	2598	2674	0	262	249	0
	Containers	1	0	0	62	0	0
Nieuw hoog 2050	Ketelwagons	2598	4430	0	262	249	0
	Containers	1	0	0	62	0	0

Tabel 2.3-4 Gebruikte hoeveelheden per stof traject 180

Traject 180.3 Sluiskil raccordement Dow Chemical		Sluiskil aansluiting					
		A	B2	B3	C3	D3	D4
Huidig (2024)	Ketelwagons	2598	4	0	208	249	0
	Containers	1	0	0	62	0	0
Nieuw laag (2035 & 2050)	Ketelwagons	2598	1369	0	208	249	0
	Containers	1	0	0	62	0	0
Nieuw hoog 2035	Ketelwagons	2598	2505	0	208	249	0
	Containers	1	0	0	62	0	0
Nieuw hoog 2050	Ketelwagons	2598	4096	0	208	249	0
	Containers	1	0	0	62	0	0

Tabel 2.3-5 Gebruikte hoeveelheden per stof traject 310

Traject 310		Axel aansluiting	Terneuzen Zuidzijde aansluiting				
		A	B2	B3	C3	D3	D4
Huidig (2024)	Ketelwagons	0	169	0	49	0	0
	Containers	0	0	0	0	0	0
Nieuw laag (2035 & 2050)	Ketelwagons	0	1534	0	49	0	0
	Containers	0	0	0	0	0	0
Nieuw hoog 2035	Ketelwagons	0	2670	0	49	0	0
	Containers	0	0	0	0	0	0
Nieuw hoog 2050	Ketelwagons	0	4261	0	49	0	0
	Containers	0	0	0	0	0	0

Tabel 2.3-6 Gebruikte hoeveelheden per stof traject 315

Traject 315		Terneuzen Zuidzijde aansluiting			Sluiskil aansluiting		
		A	B2	B3	C3	D3	D4
Huidig (2024)	Ketelwagons	0	169	0	54	0	0
	Containers	0	0	0	0	0	0
Nieuw laag (2035 & 2050)	Ketelwagons	0	1534	0	54	0	0
	Containers	0	0	0	0	0	0
Nieuw hoog 2035	Ketelwagons	0	2670	0	54	0	0
	Containers	0	0	0	0	0	0
Nieuw hoog 2050	Ketelwagons	0	4261	0	54	0	0
	Containers	0	0	0	0	0	0

2.4 Resultaten

2.4.1 Plaatsgebonden risico

Op basis van de realisatiecijfers van 2024 is de plaatsgebonden risicocontour 10^{-6} , 10^{-7} en 10^{-8} berekend voor zowel de huidige situatie (2024) als voor de verschillende toekomstscenario's. Op die manier kan een inschatting gemaakt worden van de impact van de verwachte extra ammoniak transporten. In de volgende tabellen zijn de resultaten opgenomen voor de betreffende trajecten. In bijlage 5 zijn gedetailleerde overzichtskaarten per traject weergegeven. In de volgende paragrafen staan de afstanden in meter weergegeven.

Traject 11. Vlissingen – Roosendaal³

Tabel 2.4-1 Gemiddelde afstand plaatsgebonden risicocontouren

Gemiddelde traject 11		Vlissingen	Roosendaal (afgekapt op grens Zeeland)	
	Huidig (2024)	Nieuw laag (2035 & 2050)	Nieuw hoog 2035	Nieuw hoog 2050
PR10 ⁶	0 m	0 m	0 m	0 m
PR10 ⁷	62,4 m	66,5 m	69,8 m	74 m
PR10 ⁸	176,4 m	184,6 m	193,9 m	209,4 m

In bijlage 5 afbeelding 1 zijn de PR10⁻⁷ contouren gevisualiseerd op een deel van traject 11. Ditzelfde is gedaan voor de PR10⁻⁸ contouren in bijlage 5 afbeelding 2.

³ In RBMII kunnen geen lange trajecten in één keer worden gemodelleerd (meer dan 15 kilometer). Daarom is voor traject 11 en 180 gebruik gemaakt van een gemiddelde afstand van de uitkomsten van de PR-contouren. In bijlage 1 staat per deeltraject de berekende PR-contour. Dit was niet van toepassing voor de trajecten 310 en 315.

Traject 180. Sas van Gent – Dow Chemical³

Tabel 2.4-2 Afstand plaatsgebonden risicocontouren

	Traject 180 Zelzate (B) Dow Chemical			
	Huidig (2024)	Nieuw laag (2035 & 2050)	Nieuw hoog 2035	Nieuw hoog 2050
PR10 ⁶	0 m	0 m	0 m	0 m
PR10 ⁷	4 m	4,5 m	5,5 m	7 m
PR10 ⁸	135,5 m	141,5 m	147 m	157 m

In bijlage 5 afbeelding 3 zijn de PR10⁻⁷ contouren gevisualiseerd op een deel van traject 180. Ditzelfde is gedaan voor de PR10⁻⁸ contouren in bijlage 5 afbeelding 4.

Traject 310. Axel aansluiting – Terneuzen Zuidzijde aansluiting

Tabel 2.4-3 Afstand plaatsgebonden risicocontouren

	Traject 310 Axel aansluiting Terneuzen Zuidzijde aansluiting			
	Huidig (2024)	Nieuw laag (2035 & 2050)	Nieuw hoog 2035	Nieuw hoog 2050
PR10 ⁶	0 m	0 m	0 m	0 m
PR10 ⁷	0 m	0 m	0 m	0 m
PR10 ⁸	3 m	11 m	22 m	58 m

In bijlage 5 afbeelding 5 zijn de PR10⁻⁸ contouren gevisualiseerd op een deel van traject 310.

Traject 315. Terneuzen Zuidzijde aansluiting – Sluiskil aansluiting

Tabel 2.4-4 Afstand plaatsgebonden risicocontouren

	Traject 315 Terneuzen Zuidzijde aansluiting Sluiskil aansluiting			
	Huidig (2024)	Nieuw laag (2035 & 2050)	Nieuw hoog 2035	Nieuw hoog 2050
PR10 ⁶	0 m	0 m	0 m	0 m
PR10 ⁷	0 m	0 m	0 m	0 m
PR10 ⁸	5 m	12 m	25 m	63 m

In bijlage 5 afbeelding 6 zijn de PR10⁻⁸ contouren gevisualiseerd op een deel van traject 315.

2.4.2 Aandachtsgebieden

De aandachtsgebieden zijn niet apart berekend omdat deze voor basisnetroutes per wet zijn vastgesteld in bijlage VII onderdeel C van het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl). Daarin is voor basisnetroutes, waaronder het basisnet spoor, een brandaandachtsgebied (BAG) van 30 meter respectievelijk een explosieaandachtsgebied (EAG) van 200 meter gelden, ongeacht de aantallen gevaarlijke stoffen die over een specifiek traject worden vervoerd.

Daarnaast is de Rijksoverheid voornemens om ook een gifwolkaandachtsgebied (GAG) van 300 meter aan te wijzen voor basisnetroutes. Ook dit aandachtsgebied is niet gerelateerd aan het aantal giftige stoffen transporten. Als een giftige stof over een traject vervoerd kan worden, dan is sprake van een gifwolkaandachtsgebied. Een toename van het aantal ammoniaktransporten leidt daardoor niet tot een toename van het gifwolkaandachtsgebied. De contouren zijn te zien op de Atlas Leefomgeving.

2.5 Conclusies

2.5.1 Plaatsgebonden risico

Uit de uitgevoerde berekening blijkt dat de te verwachte toename van het aantal ammoniaktransporten over het Zeeuwse spoor niet leidt tot een toename van de PR10⁻⁶ contour. De PR10⁻⁷ en PR10⁻⁸ contouren nemen wel toe naarmate het aantal ammoniaktransporten toeneemt. Voor de volledigheid zijn ook indicatieve berekeningen uitgevoerd om te bepalen bij hoeveel B2 transporten wél sprake is van een toename van de PR10⁻⁶ contour. Dit is het geval bij meer dan 175.000 ketelwagons per jaar. Bij die aantallen ontstaat een PR10⁻⁶ contour van ongeveer 1 meter. Het moge duidelijk zijn dat dit geen realistische transportaantallen zijn.

