



Kwantitatieve Risico Analyse Schoonebeek Olieveld Herontwikkeling

Gemaakt voor: NAM
Schepersmaat 2
P.O. Box 28000
9400 HH Assen
Netherlands

Gemaakt door: Vectra Group Limited
Laan Copes van Cattenburg 139
2565 GA
Den Haag
The Netherlands

Rapportnummer: 943-3201-R-001

Revisie: 7

Datum: 21 maart 2006



RAPORT GOEDKEURINGSBLAD

Documenttitel Kwantitatieve Risico Analyse - Schoonebeek Olieveld
Herontwikkeling

Documentnummer 943-3201-R-001

Klant NAM **Job No.** 943-3201

Project Schoonebeek Olieveld herontwikkeling

REVISION RECORD

Rev.	Datum	Auteur	Gecontroleerd	Goedgekeurd
0	15/10/2004	Margy den Heijer	Bert Jan Haitsma	
1	22/11/2004	Bert Jan Haitsma	Eric Wakley	
2	22/12/2004	Bert Jan Haitsma	Eric Wakley	Eric Wakley
3	4/3/5004	Bert Jan Haitsma	-	Bert Jan Haitsma
4	14/11/2005	Bert Jan Haitsma	Lucas Sluijs	Bert Jan Haitsma
5	28/11/2005	Bert Jan Haitsma	Lucas Sluijs	Bert Jan Haitsma
6	2/12/2005	Bert Jan Haitsma	Lucas Sluijs	Bert Jan Haitsma
7	21/3/2006	Bert Jan Haitsma	Lucas Sluijs	Bert Jan Haitsma



REVISIEBLAD

Documenttitel Kwantitatieve Risico Analyse - Schoonebeek Olieveld Herontwikkeling

Documentnummer 943-3201-R-001

Klant NAM **Job No.** 943-3201

Project Schoonebeek Olieveld herontwikkeling

Rev.	Datum	Pagina's gewijzigd, beschrijving van wijziging
0	15/10/2004	Initiële uitgave
1	22/11/2004	Uitbreiding van QRA met QRA voor Infield pijpleidingen, Oliebehandelingsinstallatie en Olie-export pijpleiding
2	22/12/2004	Commentaar NAM verwerkt
3	4/3/2005	Definitief commentaar NAM verwerkt
4	14/11/2005	Wijzigingen t.g.v. Plan K
5	28/11/2005	Commentaar NAM verwerkt
6	2/12/2005	Commentaar NAM m.b.t. DHSV verwerkt
7	21/3/2006	Samenstelling export olie aangepast



1.0 SAMENVATTING

1.1 INLEIDING

In deze studie worden, ten behoeve van het Milieu Effect Rapport (MER) voor de herontwikkeling van het Schoonebeker olieveld, de Plaatsgebonden Risico contouren bepaald voor:

- “standaard” puttenlocatie (SCH-1500);
- Infield transportleidingen;
- Oliebehandelingslocatie (OBI/WKC);
- Olie-exportleiding;
- Waterinjectie leiding;
- Waterinjectie locaties.

Het doel van de risicoanalyse is het zo realistisch mogelijk kwantificeren van de risico's van potentiële ongevallen die kunnen optreden bij het herontwikkelde Schoonebeker olieveld. De resultaten van deze analyse zijn de Plaatsgebonden Risico (PR) contouren. De grens- en richtwaarde voor (beperkt) kwetsbare objecten het Plaatsgebonden Risico wordt in het overheidsbeleid [i, ii] gesteld op een niveau van 10^{-6} per jaar (kans op overlijden één op de miljoen jaar). Indien (beperkt) kwetsbare bestemmingen binnen de 10^{-6} contour aanwezig zijn wordt de norm overschreden.

1.2 WERKWIJZE

In dit rapport worden de risico's gekwantificeerd ten gevolge van procesgerelateerde ongelukken. Bij de bepaling van deze risico's is gebruik gemaakt van de methodiek beschreven in "Guidelines for Quantitative Risk Assessment, CPR 18E" [iii]. Het voorliggende rapport beperkt zich zoveel mogelijk tot het verwijzen naar genoemde methodiek.

Bij de bepaling van de kans op ongewenste gebeurtenissen is gebruik gemaakt van basiskansen die ontleend zijn aan verschillende databases [iii, iv and xviii]. Deze databases zijn gebaseerd op gemiddelden.

Voor het bepalen van de effecten en risico's is gebruikgemaakt van door de overheid geaccepteerde softwarepakketten FRED en Shepherd, beide ontwikkeld door Shell Global Solutions [v en vi].

Aan de hand van de P&ID's, faaldata en de initiële procescondities zijn de gaswolk- en brandfrequenties en effectafstanden berekend.



1.3 RESULTATEN

1.3.1 Puttenlocatie

Voor een “worst case” puttenlocatie (SCH 1500) zijn voor de te plaatsen terugslagkleppen drie opties nader onderzocht, te weten:

- Base case waarbij er uitsluitend een terugslagklep in de uitlaat van de verticale hefpomp geplaatst is;
- Optie 1, als base case + terugslagkleppen voor de plant Battery Limit (BL) afsluiters, in zowel de olie/water als Casing Vapour Return leiding;
- Optie 2, als optie 1 + terugslagklep in de uitlaat van de test separator.

Voor de boven genoemde opties is het Plaats-gebonden Risico (PR) berekend. De maximale afstand tot de 10^{-6} per jaar PR contouren en de minimale afstand tussen de putten locaties en (beperkt) kwetsbare objecten (woningen) zijn weergegeven in Tabel 1-1.

Het voornaamste verschil tussen de “worst case” puttenlocatie en een “standaard” puttenlocatie is de aanwezigheid van een ESP-pomp met een olie/water productie capaciteit van 800 m³/dag tegen een hefpomp met een capaciteit van 400 m³/dag alsmede en de mogelijke aanwezigheid van een Corrosie-inhibitor opslagtank (ca. 10 m³) en injectiepompen. De relevante risicoafstanden zijn weergegeven in Tabel 1-1.

Tabel 1-1: Plaats-gebonden Risico puttenlocaties

	Maximale afstand tot de 10⁻⁶ per jaar PR contour [m]	Minimale afstand (beperkt) kwetsbare objecten [m]
Base case “worst case” puttenlocatie (SCH-1500)	28	100
Puttenlocatie optie 1 – Als base case + terugslag kleppen in CVR en olie/water export leidingen.	14	100
Puttenlocatie optie 2 – Als optie 1 + terugslagklep in de uitlaat van de test separator.	10	100



1.3.2 Infield pijpleidingen

Ter ondersteuning van het olieproductieproces wordt er op alle productielocaties stoom in de diepere ondergrond geïnjecteerd. Deze stoom wordt gegenereerd op de naast de centrale oliebehandelingsinstallatie (OBI) gelegen warmtekrachtcentrale (WKC), en via een leidingstelsel naar de diverse productielocaties getransporteerd.

De casing vapour en olie/water productiestromen worden ieder via een eigen leidingstelsel naar de OBI getransporteerd.

Voor de leidingen tussen de puttenlocaties en de centrale OBI (de zogenaamde infield pijpleidingen) zijn de risico's berekend. Tijdens deze studie zijn de volgende opties nader onderzocht:

- Bovengronds, leidingen niet gelegen in een leidingenstraat;
- Bovengronds, leidingen gelegen in een leidingenstraat;
- Bovengronds, leidingen gelegen in een leidingenstraat die aan weerszijden voorzien is van een vloeistofkering (b.v. aarden wallen).

De overige voorgestelde opties om de leidingen ondergronds, dan wel in een overkapte bak aan te leggen zijn om economische respectievelijk veiligheidstechnische redenen verworpen, en derhalve niet verder onderzocht.

De berekende maximale afstand tussen het hart van de leidingen en 10^{-6} per jaar Plaatsgebonden Risico contouren zijn weergegeven in Tabel 1-2.

Tabel 1-2: Plaats-gebonden Risico infield transportleidingen

	Maximale afstand tot de 10^{-6} per jaar PR contour [m]	Minimale afstand kwetsbare objecten [m]
Infield leidingen bovengronds, niet in leidingstraat	> 250	90
Infield leidingen bovengronds, in leidingstraat	45	90
Infield leidingen bovengronds, in leidingstraat voorzien van vloeistofkeringen	0	90

Uit de uitgevoerde berekeningen blijkt dat het risico sterk gereduceerd wordt door de leidingen in een leidingstraat te leggen, dit omdat door de bij de leidingstraat behorende additionele veiligheidsmaatregelen een faalkans reducerend effect hebben.

Door de leidingen tussen vloeistofkeringen te leggen worden de effectafstanden behorende bij een productleiding breuk sterk gereduceerd.



1.3.3 Oliebehandelingslocatie

Op de Oliebehandelingslocatie betsaande uit een oliebehandelingsinstallatie en een warmtekracht centrale worden de olie/water en casing vapour productiestromen van de puttenlocaties verwerkt en wordt stoom gegenereerd ten behoeve van de stoom injectie faciliteiten.

De olie/water stroom passeert eerst een warmtewisselaar en vervolgens een 3-fasescheidingsvat. De casing vapour stroom wordt in een 3-fase scheidingsvat ontdaan van vrije vloeistof.

De afgescheiden olie passeert vervolgens een warmtewisselaar, een dehydratietank en tenslotte een calciumwastank, waar de olie op exportspecificatie wordt gebracht.

Het afgescheiden water wordt in een skimtank van overtollige olie ontdaan en van hieruit verpompt naar een aantal locaties waar het water in de diepere ondergrond wordt geïnjecteerd.

De bij de oliebehandeling vrijkomende atmosferische dampen worden eerst gecombineerd. Hierna wordt deze stroom samengevoegd met het gas afkomstig van de 3-fase scheidingsvaten en naar de WKC getransporteerd, waar het gas samen met aardgas als brandstof worden gebruikt bij de generatie van stoom.

Naast de brand- en toxische risico's voor de gecombineerde OBI/WKC installaties, zijn voor de OBI ook de explosierisico's bepaald. De maximale explosieoverdruk ter plaatse van het controle gebouw en kwetsbare objecten in de omgeving is kleiner dan 10 mbar. De berekende PR contouren zijn weergegeven in Tabel 1-3.

Tabel 1-3: Plaatsgebonden Risico ten noorden van de oliebehandelingslocatie

	Maximale afstand tot de 10^{-6} per jaar PR contour [m]	Minimale afstand (beperkt) kwetsbare objecten [m]
Oliebehandelingslocatie (inclusief WKC)	N-zijde: 60 ZW zijde: 100	60 184

¹⁾ Het voormalig NAM BUGL kantoor wordt gesloopt.

1.3.4 Olie-exportleiding

Naast de eerder beschreven risico's zijn tevens de risico's berekend voor de ondergrondse olie-exportleiding van de OBI naar de raffinaderij in Lingen (Duitsland).