De PR-contouren rondom de basisnetroutes spoor worden vooral bepaald door het transport van andere stofcategorieën dan stofcategorie B2. Met name het vervoer van brandbare gassen, stofcategorie A, heeft een duidelijke invloed op de omvang van de PR-contouren. Brandbare gassen kunnen leiden tot een zogenaamde BLEVE scenario; een scenario waarbij zowel hittestraling als overdruk ontstaat. De kans dat bij dit type scenario dodelijke slachtoffers vallen in de omgeving van het spoor is groter dan bij scenario's met giftige gassen omdat de dodelijkheid van een giftig gas erg afhankelijk is van factoren als weersgesteldheid, windrichting, vrijgekomen hoeveelheden en blootstellingsduur. Daarom wordt de omvang van plaatsgebonden risicocontouren rondom het spoor vooral bepaald door het aantal brandbare gassen (stofcategorie A) dat over een traject wordt getransporteerd in plaats van giftige gassen (stofcategorie B2).

Dit blijkt onder meer uit de afstanden tot de PR10⁻⁷ contour op de trajecten 11 en 180. Over deze trajecten vindt ook transport van stofcategorie A plaats. Dat leidt, in tegenstelling tot de trajecten 310 en 315, tot het ontstaan van een PR10⁻⁷ contour. Het toevoegen van ammoniaktransporten aan de verschillende trajecten heeft daarentegen weinig invloed op de omvang van de plaatsgebonden risicocontouren.

2.5.2 Aandachtsgebieden

De aandachtsgebieden van de Zeeuwse basisnetroutes spoor wijzigen niet. Deze aandachtsgebieden zijn namelijk per wet vastgesteld en niet gerelateerd aan de werkelijke transportaantallen. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat de afstanden voor aandachtsgebieden zoals opgenomen in het Bkl theoretische afstanden betreffen. De werkelijke afstanden verschillen per stof en situatie⁴. Kortom, de te verwachten extra ammoniaktransporten zijn niet van invloed op de wettelijk voorgeschreven aandachtsgebieden maar kunnen wel van invloed zijn op de feitelijke veiligheidssituatie rondom het Zeeuwse spoor.

⁴ Zie bijvoorbeeld de scenariokaarten externe veiligheid van het NIPV: [Externe veiligheid - Scenarioboeken](#)

3 Kwalitatieve analyse milieubelastende activiteiten

3.1 Aanpak

Zoals in paragraaf 1.3 reeds is beschreven zijn de externe veiligheidsrisico's van de genoemde milieubelastende activiteiten, de ammoniakterminal, ammoniak kraakinstallatie en elektrolyser, alleen kwalitatief in kaart gebracht. Op internet en in het netwerk is gezocht en geïnformeerd naar concrete projecten die momenteel worden uitgevoerd: installaties die momenteel in Nederland worden gebouwd of waarvoor een vergunningsprocedure loopt.

In bijlage 3 is een overzicht opgenomen van de brondocumenten die deze zoektocht heeft opgeleverd. Wat opvalt is dat het aantal concrete projecten en vergunningsprocedures voor een ammoniakterminal, ammoniak kraakinstallatie of elektrolyser in Nederland nog beperkt is. Daarnaast dateert een aantal van de documenten nog van vóór de invoering van de Omgevingswet. Die documenten bevatten dus niet altijd berekeningen van de aandachtsgebieden van dergelijke installaties⁵.

De gevonden brondocumenten zijn bestudeerd op de eigenschappen van de aangevraagde installatie, dus de capaciteit en de omvang, en op (reken)resultaten voor de plaatsgebonden risicocontouren en aandachtsgebieden voor die installatie. Wanneer de installatiecapaciteit en omvang vergelijkbaar is met de te verwachte ammoniakterminals, ammoniak kraakinstallaties en elektrolyzers in Zeeland, dan kunnen de (reken)resultaten gebruikt worden om een inschatting te maken van de te verwachte risicocontouren en aandachtsgebieden aldaar.

3.2 Prognose omgevingsverkenning en referentie-installaties

3.2.1 Prognose omgevingsverkenning

In de omgevingsverkenning zijn de verwachte installaties (klein, midden of groot) met bijbehorende doorzet- en opslagcapaciteiten opgenomen zoals weergegeven in de hierop volgende tabel.

Tabel 3.2-1 Beschrijving bedrijven waterstoftransitie

Doorzet		Opslag
Elektrolyser	midden 250 MW	30 kton H ₂ per jaar
Elektrolyser	groot 1000 MW	120 kton H ₂ per jaar
Ammoniak terminal	klein	500 kton NH ₃ per jaar
Ammoniak terminal	midden	2000 kton NH ₃ per jaar
Ammoniak kraker	klein	500 kton NH ₃ per jaar
Ammoniak kraker	midden	2000 kton NH ₃ per jaar
		20.000 m ³ / 14 kton NH ₃
		80.000 m ³ / 55 kton NH ₃
		5.000 m ³ / 3 kton NH ₃
		12.500 m ³ / 7 kton NH ₃

Afhankelijk van de omvang van een installatie (klein, midden of groot) is in de omgevingsverkenning een uitspraak gedaan over het verwachte aantal ammoniakterminals, ammoniak kraakinstallaties en elektrolyzers in de provincie in de komende jaren. Deze prognoses zijn opgenomen in onderstaande tabel.

⁵ In die berekeningen is alleen een afstand opgenomen voor het invloedsgebied; het gebied vanaf de installatie tot waar nog 1% van de personen in de omgeving kan komen te overlijden bij een ongewoon voorval.

Tabel 3.2-2 Prognose aantal nieuwe ammoniakterminals, ammoniak kraakinstallaties en elektrolyzers

NH ₃ balans	Scenario's NH ₃	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Elektrolyser midden 250 MW	n.v.t.	0	2	7	10	10	10
Elektrolyser groot 1000 MW	n.v.t.	0	1	2	3	3	3
Ammoniak terminal klein	Laag	0	1	3	3	3	3
Ammoniak terminal midden	Hoog	0	1	1	2	2	2
Ammoniak kraker klein	Laag	0	1	3	3	3	3
Ammoniak kraker midden	Hoog	0	1	1	2	2	2

3.2.2 Referentie-installaties

Op basis van de brondocumenten zijn twee ammoniakterminals, één ammoniak kraakinstallatie en drie elektrolyzers gevonden die dienen als referentie-installatie voor deze studie. In de volgende tabel is, ter vergelijking met de verwachte installaties in paragraaf 3.2.1, per installatie aangegeven hoe deze zich, letten op opslag-, doorzet- en productiegegevens in het document, verhoudt tot de kwalificaties klein/midden/groot in de prognoses in de omgevingsverkenning.