Voor de olie-exportleiding zijn de risico's voor volgende twee verschillende opties gekwantificeerd:

- Een ondergrondse leiding (voorzien van een PE mantelbuis) zonder additionele veiligheidsvoorzieningen;
- Een ondergrondse leiding (voorzien van een PE mantelbuis) voorzien van een waarschuwingsslint boven de leiding voor het deel van de leiding dat langs het afwateringskanaal loopt.



De berekende afstanden (gerekend vanuit het hart van het kanaal respectievelijk sloot) tot de 10^{-6} per jaar PR contour zijn weergegeven in Tabel 1-4.

Tabel 1-4: Plaatsgebonden Risico olie-exportleiding

	Maximale afstand tot de 10^{-6} per jaar PR contour [m]	Minimale afstand (beperkt) kwetsbare objecten [m]
Exportleiding zonder maatregelen gelegen naast afwateringskanaal leiding	17	21
Exportleiding zonder maatregelen gelegen in open veld (naast een sloot)	$PR < 10^{-6} / \text{jr}^*$	19
Exportleiding met maatregelen (waarschuwinglint) gelegen naast afwateringskanaal leiding	15	21

* Het maximale PR is $9,6 \cdot 10^{-7}$ per jaar.

1.3.5 Waterinjectie

Bij het winnings- en behandelingsproces van olie komt water mee. Voornemen is om het totaal van de waterstromen te (her)injecteren in de diepe ondergrond. De injectie zal als volgt worden gefaseerd: Rossum-Weerselo en Tubbergen-Mander (Fase 1) en Tubbergen (Fase 2, vanaf 2015).

Het water wordt vanuit de oliebehandelingslocatie met een nieuw aan te leggen 17 km lange 14" GRE waterinjectie leiding verpompt naar locatie De Hulte, waar wordt ingetakt op de bestaande 18" CS Twente trunkleiding, vanwaar verdere distributie plaatsvindt naar de waterinjectie locaties.

Voor de injectiewaterleiding is geconcludeerd dat gezien de geringe geringe rest-hoeveelheid koolwaterstoffen, inclusief sporen opgelost H_2S de externe veiligheidsrisico's verwaarloosbaar zijn.

Omdat voor alle waterinjectielocaties de 12.5 kW/m^2 warmtestralingscontour ruim binnen het hek van de locatie ligt, ligt de 10^{-6} /jaar PR contour eveneens binnen het hek van de locatie.



1.4 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

1.4.1 Puttenlocaties

In geen van de onderzochte situaties liggen er kwetsbare objecten binnen de 10^{-6} per jaar PR contour. Op basis van de uitgevoerde berekeningen kan derhalve worden geconcludeerd dat de puttenlocaties voldoen aan de externe veiligheidseisen.

Verder is gebleken dat het plaatsen van terugslagkleppen, met name voor de plant battery limit afsluiter in de CVR en olie-water export leidingen, een grote risicoreductie geeft. Aanbevolen wordt om deze terugslagkleppen te plaatsen zodat aan het ALARP principe voldaan wordt.

Opgemerkt dient te worden dat door de installatie van terugslagkleppen in de uitgaande CVR en olie/water leidingen, de milieuschade bij een grote lekkage sterk beperkt zal worden. Dit omdat voorkomen wordt dat bij een grote lekkage op het puttenterrein de inhoud van en toevoer naar de infield transportleiding op de puttenlocatie kan uitstromen.

1.4.2 Infield transportleidingen

Als de leidingen bovengronds worden aangelegd, worden de risiconormeringswaarden overschreden. Door het aanbrengen van additionele maatregelen, zoals het leggen van de leidingen in een leidingstraat en deze straat, waar noodzakelijk, aan weerszijden te voorzien van een vloeistofkering, kan aan de externe veiligheidsnormeringen worden voldaan.

Geadviseerd wordt om binnen een afstand van 250 m van (beperkt) kwetsbare objecten (woningen), de infield transportleidingen in een leidingstraat te leggen zodat aan de externe veiligheidseisen voldaan kan worden. Verder kan overwogen worden om binnen een afstand van 45 m van deze objecten/woningen, de leidingstraat aan weerszijden te voorzien van een vloeistofkering om de externe veiligheidsrisico's te minimaliseren. Tijdens het detailontwerp zal de exacte locatie van de leidingstraat en de vloeistofkeringen geoptimaliseerd moeten worden.

Tevens is aanbevolen om ter plaatse van (T-)kruisingen en bochten in de weg, de leidingen door middel van een aanrijdbeveiliging te beschermen voor (vracht)auto's.

Verder wordt aanbevolen om tijdens het detail ontwerp voor het gehele Schoonebeker olieproductie systeem een alomvattende risicoanalyse uit te voeren op basis van het definitieve ontwerp, om aan te tonen dat ook de risico's van de locaties vermeerderd met de risico's van de transportleidingen, de grenswaarden niet overschijden.

1.4.3 Oliebehandelingslocatie

Uit de uitgevoerde risicoberekeningen is gebleken dat:

- Er geen (beperkt) kwetsbare objecten liggen binnen de 10^{-6} per jaar PR contour en de externe risico's derhalve acceptabel zijn.
- Er geen explosierisico's zijn voor het controlegebouw en (beperkt) kwetsbare objecten in de omgeving van de oliebehandelingslocatie.



Aanbevolen wordt om bij significante wijzigingen van de oliebehandelingsinstallatie en/of warmtekrachtcentrale (b.v. andere locatie, layout of proceswijzigingen) de validiteit van de risicoanalyse te verifiëren en zonodig een nieuwe risicoanalyse uit te voeren.

1.4.4 Olie-exportleiding

Uit de berekeningen blijkt dat de risiconormering zoals opgenomen in de Circulaire Risiconormering Vervoer Gevaarlijke Stoffen voor (beperkt) kwetsbare objecten in geen van de onderzochte gevallen overschreden wordt.

1.4.5 Waterinjectieleiding en -locaties

Uit de uitgevoerde analyse is gebleken dat de externe veiligheidsrisico's voor de waterinjectieleiding en -locaties verwaarloosbaar zijn.



Inhoudsopgave

Voorblad	1	
Goedkeuringsblad	2	
Lijst met revisies	3	
1.0	Samenvatting	4
1.1	Inleiding	4
1.2	Werkwijze	4
1.3	Resultaten	5
1.3.1	Puttenlocatie	5
1.3.2	Infield pijpleidingen	6
1.3.3	Oliebehandelingslocatie	7
1.3.4	Olie-exportleiding	7
1.3.5	Waterinjectie	8
1.4	Conclusies en aanbevelingen	9
1.4.1	Puttenlocaties	9
1.4.2	Infield transportleidingen	9
1.4.3	Oliebehandelingslocatie	9
1.4.4	Olie-exportleiding	10
1.4.5	Waterinjectieleiding en -locaties	10
2.0	Inleiding	14
2.1	Doel	14
2.2	Toetsingskader	15
3.0	Procesbeschrijving	17
3.1	Oliewinning	17
3.2	Stoomgeneratie	18
3.3	Transport van olie/water, casing dampen en stoom	18
3.4	Oliebehandelingsinstallatie	19
3.5	Afvoer van olie	19
3.6	Waterinjectie	19
4.0	Gevarenanalyse proces	21
4.1	Stappen binnen het gevarenanalyse proces	21
4.2	Gevaren identificatie	21
4.3	GIEGEL	23
4.4	Beheersing van de gevaren	23
4.5	Bow-Tie model	23
4.6	ALARP beoordeling	24
5.0	Uitgangspunten kwantitatieve risicoanalyse	26
5.1	Algemene uitgangspunten	26
5.2	Generieke gebeurtenissenboom	27
5.3	Initiële faalscenario's	27



5.4	Ontstaansfrequenties van de initiële faalscenario's	28
5.4.1	Putten	28
5.4.2	Leidingen	29
5.4.3	(Proces)vaten, tanks en warmtewisselaars	32
5.4.4	Overige procesapparaten	32
5.4.5	Escalatie	33
5.5	Beveiligingssysteemreacties en kansen	33
5.5.1	Instrumentele beveiligingen	33
5.5.2	Brand- en gasdetectiesystemen	34
5.5.3	Faalkansen beveiligingssystemen	34
5.6	Modellering van gebeurtenissen	35
5.6.1	Blow-out en breuk en lekkage gasleiding	35
5.6.2	Breuk en lekkage vloeistofleiding	35
5.6.3	Catastrofaal falen vaten	36
5.6.4	Lekkages en 10 minuten uitstroming vaten	36
5.6.5	Catastrofaal falen overige procesapparaten	36
5.7	Effectafstanden	36
5.7.1	Gaswolk brand	36
5.7.2	Toortsbrand	37
5.7.3	Toxische damp dispersie	37
5.7.4	Plasbrand	37
5.8	Modellering van schade	38
5.8.1	Blootstelling van personen aan brandstraling	38
5.8.2	Blootstelling van procesapparaten aan brandstraling	38
5.8.3	Blootstelling van personen aan een wolkbrand	39
5.8.4	Blootstelling van personen aan toxische stoffen	39
5.8.5	Blootstelling van personen aan stoom	39
5.8.6	Blootstelling van personen aan overdrukken t.g.v. dampwolkexplosie	42
5.8.7	Blootstelling van procesapparaten aan overdrukken t.g.v. dampwolkexplosie	42
5.9	Omgevingsfactoren	42
5.9.1	Weertypen	42
5.9.2	Omgeving	43
6.0	RISICOANALYSE	45
6.1	Plaatsgebonden Risico Puttenlocaties	45
6.2	Plaatsgebonden Risico infield transportleidingen	48
6.3	Plaatsgebonden Risico oliebehandelingslocatie	53
6.3.1	Oliebehandelingsinstallatie	53
6.3.2	Warmtekrachtcentrale	55
6.3.3	Oliebehandelingslocatie	55
6.4	Plaatsgebonden Risico olie-exportleiding	56
6.5	waterinjectieleiding	58
6.6	waterinjectielocaties	58
7.0	Conclusies en aanbevelingen	60
7.1	Puttenlocaties	60
7.2	Infield transportleidingen	60



7.3	Oliebehandelingslocatie	61
7.4	Olie-exportleiding	61
7.5	Waterinjectieleiding en -locaties	61
8.0	Definities en afkortingen	62
8.1	Afkortingen	62
8.2	Definities	63
9.0	Referentielijst	65
 Bijlage I: Gebeurtenissenboom		
Bijlage II: What-if analyse resultaten		
Bijlage III: Effect/kansberekeningsresultaten		
Bijlage IV: Back-pressure valve waterinjectieputten		



2.0 INLEIDING

2.1 DOEL

Het doel van deze studie is om de restrisico's, de risico's die resteren na implementatie van risicoreducerende maatregelen, voor de omgeving ten gevolge van de herontwikkeling van het Schoonebeek olieveld te bepalen en te beoordelen of deze restrisico's tot een tolerabel niveau gereduceerd zijn.