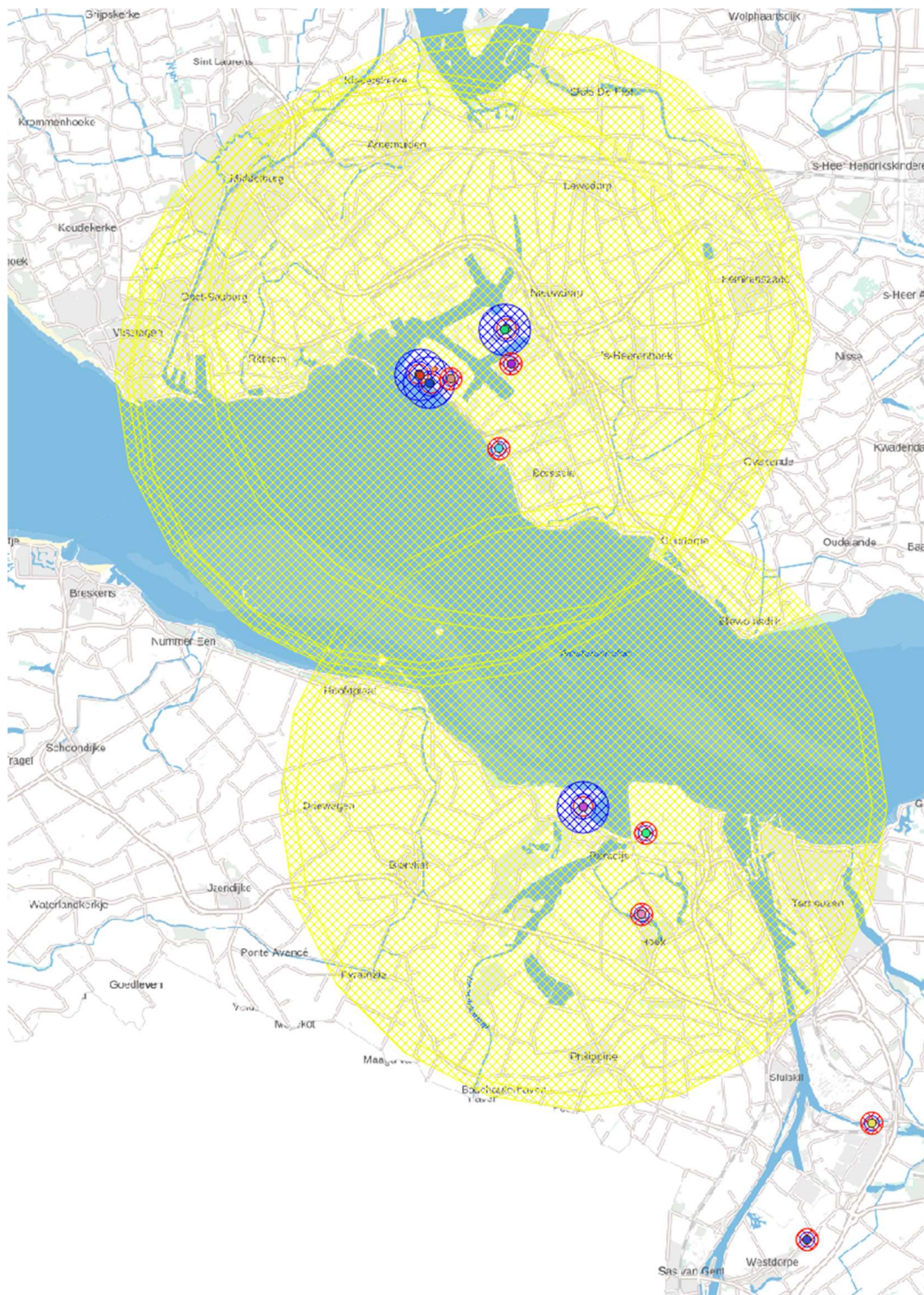
Tabel 3.2-3 Eigenschappen referentie-installaties en vergelijk met prognose omgevingsverkenning

	Bedrijfsnaam	Locatie	Kwalificatie
Ammoniakterminal ⁶	-	Amsterdam	Midden – groot
Ammoniakterminal	Vesta Terminal Flushing bv	Vlissingen	Midden – groot
Ammoniakterminal	LBC Group bv	Vlissingen	Midden – groot
Ammoniak kraakinstallatie	Euro Tank Terminal bv	Rotterdam	Klein
Elektrolyser	RWE OranjeWind Elektrolyser CV	Groningen	Midden – groot
Elektrolyser	VoltH2	Terneuzen	Klein
Elektrolyser	H2XP	Woensdrecht	Klein

⁶ Op basis van een risicostudie naar een fictieve ammoniakterminal in opdracht van de Gemeente Amsterdam, Havenbedrijf Amsterdam en Provincie Noord-Holland.

3.3 Resultaten

In onderstaande afbeelding staan de contouren weergegeven van de uitkomsten van de casestudy op de contouren van de elektrolyser, ammoniakterminals en -krakers. In de volgende paragrafen worden de resultaten per installatie omschreven. In de afbeeldingen zijn drie kleuren contouren te zien: blauw, rood, oranje en geel. Dit is respectievelijk de $PR10^{-6}$ contour, brand-, explosie- en gifwolkaandachtsgebied.



Figuur 1 Overzichtskartaal aandachtsgebieden en $PR10^{-6}$ -contouren elektrolyzers, ammoniakterminals en -krakers

3.3.1 Ammoniakterminal

De opslagcapaciteit en doorzet per jaar (terminalcapaciteit) verschilt sterk per referentie-installatie, maar heeft een beperkte invloed op de PR-contouren. Het verschil in de PR 10^{-6} contour is gering tussen de verschillende scenario's, omdat de risico's vooral worden bepaald door de scheepsverlading en ketelwagenvlading, en dus niet door het volume van de opslagtank.

De enige studie waarin een afstand tot een gifwolkaandachtsgebied wordt genoemd betreft de studie voor de Gemeente Amsterdam. De grootte van dit gifwolkaandachtsgebied wordt bepaald door de steigerleiding richting de ammoniak opslagtanks, en dus eveneens niet door de totale terminalcapaciteit. Voor de twee andere locaties worden geen aandachtsgebieden genoemd, maar het rapport over Vlissingen (LBC) noemt wel een effectafstand waarbij 1% van de gedurende een halfuur blootgestelde populatie overlijdt. Dit is in het geval van hun terminal maximaal 3.384 m. Ook noemt het rapport over de locatie van Vesta in Vlissingen de maximale grootte (de straal) van de plas ammoniak die zou kunnen ontstaan, gecorrigeerd voor de aanwezige gebouwen, en de nabij liggende Westerschelde, namelijk 300 m. In bijlage 5 figuur 7b zijn de contouren weergegeven van de ammoniakkraker projecten in Zeeland. De grootste afstanden uit tabel 3.3-1 zijn als uitgangspunt genomen.

Tabel 3.3-1 Capaciteit en grootste straal aandachtsgebieden en PR-contour van een ammoniakterminal per aandachtsgebied en (toekomstige) locatie in meters.

Locatie	Terminalcapaciteit (ton/jaar)	Opslagcapaciteit (m ³)	PR10 ⁻⁶ contour (m)	BAG (m)	EAG (m)	GAG (m)
Amsterdam (fictief)	1.000.000	50.000	595	-	-	7845
Vlissingen (Vesta)	4.000.000	90.000 (ton)	500-600	-	-	-
Vlissingen (LBC)	1.000.000	150.000	600-700	-	-	-

3.3.2 Ammoniak kraakinstallatie

De techniek om ammoniak te kraken is nog in ontwikkeling, waardoor er dus ook weinig literatuur beschikbaar is. De tot nu toe beschikbare veiligheidsinformatie is samengevat in Tabel 3.3-2.

Tabel 3.3-2 Capaciteit en grootste straal aandachtsgebieden en PR-contour van een ammoniak kraakinstallatie per aandachtsgebied en (toekomstige) locatie in meters. De meest uitgebreide analyse is te vinden in het rapport van DNV voor de Gemeente Amsterdam. De belangrijkste conclusie die kan worden getrokken uit de beschikbare literatuur is dat de gevaren voor een ammoniakkraker de gevaren van ammoniak en waterstof combineren. De grondstof voor het proces is ammoniak en brengt dus een gifwolkgevaar met zich mee. De grootte van het gifwolkaandachtsgebied van een ammoniakkraker is vergelijkbaar met die van de ammoniakterminal aangezien voor een kraakinstallatie ook altijd aanvoer en opslag van ammoniak nodig is. De grootte hiervan wordt in dit geval bepaald door de import van ammoniak via zeeschip (scheepsverlading).