De risicoanalyse uitgevoerd in overeenstemming met de momenteel door de Nederlandse overheid gehanteerde richtlijnen voor het uitvoeren van kwantitatieve risicoanalyses [iii].

Het risico niveau wordt geacht ALARP (As Low As Reasonably Practicable) te zijn wanneer, na objectieve analyse en evaluatie van het risico, wordt beoordeeld dat de tijd, moeite, en kosten voor verdergaande risico reductie niet meer in verhouding staan tot de risicoreductie die daarmee bereikt zou kunnen worden. ALARP is geen statisch begrip. Door nieuwe inzichten en technieken als gevolg van voortschrijdend inzicht kunnen risico reducties die vandaag als onpraktisch beoordeeld worden in de toekomst haalbaar blijken. De ALARP demonstratie dient dan ook op basis van periodieke (her)evaluatie bevestigd te worden.

Wetgeving en het NAM veiligheidsbeleid verplichten NAM de installatie met minimale risico's voor de werknemers te ontwerpen, construeren en opereren. De kwantitatieve risicoanalyse is de schakel tussen de incidenten die op de locatie voor kunnen komen, de frequentie waarmee deze incidenten kunnen optreden en de mogelijke gevolgen van deze incidenten.

Deze QRA is uitgevoerd voor een "worst-case" puttenlocatie (Schoonebeek-1500), , de (infield) transportleidingen voor olie/water, casing dampen en stoom, de centrale OBI en de olie-exportleiding.

In dit rapport worden de volgende grootheden berekend:

- Omvang van gaswolken en de gaswolkfrequenties;
- Brand effectafstanden en brandfrequenties;
- Brandrisico's;
- Toxische effectafstanden en de toxische wolk frequenties ;
- Toxische risico's;
- Plaatsgebonden Risico aangegeven op een plattegrondtekening van de locatie en de omgeving van de locatie;

Opgemerkt dient te worden dat het Individuele Risico van een individuele werknemer in b.v. productie-, onderhouds-, of well-services dienst, t.g.v. werkzaamheden op de nieuwe Schoonebeek locaties, tijdens deze risicoanalyse niet is bepaald.



2.2 TOETSINGSKADER

In Nederland is in 2004 het Besluit externe veiligheid inrichtingen (BEVI) [i] en de Circulaire Risiconormering Vervoer Gevaarlijke Stoffen [ii] in werking getreden. Hiermee zijn de risiconormen voor externe veiligheid met betrekking tot bedrijven (stationaire inrichtingen) met gevaarlijke stoffen en het transport ervan vastgelegd. Het besluit en de circulaire hebben als doel zowel individuele als groepen burgers een minimum beschermingsniveau te bieden te garanderen tegen een ongeval met gevaarlijke stoffen. Om dit doel te bereiken verplicht het besluit de bevoegde gezagen Wet milieubeheer (Wm) en Wet op de ruimtelijke ordening (WRO) – in deze de gemeenten en provincies – afstand te houden tussen gevoelige objecten en risicovolle bedrijven/transportroutes. Tevens beperkt het besluit het totale aantal aanwezige personen in de directe omgeving van een risicovol bedrijf en/of transportroute.

In het BEVI en de circulaire wordt onderscheid gemaakt tussen het Plaatsgebonden Risico (PR) en het Groepsrisico (GR). Voor het Plaatsgebonden Risico zijn grens- en richtwaarden¹ vastgelegd voor respectievelijk kwetsbare- en beperkt kwetsbare objecten. Ook dient rekening te worden gehouden met de nog niet bestaande objecten die in het geldende bestemmingsplan zijn opgenomen, zogenaamde geprojecteerde (beperkt) kwetsbare objecten. Voorbeelden van kwetsbare objecten zijn woningen, gebouwen bestemd voor het verblijf van minderjarigen, ouderen, zieken of gehandicapten en gebouwen en terreinen waar doorgaans grote aantallen personen gedurende een groot gedeelte van de dag aanwezig zijn. Enkele voorbeelden van beperkt kwetsbare objecten zijn verspreid liggende woningen, dienst- en bedrijfswoningen, (kleine) hotels, winkels en sport-, kampeer- en recreatieterreinen.. De exacte indeling is te vinden in paragraaf 8.2.

De van toepassing zijnde grens- en richtwaarden² voor nieuwe situaties zijn weergegeven in Tabel 2-1.

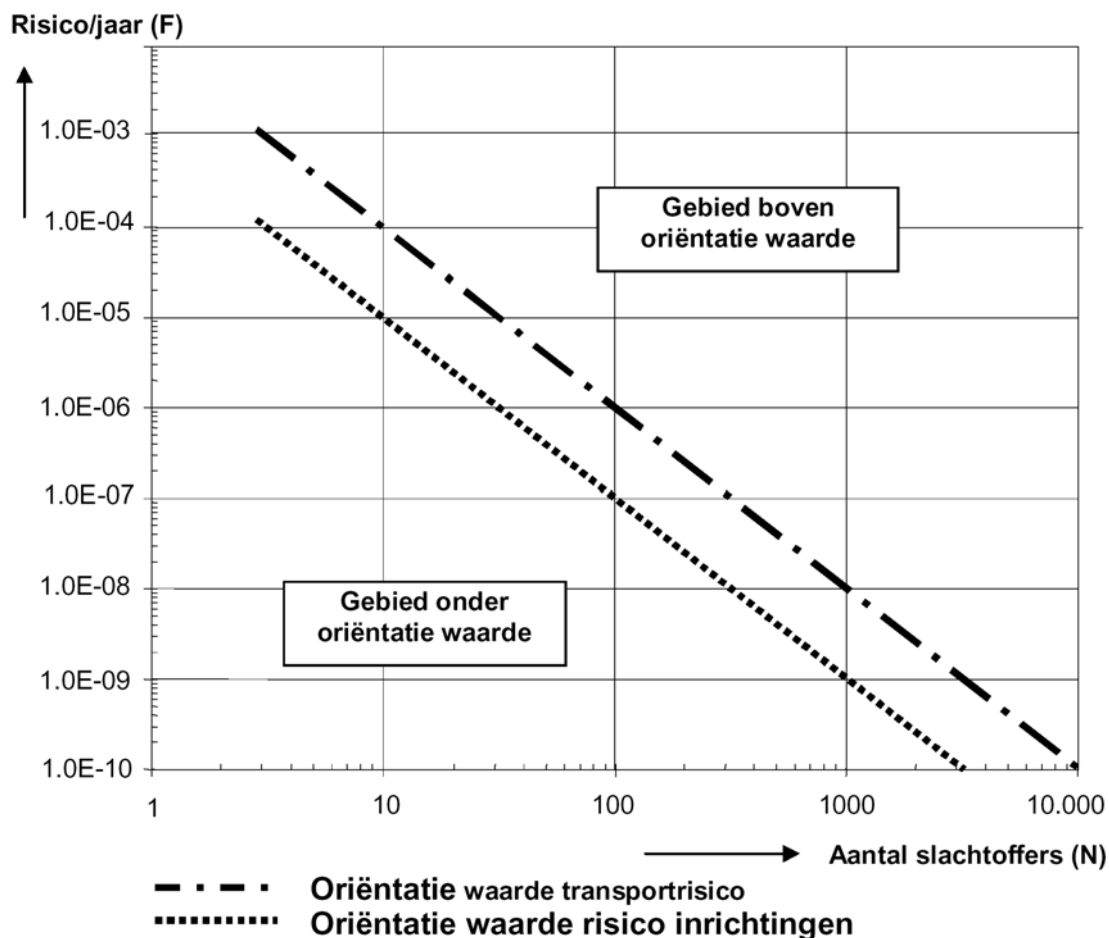
Tabel 2-1: Risiconormering

	Object	Norm
Transportleidingen	Kwetsbaar ²	Grenswaarde PR 10^{-6} /jaar
	Beperkt kwetsbaar ²	Richtwaarde PR 10^{-6} /jaar
Locaties	Kwetsbaar	Grenswaarde PR 10^{-6} /jaar
	Beperkt kwetsbaar	Grenswaarde PR 10^{-6} /jaar

Voor het groepsrisico is geen harde norm vastgelegd. Het groepsrisico wordt getoetst aan oriëntatiewaarden en er geldt een verantwoordingsplicht [i en ii]. De voor het groepsrisico van toepassing zijnde een oriënterende waarden zijn weergegeven in Figuur 2-1. Één waarde voor inrichtingen en één waarde voor transportrisico's. Ogenscheinlijk lijkt de oriënterende waarde voor transportinrichtingen ruimer. Het verschil wordt veroorzaakt door het feit dat het transportrisico per strekkende kilometer is gedefinieerd.

¹ Zie sectie 8.2 voor de definities van grens-, richt en oriëntatiewaarde.

² Zie sectie 8.2 voor de definities van grens- en richtwaarde.



Figuur 2-1: Ligging oriënterende waarde groepsrisico [i en ii]

Momenteel is het BEVI formeel niet van toepassing op mijnbouwactiviteiten zoals aardgaswinning, omdat mijnbouwlocaties niet opgenomen zijn in artikel 2 (1e lid) van het BEVI. Echter artikel 2 lid d van het BEVI geeft de Minister de mogelijkheid om categorieën van inrichtingen aan te wijzen die ook onder het BEVI vallen. Er loopt momenteel bij VROM een onderzoek om deze regel in te vullen. Mogelijk worden dan ook de mijnbouwinstallaties aangewezen. Zo worden mijnbouwinstallaties wel expliciet genoemd in het wetsvoorstel 'Registratiebesluit externe veiligheid' [vii en viii].

De informatie en resultaten uit deze risicoanalyse kan, als onderdeel van de milieuvergunning, door het bevoegd gezag gebruikt worden om de milieuvergunningaanvraag te beoordelen en het RIVM van externe veiligheidsgegevens te voorzien.



3.0 PROCESBESCHRIJVING

Het project 'Herontwikkeling olieveld Schoonebeek' heeft een doorstart van de winning van aardolie in de regio Schoonebeek tot doel. Een combinatie van energiepolitieke, (bedrijfs)economische en technische factoren maken de herontwikkeling van het olieveld mogelijk.

Gedurende de winningsfase is het project onder te verdelen in 6 hoofdactiviteiten:

1. Oliewinning
2. Stoomgeneratie
3. Transport van olie/water, casing dampen en stoom
4. Oliebehandeling
5. Waterinjectie
6. Afvoer van olie

Voor een meer gedetailleerde procesbeschrijving wordt verwezen naar het MER [ix] en de Basis for Design [x].

3.1 OLIEWINNING

De winning van olie zal zich in eerste instantie concentreren op het westelijk deel van het olieveld Schoonebeek, de zogeheten 'Solution Gas Drive Area (SGDA)', op een diepte van circa 670 tot 900 meter. Dit deel van het olieveld Schoonebeek onderscheidt zich qua eigenschappen van het andere deel van het olieveld Schoonebeek en is geschikt voor het toepassen van de voorgenomen oliewinningstechnieken. Het voornemen is om met ca. 44 productieputten vanaf 19 locaties olie te winnen. De oliewinning zal circa 3.200 m³/dag bedragen. Bij de oliewinning komt ca. 13.000 m³/dag water vrij.

Het voorkeursalternatief voor de te gebruiken olieproductiepomp is de verticale hef pomp (zgn. Rotaflex) met een maximale capaciteit van 400 m³/dag en een hoogte van ca. 15 meter. Op een aantal locaties gelegen aan de rand van het veld zullen Progressive Cavity Pumps (PCP's) worden geplaatst met een maximale capaciteit van 800 m³/dag. Per locatie zijn er maximaal 5 olieproductiepompen (waaronder maximaal één PCP) geïnstalleerd.

Bij de winning van de olie, zal er via de casing van de putten tevens geringe hoeveelheden casing dampen vrijkomen. Dit gas heeft een druk van circa 3 bar en kan maximaal 1000 ppm H₂S bevatten.

De geproduceerde olie/water stromen, evenals de vrijgekomen casing dampen, worden per pijpleiding naar de centrale OBI getransporteerd.



Locatie van terugslagkleppen [x]

Er is door NAM aangegeven dat er drie mogelijkheden zijn om terugslagkleppen in de olie- en casing damp leidingen te plaatsen, namelijk:

- Base case waarbij er uitsluitend een terugslagklep in de uitlaat van de verticale hefpomp geplaatst is;
- Optie 1 waarbij er tevens een terugslagklep in de plant uitlaat (voor de plant Battery Limit (BL) afsluiter) geplaatst is voor zowel de olie/water als Casing Vapour Return leiding;
- Optie 2 waarbij in additie tot de onder optie 1 beschreven terugslagkleppen er tevens een terugslagklep na de test separator geplaatst is.

De risico's behorende bij de drie opties zijn berekend in deze QRA.

3.2 STOOMGENERATIE

Bij hernieuwde oliewinning uit het olieveld Schoonebeek zal stoom van ca. 300°C in de oliehoudende laag worden geïnjecteerd. De stoom zal de stroperige olie vloeibaar maken, waardoor deze gemakkelijker kan worden geproduceerd en getransporteerd. De benodigde hoeveelheid stoom (ca. 6000 – 9000 m³/dag) zal worden opgewekt op de oliebehandelingslocatie in een warmtekrachtcentrale (WKC) gelegen naast de oliebehandelingsinstallatie (zie § 3.4). Behalve stoom zal de in de WKC tevens elektriciteit worden opgewekt.

3.3 TRANSPORT VAN OLIE/WATER, CASING DAMPEN EN STOOM

De geproduceerde olie/water stromen en casing dampen worden via een infield leidingen netwerk verzameld en naar de OBI getransporteerd. De benodigde stoom wordt via dit zelfde leidingtracee van de WKC naar de injectieputten gedistribueerd.

Voor de aanleg van het leidingennetwerk zijn door NAM de volgende alternatieven voorgesteld [xi]:

- Bovengronds, leidingen niet gelegen in een leidingenstraat;
- Bovengronds, leidingen gelegen in een leidingenstraat;
- Bovengronds, leidingen gelegen in een leidingenstraat die aan weerszijden voorzien is van aarden wallen, dan wel andere vloeistofuitstroming beperkende maatregelen.

De risico's behorende bij de drie opties zijn berekend in deze QRA.

De oorspronkelijk voorgestelde opties om de leidingen ondergronds, dan wel in een overkapte bak aan te leggen zijn om economische en/of veiligheidstechnische redenen verworpen.



3.4 OLIEBEHANDELINGSINSTALLATIE

Op de OBI wordt de olie van het mee geproduceerde water gescheiden. De olie/water stroom passeert eerst warmtewisselaar E-1002, waar de vloeistroom (indien nodig) wordt gekoeld tot de gewenste procestemperatuur van ca. 80°C, en vervolgens een 3-fasescheidingsvat V-1001. De casing dampstroom wordt in 3-fase scheidingsvat V-5001 ontdaan van vrije vloeistof.

De in V-1001 en V-5001 afgescheiden olie passeert vervolgens warmtewisselaar E-1001, dehydratietank T-1001 en tenslotte calciumwastank T-1002, waar de olie op exportspecificatie wordt gebracht. De behandelde olie wordt per pijpleiding verpompt naar de raffinaderij in Lingen (Duitsland).

Het in V-1002/5001 en T-1001/1002 afgescheiden water wordt in skimtank T-1201 van overtollige olie ontdaan, en van hieruit verpompt naar een aantal locaties waar het water in de diepere ondergrond wordt geïnjecteerd.

De bij de oliebehandeling vrijkomende atmosferische dampen worden verzameld en eerst gecomprimeerd, waarna dit gas wordt samengevoegd met het gas afkomstig uit V-1001 en V-5001. Aan deze (natte) H₂S houdende gasstroom wordt eerst een H₂S-binder toegevoegd, waarna het gas in K.O drum V-2005 wordt ontdaan van vrije vloeistof en gebonden H₂S. Hierna wordt het gas naar de WKC getransporteerd, waar het als brandstof wordt gebruikt bij de opwekking van stoom. Bij uitval van de compressor kan deze gasstroom in de grondfakkels worden verbrand. Ook bij (ongepande) uitval van de WKC kan de totale OBI gasstroom via de grondfakkels worden verbrand.

Bij het olie/water scheidingsproces wordt onder andere gebruikgemaakt van een de-emulsifier op basis van Methanol.

3.5 AFVOER VAN OLIE

Afvoer van de ruwe olie zal plaatsvinden middels een ondergrondse DN 200 pijpleiding naar de raffinaderij in Lingen (Duitsland).

De leiding is voorzien van een ragerlanceer/ontvangstinstallatie. Bij normale productie en operatie kan het noodzakelijk zijn om (periodiek) te ragen. Verder zal er éénmalig bij ingebruikname van de leiding worden geraagd.

3.6 WATERINJECTIE

Bij het winnings- en behandelingsproces van olie komt water mee. Voornemen is om het totaal van de waterstromen te (her)injecteren in de diepe ondergrond. De injectie zal als volgt worden gefaseerd: Rossum-Weerselo en Tubbergen-Mander (Fase 1) en Tubbergen (Fase 2, vanaf 2015).



Vanuit de OBI skimtank T-1201 wordt het water via een nieuw aan te leggen 17 km lange 14" GRE waterinjectie leiding verpompt naar locatie De Hulte, waar wordt ingetakt op de bestaande 18" CS Twente trunkleiding, vanwaar verdere distributie plaatsvindt naar de waterinjectie locaties. Op de injectielocaties wordt het water door middel van een injectiepomp in de put gepompt. Per locatie zijn er maximaal drie geschikte waterinjectie putten. De bestaande gas faciliteiten zullen voor aanvang van de waterinjectie worden afgekoppeld en veiliggesteld; in een later stadium zullen deze faciliteiten worden geabandonneerd.

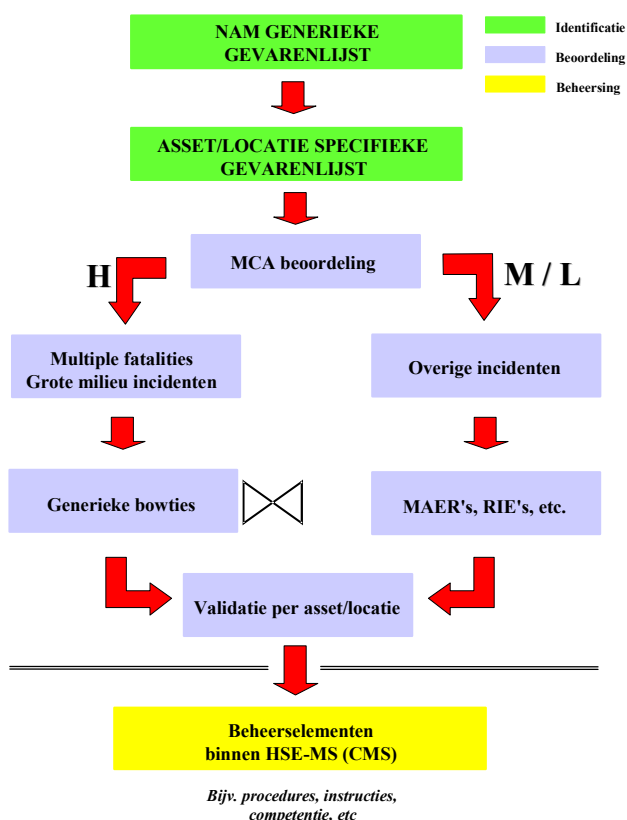


4.0 GEVARENANALYSE PROCES

De eisen die worden gesteld aan de beheersing zijn groter, naarmate het potentieel gevaar kan leiden tot grotere consequenties. Binnen NAM wordt ervoor gekozen om ook de wijze waarop deze beheersing wordt gedemonstreerd afhankelijk te laten zijn van het potentiële gevolg van vrijkomen van het gevaar.

4.1 STAPPEN BINNEN HET GEVARENANALYSE PROCES

Het gevaren analyse proces is in Figuur 4-1 schematisch weergegeven. Bij deze gevaren analyse worden een aantal stappen onderscheiden die hierna worden beschreven.



Figuur 4-1: Gevaren analyse proces

4.2 GEVAREN IDENTIFICATIE

De gevaren identificatie vindt plaats aan de hand van een gevarenchecklist. Op basis van de SIEP generieke gevarenlijst is een NAM gevarenlijst samengesteld. De relevante gevaren werden tijdens de HAZID [xii] geïdentificeerd. Naast deze HAZID zijn er verschillende “what-if” analyses uitgevoerd. De resultaten van deze analyses zijn opgenomen in bijlage II en de relevante gevaren zijn op de gevarenlijst (Tabel 4-1) aangevinkt.