In de kraakinstallatie wordt de ammoniak gebruikt om waterstof te produceren, en omdat dit een licht ontvlambaar en explosief gas is, is er ook sprake van brand- en explosieaandachtsgebieden. De grootte van deze gebieden is afhankelijk van de hoeveelheid waterstof die zich op de in de verschillende delen van de installatie bevindt (leidingen, compressors, tubetrailers, eventuele opslag van waterstof). Ze zijn enigszins vergelijkbaar met de aandachtsgebieden voor elektrolyzers, beschreven in paragraaf 3.3.3. In bijlage 5 figuur 7a zijn de contouren weergegeven van de ammoniakkraker projecten in Zeeland. De grootste afstanden uit tabel 3.3-2 zijn als uitgangspunt genomen.

Tabel 3.3-2 Capaciteit en grootste straal aandachtsgebieden en PR-contour van een ammoniak kraakinstallatie per aandachtsgebied en (toekomstige) locatie in meters. De kolom EAG bevat een afstand voor een (over)druk golf én een vuurbal.

Locatie	Doorvoercapaciteit NH ₃ (ton/jaar)	Opslagcapaciteit NH ₃ (m ³)	PR10 ⁶ contour (m)	BAG (m)	EAG (m)	GAG (m)
Amsterdam (fictief)	1.000.000	50.000	341	265	265/115	8242
Rotterdam ⁷ (Euro Tank Terminal)	300.000 (140.000+160.000)	110.000 (40.000+70.000)	-	-	-	-

3.3.3 Elektrolyser

Om een beter beeld te krijgen van de risico's van een waterstoffabriek gebaseerd op elektrolyzers zijn in Tabel 3.3-3 Tabel een aantal kenmerken opgenomen van geplande of bestaande waterstoffabrieken in Nederland. De drie fabrieken verschillen sterk van elkaar qua capaciteit, en dat heeft een duidelijk effect op de omvang van het plaatsgebonden risico en de aandachtsgebieden. De waarden die zijn aangegeven voor de straal van de contouren zijn benaderingen van de grootste afstand van de fabriek, want de contouren zijn niet altijd cirkelvormig. Tussen Terneuzen en Woensdrecht is het verschil in PR-contour gering, waarschijnlijk omdat de fabriek in Woensdrecht meer waterstof produceert per tijdseenheid en die in Terneuzen meer bufferopslag heeft. De opstelling in Eemshaven is significant groter dan de andere twee, en heeft daarom ook grotere risicoafstanden. In bijlage 5 figuur 8 zijn de contouren weergegeven van de elektrolyser projecten in Zeeland. De grootste afstanden uit tabel 3.3-3 zijn als uitgangspunt genomen.

Tabel 3.3-3 Capaciteit, grootste straal aandachtsgebieden en PR-contour van een waterstoffabriek per aandachtsgebied en (toekomstige) locatie in meters.

Locatie	Productiecapaciteit ¹ (ton/jaar)	Opslagcapaciteit ² (m ³)	PR10 ⁶ contour ³ (m)	BAG ³ (m)	EAG ³ (m)	GAG (m)
Groningen (RWE)	61.000	35 (kg)	100-200	200-300	200-300	-
Terneuzen (voltH2)	4.000	130	50-100	-	-	-
Woensdrecht (H2XP)	12.000	80	50-100	50-100	50	-

1: De hier genoemde capaciteit is berekend door de productie per uur van de elektrolyzers, afkomstig uit de respectievelijke rapporten, te vermenigvuldigen met 24 uur en 365 dagen. Er is voor deze getallen dus aangenomen dat de productie constant zal zijn.

2: De opslagcapaciteit die hier wordt genoemd is ingeschat op basis van de informatie over de aanwezige buffervaten in de opstelling. Van daadwerkelijke opslag in opslagtanks is geen sprake. Voor Eemshaven was geen bufferopslagvolume vermeld, maar wel het bufferopslaggewicht.

3: De straal van de contour verandert sterk afhankelijk van de ruimtelijke ordening van de opstelling, en zijn vaak geen perfecte cirkels. Daarom is deze waarde niet exact. Voor het explosieaandachtsgebied gaat het om een overdruk explosie.

⁷ Notitie bevat nog geen afstanden en/of risicocontouren. QRA moet nog uitgevoerd worden.

3.4 Conclusies

3.4.1 Ammoniakterminal

Ammoniak is een belangrijke bouwsteen voor de energietransitie. Die ammoniak moet worden geïmporteerd en vervolgens binnenlands vervoerd worden via verschillende transportmethodes zoals het spoor of de scheepvaart. De opslag en verlading van ammoniak moet voldoen aan de maatregelen van de PGS 12. In paragraaf 3.3 zijn de risico's van verschillende ammoniakterminals, voor zover bekend, besproken en met elkaar vergeleken. Over het algemeen is er voor ammoniakopslag geen sprake van een brand- of explosiegevaar, maar wel een groot gevaar wat betreft de blootstelling van mensen aan deze zeer giftige stof. Het gifwolkaandachtsgebied van een ammoniakterminal reikt relatief ver (enkele kilometers). Dit is het belangrijkste risico aan de opslag van ammoniak. Verder valt er te concluderen dat de totale doorvoercapaciteit van een terminal zelf weinig effect heeft op de grootte van de risicoscenario's, maar dat de grootte van de opslag van ammoniak bepalend is.

3.4.2 Ammoniak kraakinstallatie

De specifieke gevaren van een ammoniak kraakinstallatie zijn nog niet door veel bedrijven uitgewerkt, omdat er nog niet veel krakers zijn gebouwd/gepland staan. Het gaat om een kraakproces op hoge temperatuur en onder hoge druk, dus verwacht is dat het niet zonder gevaren is. Verder is het wel zeker dat er ammoniak opslagtanks aanwezig zullen zijn om de kraker draaiende te houden, en de bijbehorende scheeps- of spoorverlading en leidingen. Wat betreft deze onderdelen zijn de gevaren zeer vergelijkbaar met die van de ammoniakterminal beschreven in paragraaf 3.3. Dit houdt onder andere in dat er een zeer grote gifwolk kan ontstaan. Zoals ook bij de terminal het geval is, zal de grootte van de opslagtank(s) weinig invloed hebben op de grootte van het grootste gifwolkaandachtsgebied omdat dit gebied wordt bepaald door andere installatieonderdelen met ammoniak.

Daarnaast draait het in het kraakproces om de productie van waterstof. Waterstof is een licht ontvlambaar en explosief gas, dus dat brengt extra risico's met zich mee die niet aanwezig zijn voor de ammoniakterminal, namelijk brand- en explosiegevaar. De gevaren kunnen daarom gezien zijn (bij benadering) als een combinatie van die van de ammoniakterminal en de waterstoffabriek. De grootte van de brand- en explosiegefahren hangen af van de hoeveelheid waterstofgas dat aanwezig is in het systeem, en hoeveel daarvan vrijkomt in het geval van een lekkage.