Tabel 4-1: Gevarenlijst Schoonebeek herontwikkeling

G-01	Koolwaterstoffen (gas, olie en/of aardgascondensaat)		G-11	Mechanische factoren	
G-01.01	Koolwaterstoffen in proces installatie	✓	G-11.01	Materieel met bewegende en roterende delen	✓
G-01.02	Koolwaterstoffen in putten en X-mas trees	✓	G-11.02	Handgereedschappen	✓
G-01.03	Koolwaterstoffen in opslagsystemen	✓	G-11.03	Hijzen en heffen	✓
G-01.04	Koolwaterstoffen in transportleidingen	✓1)	G-11.04	Materieel onder geïnduceerde spanning (trek, druk, veer)	✓
G-02	Brandbare stoffen (omvangrijke hoeveelheden)		G-12	Fysische factoren	
G-02.01	Pyrofoor materiaal (FeS, black dust)	✓	G-12.01	Geluid	✓
G-02.02	Dieselolie	✓	G-12.02	Lichaamstrillingen	✓
G-02.03	Methanol (als drager voor de-emulsifier)	✓	G-12.03	Hand-armtrillingen	✓
G-02.04	Glycol (MEG, DEG, TEG)	-	G-12.04	Hitte belasting/aanraking	✓
G-02.05	Corrosie inhibitor	✓	G-12.05	Koude belasting/aanraking	-
G-02.06	Thermische olie	-	G-12.06	Weersomstandigheden	✓
G-02.07	Smeer- en sealolie	✓	G-12.07	Elektriciteit (LV, 50V-1000V)	✓
G-02.08	Vaste brandbare materialen	✓	G-12.08	Elektriciteit (HV, > 1000V)	✓
G-03	Explosieven		G-12.09	Ioniserende straling (open bronnen), LSA	-
G-03.01	Seismische ladingen	-	G-12.10	Ioniserende straling (gesloten bronnen)	✓
G-03.02	Explosieven	✓2)	G-12.11	Optische straling	✓
G-04	Hoge druk		G-12.12	Elektromagnetische straling	✓
G-04.01	Gasflessen	✓	G-13	Ergonomische factoren	
G-04.02	Luchtsystemen	✓	G-13.01	Slecht toegankelijk equipment en/of werkplek	✓
G-04.03	Watersystemen	✓	G-13.02	Werken met beeldschermen	✓
G-04.04	Inerte gassen (purgings, lektesten)	✓	G-13.03	Handmatig verplaatsen van materialen	✓
G-04.05	Slangen en koppelingen	✓	G-13.04	Onvoldoende afstemming van functie-inhoud en werkdruk	✓
G-04.06	Stoom	✓	G-13.05	Binnenklimaat	✓
G-05	Constructies / bouwwerken op hoogte		G-14	Psychologische factoren	
G-05.01	Permanente voorzieningen (bordessen)	✓	G-14.01	Lange of onregelmatige werkuren, roosters, ploegdienst	✓
G-05.02	Tijdelijke voorzieningen (steigers)	✓	G-14.02	Werkstress	✓
G-06	Transport		G-14.03	Post traumatische stress	✓
G-06.01	Land transport	✓3)	G-15	Biologische factoren	
G-06.02	Water transport	-	G-15.01	Bloedgebonden infecties	-
G-06.03	Lucht transport	-	G-15.02	Bacteriële vergiftiging van voedsel en drinkwater	✓
G-07	Externe invloeden (met name gericht op integriteit)		G-15.03	Ziekte dragende insecten	-
G-07.01	Extremes weersomstandigheden	-	G-15.04	Legionella	✓
G-07.02	Overstroming	-	G-15.05	Bacteriën en schimmels	✓
G-07.03	Vaartuigen van derden	-	G-16	Leefstijl factoren	
G-08	Milieu aspecten		G-16.01	Roken	✓
G-08.01	Ruimtebeslag	✓	G-16.02	Alcohol- en drugsgebruik	✓
G-08.02	Grond-, hulpstoffen, materialen gebruik	✓	G-16.03	Fysieke geschiktheid	✓
G-08.03	Waterverbruik	✓	G-17	Gevaarlijke stoffen (conform EEG) met name gericht op aanraking door werknemers	
G-08.04	Energieverbruik	✓	G-17.01	Ontpofbaar	✓
G-08.05	Productwinning	✓	G-17.02	Oxiderend	✓
G-08.06	Gasvormige emissies	✓	G-17.03	Zeer licht ontvlambaar	✓
G-08.07	Vloeistofstromen naar water	✓	G-17.04	Licht ontvlambaar	✓
G-08.08	Vloeistofstromen naar bodem	✓	G-17.05	Ontvlambaar	✓
G-08.09	Stoffen naar diepe ondergrond	✓	G-17.06	Zeer giftig o.a. H ₂ S	✓
G-08.10	Afvalstoffen	✓	G-17.07	Vergiftig	✓
G-08.11	Geluid en trillingen	✓	G-17.08	Schadelijk	✓
G-08.12	Geur	✓	G-17.09	Bijtend	✓
G-08.13	Licht	✓	G-17.10	Irriterend	✓
G-08.14	Verstoring van bodem en ondergrond	✓	G-17.11	Sensibiliserend	-
G-08.15	Straling	✓	G-17.12	Kankerverwekkend	✓
G-08.16	Stof	✓	G-17.13	Mutageen	✓
G-09	Hoogteverschillen		G-17.14	Voor de voortplanting giftig	✓
G-09.01	Werken op hoogte (>2,5 mtr)	✓	G-17.15	Milieugevaarlijk	✓
G-09.02	Werken in kuilen en sleuven	✓			
G-09.03	Werken onder water	-			
G-10	Verstikkende omgeving				
G-10.01	Werken in besloten ruimten	✓			
G-10.02	Zuurstof verdringende blussystemen	-			
G-10.02	Zuurstof verdringing door stoom	✓			

1. Zie ook VGM document VGM document Asset Land Pijpleidingen
2. Zie ook VGM document Well Engineering
3. Zie ook VGM document Transport



4.3 GIEGEL

In de gevaren inventarisatie en gevolg evaluatie lijst (GIEGEL) zijn per gevaar de bronnen, gevaarlijke gebeurtenis, scenario en gevolgen vermeld. Op basis van het Maximum Credible Accident scenario (MCA) is het potentieel effect aangegeven. Dit kan zijn Hoog, Aanzienlijk of Laag. De beoordeling heeft plaats gevonden tijdens de HAZID [xii] in multidisciplinair teamverband, waarin naast vertegenwoordigers van operaties tevens veiligheids- en milieuspecialisten zitting hadden. Hoog betekent dat een incident scenario (min of meer direct) kan leiden tot meerdere (>3) dodelijke slachtoffers of tot grote milieu schade. De GIEGEL is weergegeven bijlage 1 van de HAZID en geeft een compleet overzicht van gevaren, risico's, consequenties en beheersmaatregelen voor de diverse barrières relevant voor de operaties en installaties.

Voor deze risicoanalyse, waarbij de externe veiligheidsrisico's gekwantificeerde worden, zijn uitsluitend de gevaarscategorieën Koolwaterstoffen in de procesinstallatie (G-01), Koolwaterstoffen in putten (G-02), Zuurstofverdringing door stoom (G-10.02)³ van belang. Deze zijn in de HAZID aangegeven als gevaren met een potentieel "Hoog" effect.

4.4 BEHEERSING VAN DE GEVAREN

Indien de effect categorie als "Hoog" geclassificeerd is, is de beheersing verder uitgewerkt in een bow-tie en de referentie naar de van toepassing zijnde bow-tie is dan in de gevaarlijst opgenomen. Voor de overige gevaren wordt de beheersing beschreven in MAER's⁴, RIE⁵ register bladen en dergelijke. De beheersing van deze gevaren stoelt op jarenlange NAM en industrie ervaring en wordt continu verbeterd door middel van bestaande feedbackloops (incidentenonderzoek, audits/reviews, verificaties, etc). Daarmee is aannemelijk dat alle vereiste beheersmaatregelen voor deze gevaren aanwezig zijn en het risico niveau ALARP is.

4.5 BOW-TIE MODEL

Het bow-tie model (vlinderdas model) is een model waarmee de gevaren analyse kan worden uitgevoerd en waarin de beheersing van die gevaren schematisch weergegeven kan worden.

Er zijn in principe twee soorten beheersmaatregelen, die beiden en in combinatie worden gebruikt:

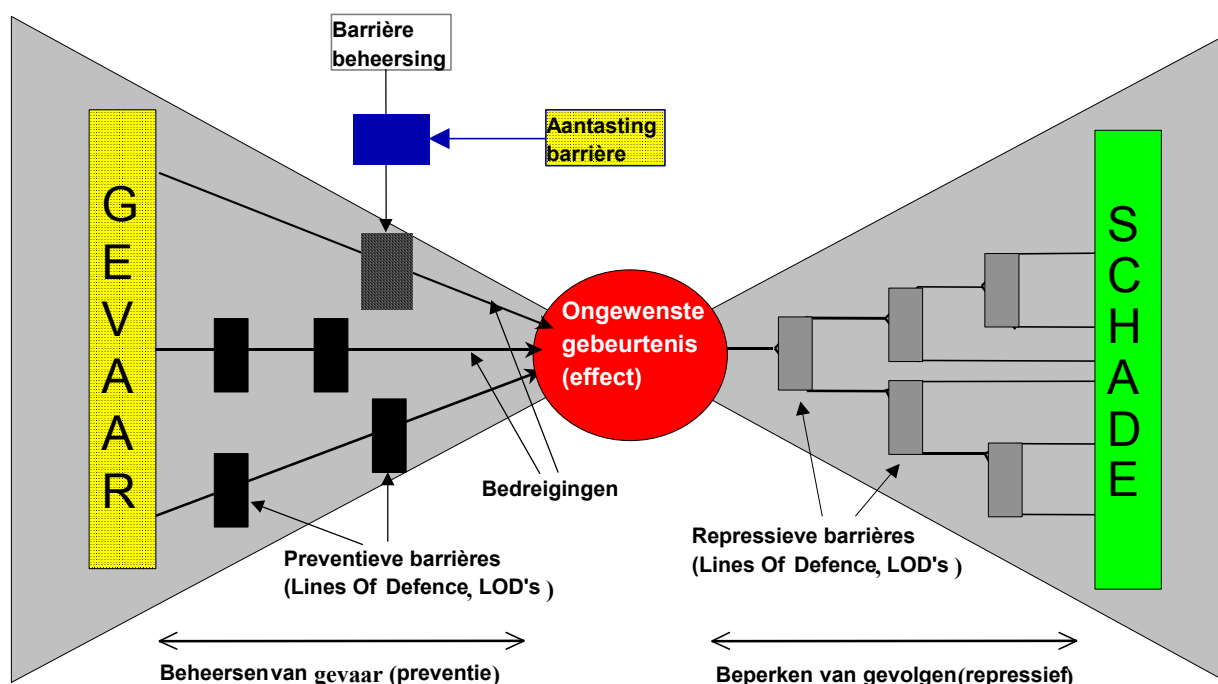
- Beheersmaatregelen die voorkomen dat een gevaar vrijkomt, de zogenaamde barrières. Deze beheersmaatregelen verdienen de voorkeur (preventie beleid).
- Beheersmaatregelen die de gevolgen (schade) beperken indien het gevaar onverhoopt toch nog vrij komt, de zogenaamde mitigerende maatregelen.