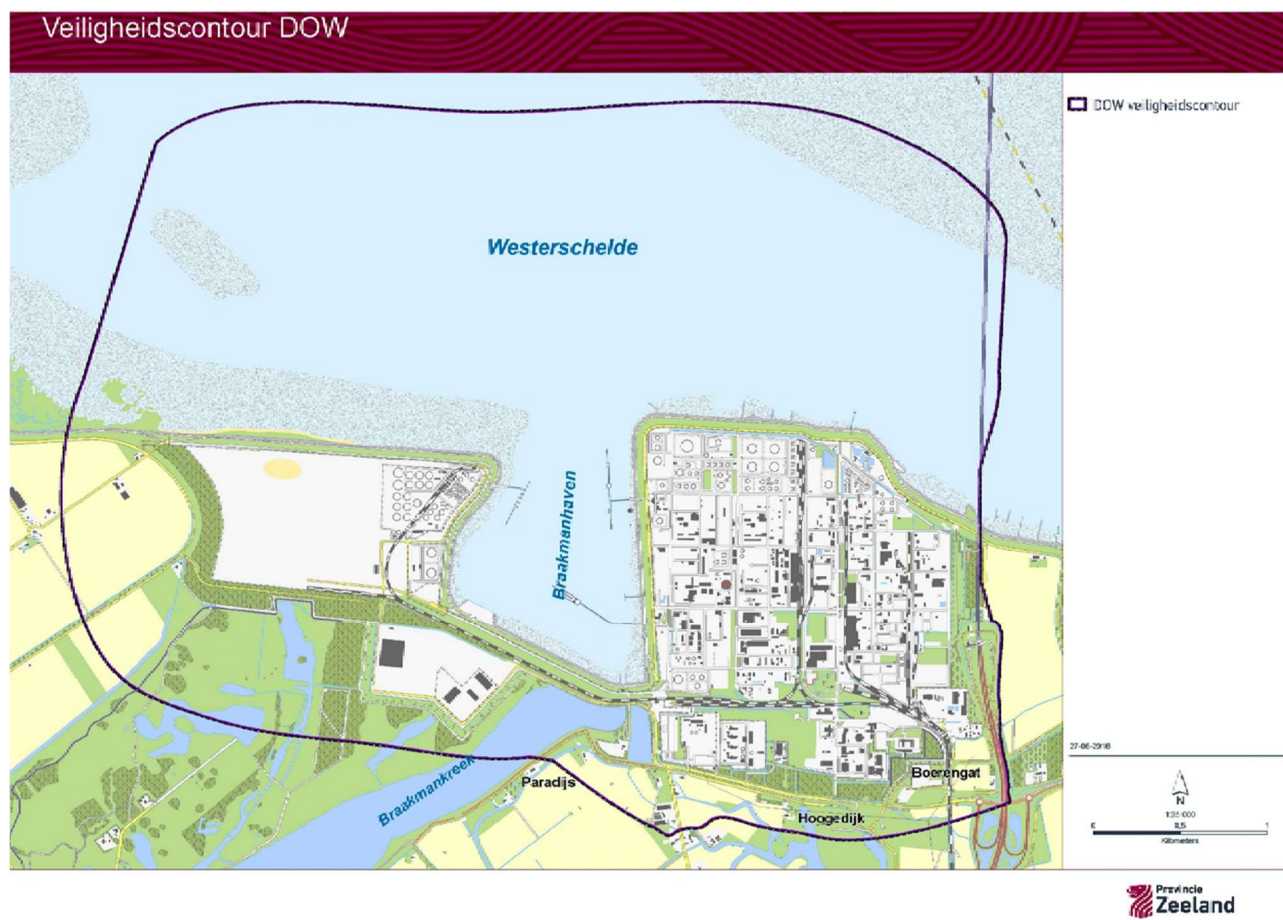
Het gifwolkaandachtsgebied door het gebruik van ammoniak is in de orde van kilometers (8242 m) en de explosie- en brandaandachtsgebieden door het gebruik van waterstof zijn 'maar' 50-300 m. Het risico van de ammoniak domineert dus.

3.4.3 Elektrolyser

Op basis van de met elkaar vergeleken voorbeelden van waterstoffabrieken en de kennis over het proces kan worden geconcludeerd dat een waterstoffabriek risico's met zich meebrengt, met name explosie- en brandgevaar. De belangrijkste factor die de grootte van de risico's bepaalt is de hoeveelheid waterstof die zich in het gehele systeem bevindt. Als het systeem groter is, dan zullen het plaatsgebonden risico en de aandachtsgebieden ook groeien. Volgens het rapport van het DNV, komt er bij het falen van de elektrolyser zelf alleen water vrij. Aan de andere kant, als de gassen die uit de elektrolyser komen (zuurstof en waterstof) per ongeluk gemengd worden binnen de elektrolyser zelf, dan ontstaat een zeer explosief mengsel. Dit zorgt wel voor een explosiegevaar, maar volgens alle berekeningen blijkt dat de hoeveelheden gas binnen in de elektrolyser klein blijven. Vergeleken met de andere onderdelen van de installatie zijn de risico's veroorzaakt door de elektrolyser zelf dus klein.



Figuur 3 Terreingrenzen industriegebied Dow Terneuzen



Figuur 4 Vastgestelde veiligheidscontour Dow Terneuzen | Bron: Provincie Zeeland

4 Eindconclusie

Het doel van voorliggend onderzoek is nader te onderzoeken wat de gevolgen van de waterstoftransitie zijn op de bestaande externe veiligheidsrisico's in de provincie Zeeland. Daarbij is specifiek gekeken naar de effecten van de verwachte toename van ammoniaktransporten over het Zeeuwse spoor en de komst van nieuwe risicovolle milieubelastende activiteiten (ammoniakterminals en -kraakinstallaties en elektrolyzers).

4.1 Basisnetroutes spoor

De effecten ten aanzien van het spoorvervoer zijn kwantitatief geanalyseerd met het rekenmodel RBMII. Op basis van deze analyse wordt geconcludeerd dat:

- De impact van de verwachte ammoniaktransporten op de risico's van het spoor zijn beperkt. De verwachte ammoniaktransporten hebben geen invloed op de huidige 10^{-6} plaatsgebonden risicocontouren. De 10^{-7} en 10^{-8} plaatsgebonden risicocontouren nemen beperkt toe. Deze beperkte toename is te verklaren doordat in de kwantitatieve risicoanalyse met name het transport van brandbare gassen maatgevend zijn en blijven voor het plaatsgebonden risico.
- De impact van de verwachte ammoniaktransporten op de omvang van de aandachtsgebieden is nul. Welke aandachtsgebieden van toepassing zijn op het Zeeuwse spoor en wat de omvang van die aandachtsgebieden is, is bij wet bepaald. Welke gevaarlijke stoffen over een specifiek traject worden getransporteerd en in welke aantallen speelt daarbij geen rol. Feitelijk is het gebied waarbinnen personen in de omgeving van een spoortraject binnenshuis kunnen komen te overlijden wél afhankelijk van de eigenschappen van specifieke gevaarlijke stoffen.

4.2 Milieubelastende activiteiten

De effecten ten aanzien van de genoemde risicovolle milieubelastende activiteiten zijn kwalitatief geanalyseerd. Op basis van beschikbare bronnen zijn referentie-installaties gezocht die zoveel mogelijk overeenkomen met de voorspellingen in de omgevingsverkenning (zie paragraaf 3.2.2). Op basis van deze analyse wordt geconcludeerd dat:

- Op basis van de beschikbare bronnen wordt geconcludeerd dat de risico's van milieubelastende activiteiten met ammoniak (ammoniakterminals en -kraakinstallaties) maatgevend zijn ten opzichte van de risico's van milieubelastende activiteiten met waterstof (elektrolyzers). De externe veiligheidsrisico's van elektrolyzers zijn relatief lokaal en variëren van enkele tientallen tot enkele honderden meters terwijl installaties met grote volumes ammoniak aandachtsgebieden kunnen hebben van circa 8.000 m.
- De risico's van milieubelastende activiteiten met ammoniak worden met name bepaald door installaties bedoeld voor de op- en overslag van (grote volumes) ammoniak; door scheepsverlading. Ammoniak kraakinstallaties zijn doorgaans onderdeel van een inrichting waarbinnen ook de op- en overslag van ammoniak plaatsvindt.
- De 10^{-6} plaatsgebonden risicocontouren van ammoniakterminal varieert van 600 tot 700 m. Het gifwolkaandachtsgebied bedraagt circa 8.000 m. Kortom, de externe veiligheidsrisico's van milieubelastende activiteiten met ammoniak zijn relatiefomvangrijk, vergeleken met de risico's van activiteiten met waterstof.
- Hoewel de risico's van milieubelastende activiteiten met ammoniak relatief omvangrijk zijn, vallen de te verwachte 10^{-6} plaatsgebonden risicocontouren binnen de bestaande risicogebieden van de industrieterreinen Vlissingen-Oost en Dow Terneuzen (zie figuren 3, 4 en 5 paragraaf 3.3.4).
- Het verwachte gifwolkaandachtsgebied is kleiner dan de gifwolkaandachtsgebieden rondom reeds bestaande risicovolle milieubelastende activiteiten op deze industrieterreinen. Kortom, hoewel met de komst van nieuwe milieubelastende activiteiten met ammoniak (en waterstof) nieuwe externe veiligheidsrisico's worden geïntroduceerd, het algehele risicoprofiel van de industrieterreinen Vlissingen-Oost en Terneuzen verandert hierdoor niet. Er zijn reeds milieubelastende activiteiten aanwezig met vergelijkbare (of omvangrijkere) 10^{-6} plaatsgebonden risicocontouren en/of aandachtsgebieden.

Bijlage 1 - Uitkomsten per onderdeel traject 11 en 180

Tabel B1-1 Uitkomsten RBMII berekening PR-contouren per onderdeel van traject 11

Onderdelen traject			Huidig (2024)	Nieuw laag (2035 & 2050)	Nieuw hoog 2035	Nieuw hoog 2050
Traject 11	Roosendaal	Sloehaven (Vlissingen)	PR10 ⁻⁶	0 m	0 m	0 m
			PR10 ⁻⁷	62 m	66 m	73 m
			PR10 ⁻⁸	177 m	186 m	212 m
		Sloehaven - Lewedorp	PR10 ⁻⁶	0 m	0 m	0 m
			PR10 ⁻⁷	61 m	65 m	73 m
			PR10 ⁻⁸	175 m	181 m	203 m
		Lewedorp – 's-Heer Hendrikskinderen	PR10 ⁻⁶	0 m	0 m	0 m
			PR10 ⁻⁷	62 m	67 m	74 m
			PR10 ⁻⁸	177 m	192 m	207 m
		's-Heer Hendrikskinderen – Kapelle	PR10 ⁻⁶	0 m	0 m	0 m
			PR10 ⁻⁷	63 m	67 m	74 m
			PR10 ⁻⁸	173 m	186 m	213 m
	Vlissingen	Kapelle – Kruiningen	PR10 ⁻⁶	0 m	0 m	0 m
			PR10 ⁻⁷	63 m	67 m	74 m
			PR10 ⁻⁸	178 m	186 m	213 m
		Kruiningen – Krabbendijke	PR10 ⁻⁶	0 m	0 m	0 m
			PR10 ⁻⁷	62 m	66 m	74 m
			PR10 ⁻⁸	178 m	187 m	216 m
		Krabbendijke – Rilland	PR10 ⁻⁶	0 m	0 m	0 m
			PR10 ⁻⁷	63 m	67 m	75 m
			PR10 ⁻⁸	177 m	185 m	209 m
		Rilland – grens Zeeland	PR10 ⁻⁶	0 m	0 m	0 m
			PR10 ⁻⁷	63 m	67 m	75 m
			PR10 ⁻⁸	176 m	182 m	202 m

Tabel B1-2 Uitkomsten RBMII berekening PR-contouren per onderdeel van traject 180

Onderdelen traject 180			Huidig (2024)	Nieuw laag (2035 & 2050)	Nieuw hoog 2035	Nieuw hoog 2050
Traject 180.1 Zelzate Sas van Gent		PR10 ⁻⁶	0 m	0 m	0 m	0 m
		PR10 ⁻⁷	3 m	4 m	5 m	7 m
		PR10 ⁻⁸	130 m	136 m	141 m	150 m
Traject 180.2 en 180.3 Sas van Gent Dow Chemical		PR10 ⁻⁶	0 m	0 m	0 m	0 m
		PR10 ⁻⁷	5 m	5 m	6 m	7 m
		PR10 ⁻⁸	141 m	147 m	153 m	164 m

Bijlage 2 – RBMII-rapportage

Zie map 'RBMII-rapportages'. In deze map zitten alle rapportages van trajecten 11, 180, 310 en 315.

Bijlage 3 – Brondocumenten milieubelastende activiteiten

Tabel B3-1 Overzicht geraadpleegde documenten kwalitatieve analyse milieubelastende activiteiten

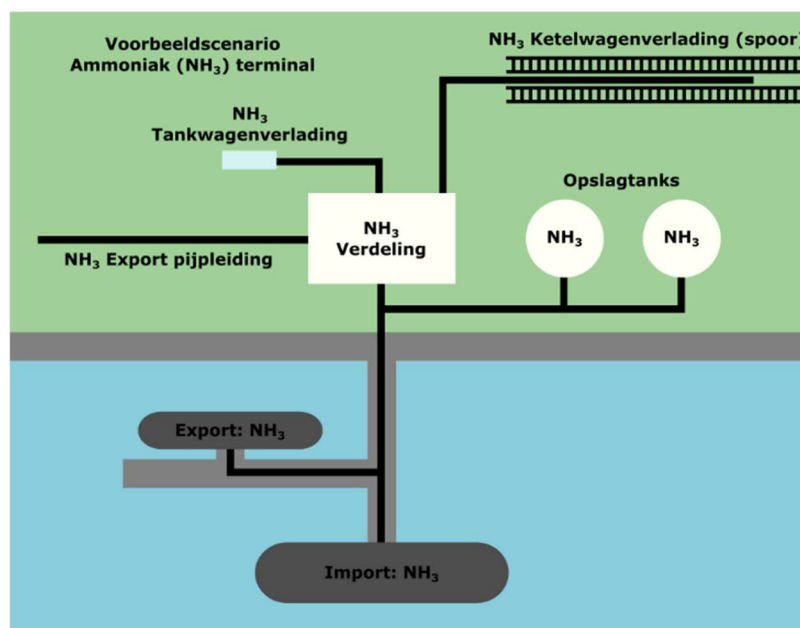
	Titel	Auteur	Versie	Datum
Ammoniakterminal	Kwantitatieve risicoanalyse (QRA) Vesta Terminal Flushing B.V.	Antea Group	4.0	26-08-2024
Ammoniakterminal	Kwantitatieve risicoanalyse Terminal, op- en overslag groene brandstoffen LBC Group bv Locatie: "Vlissingen"	Hans Schut/BMD Advies	1.4	25-09-2023
Ammoniak kraakinstallatie	Notitie Reikwijdte- en Detailniveau milieueffectrapportage	Antea Group	1.0	07-03-2025
Elektrolyser	QRA Elektrolyser	DNV Netherlands B.V.	Finale versie	31-10-2023
Elektrolyser	Risicoanalyse (QRA)/ Groene waterstoffabriek voltH2 Terneuzen	AVIV	1.3	29-07-2021
Elektrolyser	Risicoanalyse (QRA)/ Waterstofproductie-installatie H2XP Woensdrecht	ing. A.M. op den Dries/AVIV	1.6	19-06-2025
Alle technieken	Rapport Onderzoek Omgevingsveiligheid Energietransitie Amsterdam	DNV Netherlands B.V.	Finaal rapport	02-03-2025

Bijlage 4 – Procesomschrijving milieubelastende activiteiten

Ammoniakterminal

Ammoniak is een giftig gas dat erg belangrijk is voor de landbouw omdat het wordt gebruikt als bestanddeel van kunstmest. De veiligheidsaspecten van de opslag van ammoniak zijn daarom goed gedocumenteerd. Naast het gebruik van ammoniak in kunstmest, kan het ook als brandstof fungeren. Het kan direct gebruikt worden, maar het kan ook fungeren als waterstofdrager, omdat het kan worden omgezet naar waterstof en stikstof. Ammoniak heeft een hogere volumetrische dichtheid dan waterstof, wat betekent dat in hetzelfde volume er meer kg ammoniak kan worden opgeslagen dan waterstof. Ammoniak is ook makkelijker om in grote hoeveelheden als vloeistof te bewaren. Ammoniak wordt namelijk vloeibaar bij -33°C en kan daarom opgeslagen worden onder atmosferische druk. Waterstof wordt bij atmosferische druk pas vloeibaar bij -253°C en wordt daarom onder hoge druk en/of zeer lage temperaturen opgeslagen.