Een grafische weergave van het bow-tie model is gegeven in Figuur 4-2.

³ De zuurstofverdringende effecten van stoom zijn niet tijdens de HAZID doch gedurende het Schoonebeek herontwikkelingsproject geïdentificeerd.

⁴ MAER: Milieu Aspecten en Effecten Register; een binnen het ISO gecertificeerde Milieu Zorg Systeem opgenomen registerblad, waarin voor het betrokken milieu aspect de beheersing wordt aangegeven.

⁵ RIE: Risico Inventarisatie en Evaluatie; een registerblad waarin voor het betrokken gevaar de beheersing ervan wordt aangegeven.



Figuur 4-2: Bow-tie model

In het bow-tie model worden, uitgaande van een bepaald gevaar, de van toepassing zijnde bedreigingen weergegeven. Per bedreiging wordt aangegeven, welke barrières er zijn tussen het gevaar en de schade die het gevaar kan veroorzaken. In de bow-tie tabel wordt naast de barrières eveneens aangegeven hoe de integriteit van de barrière wordt beheerst. De mate van beheersing van barrières en hun aantasting kan pro-actief bepaald worden met een Tripod Delta studie en, na een incident, door het uitvoeren van een Tripod Beta studie. De resultaten van deze Tripod studies geven inzicht in de factoren (Basis Risico Factoren) die de integriteit van barrières kunnen aantasten en latent aanwezig zijn binnen de organisatie.

Voor de geïdentificeerde "Hoog" effect categorieën gevaren wordt risico reductie tot ALARP niveau mede aangetoond door deze gevaren te analyseren, gebruikmakend van de bow-ties.

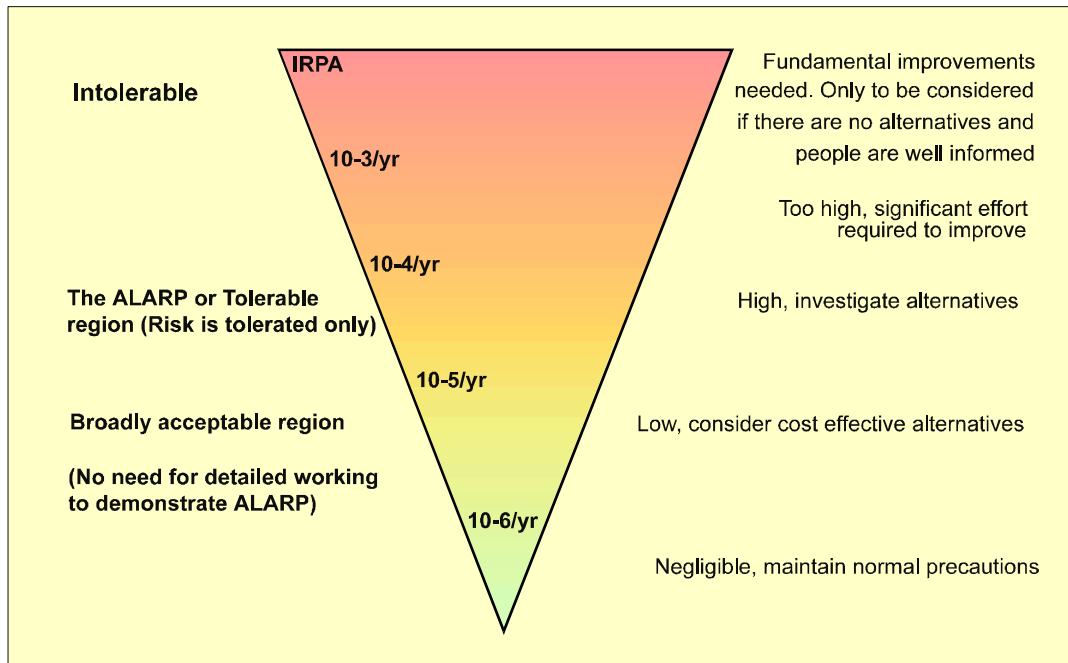
4.6 ALARP BEOORDELING

Eén van de ALARP demonstratie hoofdelementen in het VGM-document is: de kwalitatieve of kwantitatieve beoordeling van de risico's voor zowel het individu of de groep op locatie als ook voor de omgeving. De risico's voor werknemers en de omgeving worden daarbij getoetst aan acceptatiecriteria.



De restrisico's worden tolerabel geacht als deze voldoen aan de volgende criteria:

- Het individuele risico voor werknemers is getoetst conform onderstaand schema:



Figuur 4-3: ALARP

- Het Plaatsgebonden Risico (met name de 10⁻⁶ per jaar Plaatsgebonden Risico cotour) is bepaald volgens de door de autoriteiten voorgeschreven methode en met de betrokken autoriteiten gecommuniceerd.
- Alle milieumaatregelen < € 15 per Environmental Impact Unit (EIU) zijn geïmplementeerd⁶.

⁶ De toetsing van milieumaatregelen aan de NAM acceptatiecriteria valt buiten de doelstelling van deze risico-analyse.



5.0 UITGANGSPUNTEN KWANTITATIEVE RISICOANALYSE

5.1 ALGEMENE UITGANGSPUNTEN

De effect- of risicoberekeningen zijn uitgevoerd met de computerprogramma's FRED V4.0 [v] en Shepherd V1.1 [vi], beide van Shell Global Solutions. Beide pakketen zijn in 2001 door het RIVM onderzocht als onderdeel van de Bechmark studie naar de verschillende door de overheid geaccepteerde risico-analyse modellen [xiii].

De incidentscenario's zijn grotendeels gebaseerd op de 'Guidelines for Quantitative Risk Assessment, CPR18E [iii], ook wel het "Paarse Boek" genoemd. Het Paarse Boek beoogt standaardisatie voor de berekeningsmethode in risicoanalyses.

Daar waar noodzakelijk voor een realistische bepaling van de risico's is op basis van argumenten afgeweken van de standaard methoden/waarden van het Paarse Boek en wel om de volgende redenen⁷:

- De faaldata in het Paarse Boek zijn generiek en daarom niet specifiek voor olie productie installaties wat kan leiden tot een over- dan wel onderschatting van de werkelijke risico's;
- De faalgegevens in het Paarse Boek zijn onvoldoende gevalideerd. Dit is af te leiden uit het feit dat in het Paarse Boek deel 1 voorwoord en paragraaf 3.A.2.1 geconstateerd wordt dat een aantal review studies erop duiden dat de in het Paarse Boek voorgestelde waarden voor een aantal systemen een andere waarde oplevert dan deze review studies. Een validatie-onderzoek naar de Paarse Boek faalgegevens als mede hun toepassingsmogelijkheden in de huidige praktijk, wordt door de auteurs van het deel 1 van Paarse Boek (RIVM) binnen afzienbare tijd voorzien. Dit onderzoek is echter nog niet beschikbaar.
- In de Nota van Toelichting bij het Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen [ij] is aan gegeven dat de handleiding voor de berekening van risico's (het Paarse Boek) zal worden herzien;
- In NEN 3650 [xix], is aangegeven dat er nog overleg gaande is tussen leidingbeheerders en de overheid. De resultaten van het overleg zullen wellicht in een herziening van het Paarse Boek worden opgenomen.

⁷ In deel 1 hoofdstuk 8 van het "Paarse Boek" staat: "hoewel een aantal berekeningsmethoden wordt aanbevolen, kunnen meer geschikte modellen gebruikt worden indien deze beschikbaar zijn.(.....) De gebruiker moet, in geval van toepassing van nieuwe modellen, dan ook bij het bevoegd gezag kunnen aantonen dat de modellen wetenschappelijk betrouwbaar zijn."



5.2 GENERIEKE GEBEURTENISSENBOOM

Voor het uitvoeren van de risicoanalyse is gebruikgemaakt van de in Shepherd geïmplementeerde generieke gebeurtenissenboom. Deze gebeurtenissenboom is opgenomen in bijlage I. In deze gebeurtenissenboom zijn naast de initiële gebeurtenis en de gevolgen daarvan ook de aanwezige preventieve en repressieve barrières (ook wel Lines Of Defence genoemd) opgenomen. Verder kunnen ook escalatie gebeurtenissen in Shepherd worden beschouwd. De gehanteerde gebeurtenissenboom is derhalve zowel conservatiever als realistischer dan de in Richtlijn Informatie-eisen BRZO (RIB), CPR20 [xiv] gehanteerde gebeurtenissenboom.

5.3 INITIËLE FAALSCENARIO'S

Voor de procesinstallaties en de pijpleidingen initiële faalscenario's bepaald. Deze initiële faalscenario's zijn per type apparatuur identiek en komen overeen met de in het "Paarse Boek" [iii] beschreven initiële faalscenario's.

Omdat voor olieproductie- en stoominjectieputten in het Paarse Boek geen scenario's opgenomen zijn, zijn deze overgenomen uit de door NAM gehanteerde methodologie voor kwantitatieve risicoanalyses voor onshore gasbehandelingsinstallaties [xv].

Voor de olieproductieputten zijn de volgende scenario's gedefinieerd:

- Tubing blow-out (verticaal) tijdens productie en geplande well interventies (wireline en coiled tubing activiteiten). Het gehanteerde worst case scenario is: tubing blow out van een free flowing olieput voorzien van een down hole safety valve^{8[xvi]}.
- Putlekkage uit een gat met een equivalente diameter van 10% van de tubing met een maximum van 50 mm.

Voor de stoominjectie putten zijn de volgende scenario's gedefinieerd:

- Tubing blow-out (verticaal) tijdens injectie en geplande well interventies. Het gehanteerde scenario is: tubing blow out van een stoominjectieput voorzien van een down hole safety valve.
- Putlekkage uit een gat met een equivalente diameter van 10% van de tubing met een maximum van 50 mm.

Voor procesvaten en tanks zijn de volgende faalscenario's gedefinieerd:

- Catastrofaal instantaan falen;
- Uitstroming uit een gat met een equivalente diameter zodanig dat de volledige inhoud in 10 minuten vrijkomt;
- Uitstroming uit een gat met een effectieve diameter van 10 mm.

Voor procesleidingen zijn de volgende faalscenario's gedefinieerd:

- Volledige breuk van de leiding met uitstroming van beide kanten van de breuk;
- Lekkage uit een gat met een equivalente diameter van 10% van de leidingdiameter met een maximum van 50 mm.

⁸ Opgemerkt dient te worden dat een olieput blow-out uitsluitend kan plaatsvinden als de put "free flowing" is. De verwachting is dat dit pas aan het einde van de levensduur van het olieveld mogelijk zou kunnen zijn. Zolang de put niet "free flowing" is een blow-out niet mogelijk en zal de put niet voorzien zijn van een "down hole safety valve".