Als ammoniak gebruikt gaat worden als energiebron, moet die ook ergens worden geïmporteerd en opgeslagen. Hiervoor is een ammoniakterminal nodig, die bestaat uit opslagtanks en faciliteiten voor het aan- en afvoeren van ammoniak per schip, leidingen of ketelwagens. Ammoniak kan worden opgeslagen als gas of gekoeld worden tot vloeistof. Een overzicht van hoe het systeem van een ammoniakterminal er uit kan zien is weergegeven in figuur 1. De ammoniak wordt aangeleverd via schepen, waarna het kan worden opgeslagen in opslagtanks. Wanneer nodig, kan de ammoniak na verdeling in de centrale terminal worden geëxporteerd via schepen, pijpleidingen, tankwagens, of ketelwagens.



Figuur 1: Schematische weergave van een ammoniakterminal (gebaseerd op het rapport van DNV)

Risico's en scenario's

Ammoniak is een giftige en ontvlambare stof met lage reactiviteit. Deze lage reactiviteit betekent dat de stof niet gevoelig is voor vlamversnelling, wat inhoudt dat het brand- of explosiegevaar voor de opslag van ammoniak erg laag is. Wel is er over het algemeen sprake van een groot gifwolkaandachtsgebied. Dit is omdat ammoniak een zeer giftige en vluchtige stof is, die zich dus makkelijk door de lucht kan verspreiden over grote afstanden.

Risicoscenario's waarmee rekening gehouden moet worden betreffen vooral het falen van bepaalde onderdelen waardoor er ammoniak uit het systeem kan lekken. Belangrijke informatie over de opslag van ammoniak is het feit dat ammoniak die onder druk als vloeistof wordt opgeslagen, het risicobeeld verslechterd.

Dit komt omdat de vloeibare ammoniak een plas zal vormen, die verdampt tot koud gas dat zwaarder is dan de lucht, en dus niet snel kan vervliegen. Daarom worden voor ammoniak 'full containment tanks', waarbij de kans op ongecontroleerde uitstroom zeer laag is, gezien als de best beschikbare techniek (BBT). Als er nieuwe opslagtanks gebouwd moeten worden, dan mogen dus in principe alleen full containment tanks gebouwd worden. Op sommige locaties is het plan om reeds bestaande opslagtanks te gebruiken, bijvoorbeeld dubbel omsloten tanks. Voor deze tanks is de faalkans hoger, en zijn dus over het algemeen minder veilig.

Onderdelen die betrokken kunnen zijn bij faalscenario's voor een ammoniakterminal zijn:

- De laad- losarm bij scheepsverlading,
- De ketelwagenverlading
- De ammoniak opslagtank,
- Tubetrailers (specifiek de laadtank en de laad- losslang),
- De leidingen binnen de installatie
- Pompen of compressoren

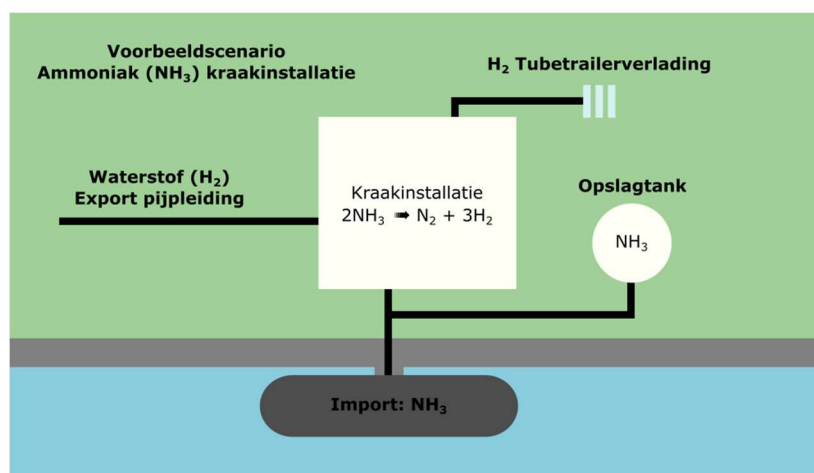
Als full containment tanks worden toegepast, dan is de kans op falen van de ammoniak opslagtanks verwaarloosbaar in vergelijking met dat van de andere onderdelen. Het totale volume van de opslag heeft daar dus ook geen directe invloed op. Het gifvolkaandachtsgebied wordt vooral bepaald door de steigerleiding richting de opslag. Het plaatsgebonden risico zal veroorzaakt worden door de faalkansen van de scheepsverlading en eventuele ketelwagenverlading. Dit is natuurlijk afhankelijk van hoe veel schepen en ketelwagens er per jaar benut zullen worden.

Ook een nabij aanwezige windturbine kan leiden tot mogelijke faalscenario's, bijvoorbeeld door het afbreken van een turbineblad of mastbreuk, waardoor de onderdelen van de terminal geraakt kan worden. Eventueel nabijgelegen vliegvelden verhogen ook de kans op domino-effecten.

Ammoniak kraakinstallatie

Zoals genoemd kan ammoniak fungeren als waterstofdrager. Door middel van een kraakinstallatie kan ammoniak worden omgezet in waterstof en stikstof (N₂). De waterstof kan dan worden afgevoerd via pijpleidingen of tubetrailers, om elders gebruikt te worden als brandstof.

Voor het ammoniak kraakproces is de aanvoer van ammoniak nodig, bijvoorbeeld per schip, een kleine opslagtank om genoeg ammoniak op te slaan om de kraker een week lang te kunnen voorzien, het procesgebied met de daadwerkelijke kraker, compressors, en alle pijpleidingen die de onderdelen met elkaar verbinden. Voor de opslagtank wordt uitgegaan van het gebruik van full containment tanks. Een schematische weergave van de installatie is te zien in figuur 2. Voor kraakproces zelf zijn twee technieken mogelijk, de 'reformer' en membraantechniek. Met de reformer techniek kunnen grotere hoeveelheden waterstof geproduceerd worden. Deze techniek vindt plaats bij hoge temperaturen (meer dan 700 °C) en hoge druk (meer dan 30 bar). De membraantechniek kan werken met lagere temperaturen en lagere druk. De productie is vaak wel lager als deze techniek wordt gebruikt.



Figuur 2: Schematische weergave van een ammoniak kraakinstallatie (gebaseerd op het rapport van DNV)

Risico's en scenario's

Onderdelen die betrokken kunnen zijn bij faalscenario's voor de kraakinstallatie zijn hetzelfde als hierboven genoemd voor de ammoniakterminal, plus de waterstof exportleidingen. De kraakinstallatie zelf heeft geen (verwacht) significant effect op het risicobeeld.

Onderdelen die betrokken kunnen zijn bij faalscenario's voor een ammoniakkraker zijn:

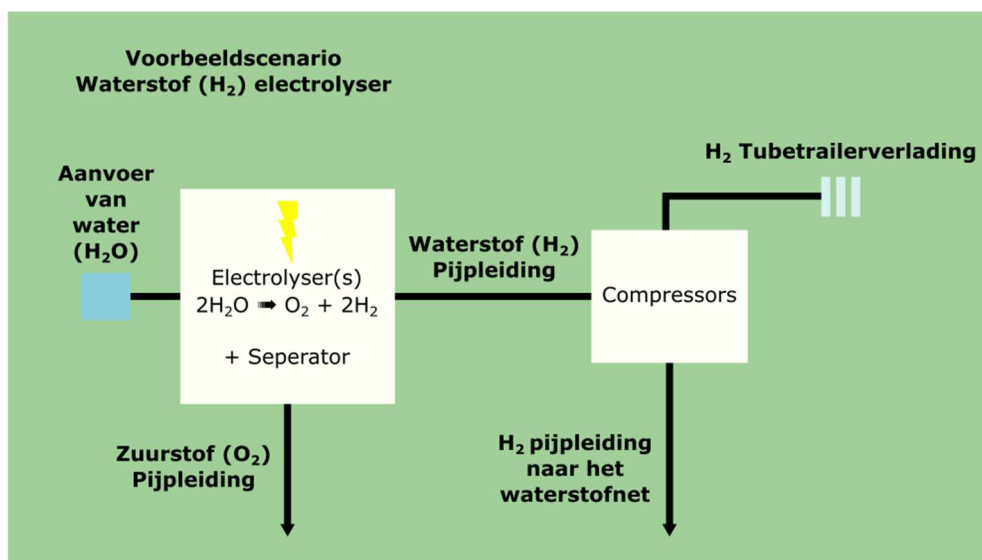
- De laad- losarm bij scheepsverlading,
- De ketelwagenverlading
- De ammoniak opslagtank,
- Tubetrailers (specifiek de laadtank en de laad- losslang),
- De leidingen binnen de installatie
- Pompen of compressoren
- De waterstof exportleidingen/verlading

De aandachtsgebieden voor de drie scenario's (klein, middel, en grote productie- en opslagcapaciteit) zijn weergegeven in Tabel 3.3-2. In tegenstelling tot de ammoniakterminal, waar de ammoniak alleen wordt opgeslagen, en de kraker, is natuurlijk het ontstaan en de afvoer van waterstof. Waterstof heeft een hoge directe ontstekingskans. Vandaar dat in deze tabel wel sprake is van een brand- en explosieaandachtsgebied. De grootte van de aandachtsgebieden is niet sterk afhankelijk van de toename of afname in capaciteit. Dit komt, in het geval van het brand- en explosieaandachtsgebied, omdat deze gebieden worden bepaald door de waterstof exportleiding, opslag, of tubetrailers. Deze systemen zijn vergelijkbaar tussen de verschillende scenario's. Het gifwolkaandachtsgebied wordt gedomineerd door de opslag en scheepsverlading van ammoniak, en niet door de opslagtanks, vergelijkbaar met het geval van de ammoniakterminal. Het brandaandachtsgebied (fakkel) en explosieaandachtsgebied (overdruk) worden bepaald door de leiding die waterstof exporteert. Het explosieaandachtsgebied (vuurbal) wordt bepaald door de tubetrailers en de opslag van waterstof.

Elektrolyzers

Waterstof kan gewonnen worden door middel van het kraken van ammoniak, zoals hierboven genoemd, maar een meer gebruikelijke wijze is door middel van elektrolyse. Een waterstof elektrolyser is een systeem dat water kan omzetten in zuurstof en waterstof met behulp van elektrische stroom. Aan de elektrolyser zelf zijn geen risico's verbonden, omdat er als het systeem faalt alleen water vrijkomt. Een waterstoffabriek heeft echter ook nog andere onderdelen nodig. De onderdelen die vanaf de elektrolyser leiden, zoals pijpleidingen en compressors, bevatten waterstof. Waterstof is een zeer licht ontvlambaar gas, dus als het wordt gebruikt ontstaan er risico's.

Het proces van in de waterstoffabriek verloopt (simpel uitgelegd, op basis van het ontwerp van de faciliteit van VoltH2 in Terneuzen) als volgt: water, vaak gedemineraliseerd (demi) water, wordt in de elektrolyser gepompt. In de elektrolyser wordt het water (H_2O) met behulp van elektriciteit gesplitst in zuurstof (O_2) en waterstof (H_2). Vaak bestaan de elektrolyser units uit meerdere kleinere modules die samen werken. De vrijgekomen waterstof wordt afgevangen in separators en via een lagedruk buffer en pijpleidingen naar een compressorsysteem gepompt. In de compressor wordt de waterstof onder druk gezet tot 500 bar, waarna het verladen kan worden naar flessen of tubetrailers. Bij de meeste elektrolyzers is volgens de beschikbare literatuur geen sprake van waterstof opslagtanks op het terrein. De geproduceerde waterstof wordt direct afgeleverd aan het HNS/Gasunie waterstofnet of afgevoerd in tubetrailers. Een versimpeld overzicht van het productieproces in een waterstoffabriek is weergegeven in figuur 3.



Figuur 3: Schematische weergave van de productie van waterstof gebaseerd op elektrolyse (gebaseerd op het rapport van DNV)

Risico's en scenario's

De elektrolyser installatie bestaat over het algemeen over de volgende onderdelen:

- Elektrolyser(s)
- Separator bij de elektrolyzers
- Bufferopslagvaten
- Compressor(s)
- Leidingen tussen de individuele onderdelen
- Leidingen bij de meetstraat/afvoerleiding
- Verladinginstallaties naar de flessen of tubetrailers

Deze onderdelen kunnen falen, wat risico's met zich meebrengt. Zoals hierboven genoemd zorgt het falen van de elektrolyser zelf niet voor veel risico's. Deze bevat in principe alleen water, dat wordt gesplitst in waterstof en zuurstof. De leidingen direct na de elektrolyser bevatten dus wel ontvlambare gassen, en deze staan onder hoge druk. De daadwerkelijke druk verschilt per specifieke opstelling, maar ligt meestal tussen de 30 bar

(separator, leidingen, lagedruk bufferopslag), rond de 80 bar (afvoer naar het waterstofnetwerk) en 500 bar (compressor, hogedruk bufferopslag en leidingen naar tubetrailers of flessen).

Het grote gevaar bij het gebruik van waterstof is de kans op explosies en branden. Van een gifwolk is geen sprake, aangezien H_2 en O_2 geen giftige stoffen zijn.

Een aantal ongevalsscenario's die plaats kunnen vinden zijn:

- Uitstroom uit de separators (fakkelbrand)
- Breuk/lekkage in de leidingen tussen de elektrolyser en de lagedruk buffer (fakkelbrand)
- Uitstroom uit de lagedruk bufferopslag (fakkelbrand)
- Breuk/lekkage in het leidingwerk tussen de lagedruk buffer en de compressor (fakkelbrand)
- Breuk/lekkage compressorsysteem
- Uitstroom uit de hogedruk bufferopslag
- Breuk/lekkage leidingen bij de meetstraat
- Breuk/lekkage/explosie bij de afvoer via de swaptrailer (flessentrailer)

Ook kunnen er eventueel extra ongevalsscenario's zijn door de nabijheid van een windturbine, zoals ook genoemd bij de sectie over de ammoniakterminal. Een windturbine naast een waterstoffabriek komt vaak voor, omdat er voor het electrolyseproces vrij veel stroom nodig is. Door een windturbine te gebruiken kan groene stroom worden gebruikt voor dit proces, in plaats van energie afkomstig van fossiele brandstoffen. Ook de aanwezigheid van ondergrondse aardgasleidingen zou kunnen zorgen voor meer ongevalsscenario's. De H_2 -installatie zou bijvoorbeeld kunnen falen door aanleiding van het falen van de aardgasleiding. In dit geval is gemodelleerd dat het falen van de H_2 -installatie als gevolg van het falen van de aardgasleiding het schadebeeld niet vergroot. Het falen van de H_2 -installatie heeft volgens de data geen effect op de aardgasleiding.

Bijlage 5 – Afbeeldingen met contouren

Zie document N02-Bijlage 5-Provincie Zeeland-dec25-v02.



Oostkracht10 BV
Leeuwenbrug 115
7411 TH Deventer

CIC, Stationsplein 45 A4.004
3013 AK Rotterdam

Bedrijvenpark Twente 305
7602 KL Almelo

milieu
& veiligheid

**OOST
KRACHT
10**

oostkracht10.nl