Voor transportleidingen zijn de volgende faalscenario's gedefinieerd:

- Volledige breuk van de leiding met uitstroming van beide kanten van de breuk;
- Lekkage uit een gat met een equivalente diameter van 20 mm.

Voor pompen zijn de volgende faalscenario's gedefinieerd:

- Volledige breuk van de grootste aansluiting;
- Lekkage uit een gat met een equivalente diameter van 10% van de leidingdiameter van de grootste aansluiting met een maximum van 50 mm.

Voor warmtewisselaars zijn de volgende faalscenario's gedefinieerd:

- Catastrofaal instantaan falen;
- Uitstroming uit een gat met een equivalente diameter zodanig dat de volledige inhoud in 10 minuten vrijkomt;
- Uitstroming uit een gat met een effectieve diameter van 10 mm.
- Volledige breuk van 10 pijpen;
- Volledige breuk van 1 pijp (uitsluitend als de ontwerpdruk van de omhulling minder is dan de ontwerpdruk van de pijpen).

- Voor de afgas compressor zijn geen faalscenario's gedefinieerd omdat deze zich in een gebouw bevindt en er derhalve geen externe veiligheidsrisico's verwacht worden binnen het tijdsbestek waarvoor de risico's berekende worden (conform het Paarse Boek, 30 minuten)

De initiële faalscenario's en bijbehorende kansen zijn opgenomen in bijlage II.

5.4 ONTSTAANSFREQUENTIES VAN DE INITIËLE FAALSCENARIO'S

5.4.1 Putten

In het Paarse Boek zijn geen initiële faalfrequenties voor olieputten opgenomen. Daarom zijn de gehanteerde initiële faalfrequenties overgenomen uit de SINTEF database voor 'Blowout and well release frequencies [xvii].



Voor olieputten, zijn de blow-out⁹ en well release¹⁰ frequenties als volgt:

- | | |
|-------------------------------------|------------------------------|
| ○ Blow-out tijdens productie | $7,0 * 10^{-6}$ per putjaar |
| ○ Blow-out t.g.v. wireline runs | $5,5 * 10^{-6}$ per operatie |
| ○ Blow-out t.g.v. coiled tubing | $1,2 * 10^{-4}$ per operatie |
| ○ Blow-out t.g.v. workover | $1,4 * 10^{-4}$ per operatie |
| | |
| ○ Well release t.g.v. productie | $5,2 * 10^{-6}$ per putjaar |
| ○ Well release t.g.v. wireline runs | $1,7 * 10^{-5}$ per operatie |
| ○ Well release t.g.v. coiled tubing | $2,4 * 10^{-4}$ per operatie |
| ○ Well release t.g.v. workover | $5,5 * 10^{-4}$ per operatie |

5.4.2 Leidingen

In het Paarse Boek zijn initiële faalfrequenties van proces- en transportleidingen opgenomen.

In de toelichting in het Paarse Boek op deze faalfrequenties is aangegeven dat de faalfrequentie voor procesleidingen gebaseerd zijn op een publicatie van Hurst et.al. Voor leidingdiameters in de range van 50 – 250 mm geeft deze de volgende vergelijkingen voor leidingbreuk en -lekkage:

$$\text{Log}(f_{\text{breuk}}) = - (0,0064 * D + 5,56)$$

$$\text{Log}(f_{\text{lekkage}}) = - (0,026 * D + 5,32)$$

$$\text{Met: } f = \text{initiële faalfrequentie [m}^{-1}\text{jr}^{-1}\text{]}$$

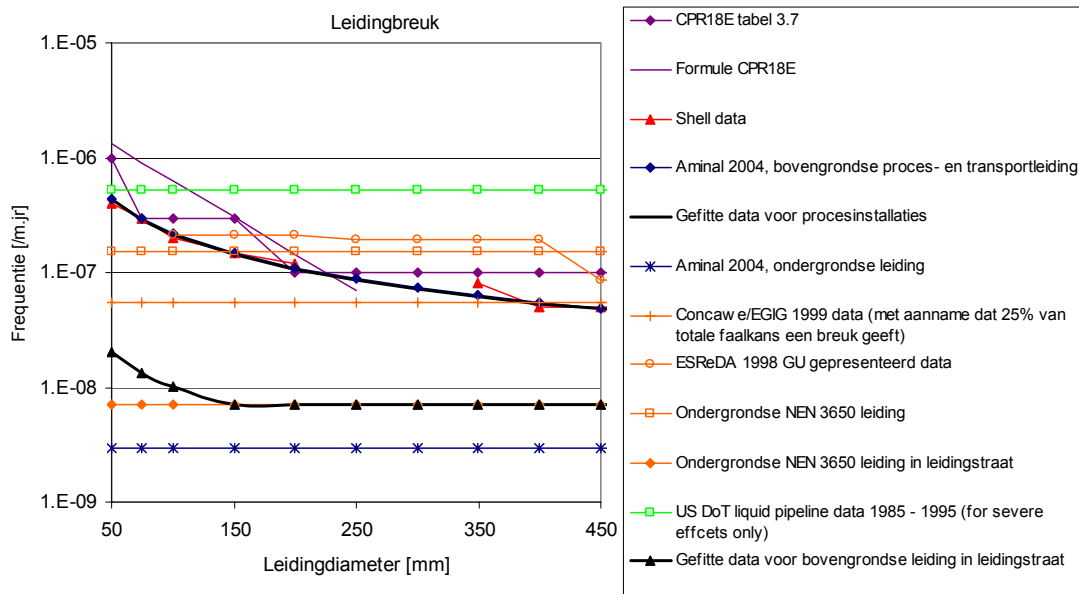
$$D = \text{leidingdiameter [mm]}$$

Omdat er binnen de installatie veelvuldig leidingen met een diameter > 250 mm voorkomen, zijn bovenstaande frequenties ook vergeleken met Shell data [vi] en Aminal [xviii] (zie onderstaande Figuur 5-1 en 5-2).

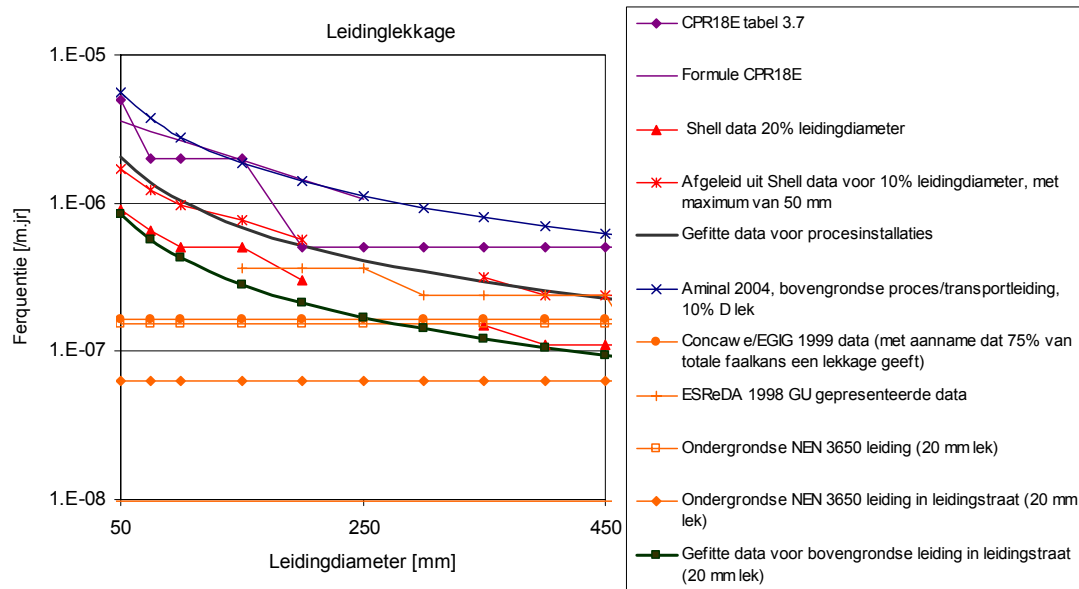
De in het Paarse Boek opgenomen faalfrequenties voor transportleidingen zijn uitsluitend van toepassing voor ondergrondse leidingen. Omdat in deze QRA tevens de risico's voor bovengrondse transportleidingen berekend zijn, is naderonderzoek gedaan naar de faalfrequenties voor transportleidingen. De verschillende onderzochte bronnen zijn grotendeels samengevat in het Aminal handboek kanscijfers [xviii] en zijn tevens gepresenteerd in Figuur 5-1 en 5-2).

⁹ Zie paragraaf 8.2 voor een definitie van blow-out.

¹⁰ Zie paragraaf 8.2 voor een definitie van well release.



Figuur 5-1: Faalfrequenties leidingbreuk



Figuur 5-2: Faalfrequenties leidinglekage

Op basis van de bovenstaande verschillende bronnen is gekozen voor de volgende faalfrequenties voor bovengrondse proces- en transportleidingen:

$$f_{\text{breuk}} = 2,2 \cdot 10^{-8} / D$$

$$f_{\text{leakage}} = 1,03 \cdot 10^{-7} / D$$

Met: f = initiële faalfrequentie [$\text{m}^{-1}\text{jr}^{-1}$]
 D = leidingdiameter [m]



Voor bovengrondse transportleidingen gelegen in een leidingstraat is een zelfde faalkansreductiefactor, voor zowel leidingbreuk als leidinglekage, gehanteerd als de faalkansreductiefactor voor het plaatsen van ondergrondse NEN 3650 leidingen in een leidingstraat, met als ondergrens een faalkans gelijk aan de faalkans van een ondergrondse NEN 3650 leiding in een leidingstraat.

Voor ondergrondse transportleidingen zijn dezelfde basis faalfrequenties als voor bovengrondse transportleidingen gebruikt, wat overeenkomt met de door Aminal aanbevolen aanpak¹¹.

Een van de belangrijkste faaloorzaken, zo niet de belangrijkste afgezien van corrosie¹², voor ondergrondse leidingen wordt gevormd door mechanische beschadiging van buiten af door graafwerkzaamheden door derden [xix]. Effectieve maatregelen ter beperking van het falen van leidingen moet dan ook met name gericht zijn op het voorkomen van deze mechanische schade. Volgens NEN 3650 [xix] komen ondermeer de volgende faalkansbeperkende maatregelen in aanmerking:

- Het toepassen van een wanddikte toeslag;
- Helikopter-, rij- en loopinspecties;
- Het toepassen van een mantelbuis;
- Gebruik van extra "taai" (hoge kerftaaiheid) materiaal;
- een afscherming boven de leiding (bijvoorbeeld betonplaten);
- Vergrootten van de gronddekking/dieper leggen van de leiding;
- Het aanbrengen van een waarschuwingslint boven de leiding.

Als er aanvullende maatregelen zijn zoals betonplaten of waarschuwingslinten wordt de faalkans worden verlaagd. In een vijftigtal experimenten is verschillen de aannemers de opdracht te geven te graven in een gebied met een drukloze leiding, met en zonder beschermende maatregelen. Met video-opnamen is geanalyseerd hoe de gravers reageerden op de aanwezigheid van beschermende maatregelen. Op basis daarvan zijn empirische correctie factoren vastgesteld [xx]. Deze afgeleide risico reductiefactoren zijn weergegeven in Tabel 5-1.

Tabel 5-1: Beschermingsfactoren voor verschillende maatregelen

Bescherming	Factor	Aantal tests
Geen	1	2
Waarschuwingslint boven leiding ¹	1.67	5
Betonplaat boven leiding	5.33	16
Betonplaat + Waarschuwingslint boven leiding	30	30

¹ Voor ondergrondse leidingen die voorzien zijn van een mantelbuis is aangenomen dat de basis faalfrequentie met eveneens met een factor 1,67 verlaagd kan worden.

De overige bovenvermelde beschermende maatregelen zijn in de open literatuur in onvoldoende mate gekwantificeerd.

¹¹ Bij deze risico-analyse is zoveel mogelijk gebruikgemaakt van de meest recente inzichten in faaldata, dit in lijn met hoofdstuk 8 van het Paarse Boek, waarin beschreven is hoe om te gaan met QRA modelleringinzichten verkregen na het verschijnen van het Paarse Boek.

¹² De kans op inwendige corrosie is zeer gering door de keuze van het leiding materiaal, duplex.



5.4.3 (Proces)vaten, tanks en warmtewisselaars

De in het Paarse Boek opgenomen initiële faalfrequenties van druk- en procesvaten (opslag)tanks en warmtewisselaars zijn samengevat in Tabel 5-2. In het Paarse Boek wordt onderscheid gemaakt tussen drukvaten, waarin geen verandering van fysische eigenschappen van de stoffen plaatsvinden (b.v. verandering van fase) en procesvaten waarin deze wel plaatsvindt. Voorbeelden van procesvaten zijn filters, condensoren en adsorptie- en distillatiekolommen. Vaten waarin uitsluitend het vloeistofniveau veranderd worden niet beschouwd als proces- maar als drukvat.

Tabel 5-2: Initiële faalfrequentie druk- en procesvaten en opslagtanks

Faalscenario	Faal-frequentie drukvat [/jaar]	Faal-frequentie procesvat [/jaar]	Faal-frequentie opslagtank [/jaar]	Faal-frequentie warmtewisselaar [/jaar]
Instantaan catastrofaal falen	$5 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-5}$
Uitstroming van gehele inhoud in 10 min.	$5 \cdot 10^{-7}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-5}$
Uitstroming uit een 10 mm gat	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-3}$
Falen van 10 pijpen ¹				$1 \cdot 10^{-5}$
Falen van 1 pijp ¹				$1 \cdot 10^{-3}$
Uitstroming ter grootte van 10% grootste leidingdiameter ¹				$1 \cdot 10^{-2}$
Falen van 10 pijpen ²				$1 \cdot 10^{-6}$

¹⁾ Bij een ontwerpdruk aan de shell zijde < ontwerpdruk warmtewisselaarpijpen

²⁾ Bij een ontwerpdruk aan de shell zijde > ontwerpdruk warmtewisselaarpijpen

5.4.4 Overige procesapparaten

Naast de initiële faalfrequenties van vaten en opslagtanks, zijn in het Paarse Boek ook faalfrequenties opgenomen voor overige procesapparaten zoals pompen.

De voor deze kwantitatieve risicoanalyse gehanteerde faalfrequenties zijn samengevat in Tabel 5-3.

Tabel 5-3: Faalfrequenties overige procesapparaten

Faalscenario	Faal-frequentie standaard pomp [/jaar]
Falen grootste aansluiting	$1 \cdot 10^{-4}$
Uitstroming ter grootte van 10% grootste leidingdiameter	$5 \cdot 10^{-5}$



5.4.5 Escalatie

Naast de risico's door de initiële gebeurtenissen worden in deze kwantitatieve risicoanalyse ook de risico's ten gevolge van escalatie bepaald en opgeteld bij de risico's die gerelateerd zijn aan de initiële gebeurtenis. Escalatie naar andere objecten, proces apparaten, opslagtanks, putten en leidingen, kan optreden als gevolg van explosieoverdrukken en blootstelling aan brandstraling. Opgemerkt dient te worden dat in het Paarse Boek niet expliciet is opgenomen dat escalatie risico's in de risicoanalyse mee genomen dienen te worden. Echter om een realistische inschatting te kunnen maken, zijn deze risico's in deze risicoanalyse wel mee genomen.

Als procesapparaten, opslagtanks en bovengrondse leidingen worden blootgesteld aan explosieoverdrukken groter dan 0,3 bar en/of brandstraling gedurende meer dan 10 minuten, dan volgt een zogenaamd "domino" lek. De effecten van deze dominolekkages zijn gemodelleerd door een uitstroming equivalent aan de uitstroming van het catastrofaal falen van tanks/vaten/pompen/warmtewisselaars, dan wel leidingbreuk te modelleren. Opgemerkt dient te worden dat het catastrofaal falen van tanks/vaten/pompen/warmtewisselaars, dan wel een leidingbreuk niet zal leiden tot een dominolekkage van de tanks/vaten/pompen/warmtewisselaar/leiding zelf.

De dominolekkages kunnen resulteren in een vloeistofplas, brandbare dampwolk en na ontsteking in een plas- of toortsbrand.

5.5 BEVEILIGINGSSYSTEEMREACTIES EN KANSEN

Door het insluiten van systemen na detectie van de lekkage, bijvoorbeeld door het aanspreken van de lage druk beveiligingen, de gas- en/of brand detectie en de daarop volgende systeem isolatie, wordt de uitstroomduur en -hoeveelheid beperkt.

5.5.1 Instrumentele beveiligingen

Indien zich een lek voordoet in een installatieonderdeel dan zal dit leiden tot een procesverstoring. Door de abrupte verandering van diverse procesvariabelen (met name de druk en doorzet) zal dit gedetecteerd worden door het regel- en beveiligingssysteem. Verder zal de installatie een uitstroming groter dan de ontwerpdoorzet van het betreffende installatiedeel niet langdurig kunnen onderhouden.

De maximale omvang van het effectgebied van de initiële gebeurtenis wordt zeer snel bereikt in verhouding tot de blootstellingstijd die leidt tot fataliteiten. Systeemreacties, zoals het insluiten van het betreffende installatieonderdeel, zullen de grootte van het effectgebied gerelateerd aan de initiële gebeurtenis daarom nauwelijks beïnvloeden.

Voor deze risicoanalyse is daarom aangenomen dat procesbeveiligingen uitsluitend aanspreken als de initiële bronsterkte groter is dan de ontwerpdoorzet en dat de uitstroming, na de initiële fase, niet groter is dan de ontwerpdoorzet van het betreffende installatiedeel.



5.5.2 Brand- en gasdetectiesystemen

Het doel van brand- en gasdetectiesystemen is het tijdig ontdekken van brand of lekkages, zodat effectbeperkende maatregelen kunnen worden genomen om escalatie van het incident te voorkomen (shutdown, start van deluge systeem etc.).

Vooralsnog is aangenomen dat er geen detectoren aanwezig zijn op de locaties.

5.5.3 Faalkansen beveiligingssystemen

De kans op het falen van het automatische beveiligingssysteem is, per systeem, conform het Paarse Boek op 0,001 per aanspraak gesteld. De uitstroomduur bij het aanspreken van de automatische beveiliging is 2 minuten.

De kans op het niet insluiten van de installatie door een operator, na een gas- of brandalarm in de controlekamer, is, conform het Paarse Boek, 1%. Als de installatie door de operator vanuit de controlekamer ingesloten wordt is de totale uitstroomduur 10 minuten.

In het Paarse Boek [iii] en A74 [xxi] zijn de kans op directe ontsteking gegeven. Deze zijn samengevat in Tabel 5-4 en Tabel 5-5.

Tabel 5-4: Kans op directie ontsteking bij een uitstroming op een locatie [iii]

Bronsterkte		Kans			
Continu [kg/s]	Instantaan [kg]	K1 vloeistof	Laag gas	reactief	Gemiddeld en hoog reactief gas
< 10	< 1000	0,065		0,02	0,2
10 – 100	1000 – 10000	0,065		0,04	0,5
>100	>10000	0,065		0,09	0,7

Tabel 5-5: Kans op directie ontsteking bij een uitstroming buiten een locatie [xxi]

Bronsterkte	Kans			
Continu [kg/s]	Gas	Tot vloeistof verdichte gassen	K1 vloeistof	K2 vloeistof
Breuk	0,04	0,14	0,1	0,01
Lekkage	0,09	0,30	0,1	0,01

Voor het berekenen van het Plaatsgebonden Risico wordt gerekend met een kans op vertraagde ontsteking op het terrein van 0,0005 per m² en 1 voor de fakkels. Gaswolken die niet op het terrein ontstoken zijn, ontsteken ter plaatse van de 10⁻⁶ per jaar gaswolkfrequentie contour met een kans van 1.



Voor de pijpleidingrisicoberekening is de achtergrond ontstekingskans zodanig gekozen, dat de wolkbrand risico's maximaal zijn. Na vertraagde ontsteking brandt de wolk terug naar de bron en leidt daar tot een plas- of toortsbrand. Indien zich binnen de vertraagd ontstoken gas wolk een congested gebied bevindt dan zal dat leiden tot een explosieoverdruk die gerelateerd is aan de mate van omsluiting van het gebied.

Bovenstaande berekeningswijzen met betrekking tot vertraagde ontsteking zijn in lijn met de in het Paarse Boek beschreven "vrije veld" vertraagde ontstekingskans berekeningsmethode.

5.6 MODELLERING VAN GEBEURTENISSEN

Voor het modelleren van de uitstroming, dispersie en toorts- en plasbranden is uitgegaan van de in Tabel 5-6 opgenomen parameters. Deze parameters zijn overgenomen uit het Paarse Boek.

Tabel 5-6: Overzicht belangrijkste parameters modellering

Parameter	Waarde
Atmosferische temperatuur	9°C
Relatieve lucht vochtigheid	83%
Terreinruwheid	0,1m
Uitstroomcoëfficiënt volledige breuk	1
Uitstroomcoëfficiënt lekkage	0,62
Maximaal plas oppervlak bij een potentieel ongelimiteerde plasgrootte	3000 m ²

5.6.1 Blow-out en breuk en lekkage gasleiding

Wanneer er bij de putten, tijdens de operationele fase, een blow-out optreedt dan is deze verticaal gericht en komt de uitstroming overeen met die van een leidingbreuk ter grootte van de tubing.

Wanneer een gasleiding faalt, vindt er initieel een relatief zeer grote uitstroming vanuit beide zijden van de breuk plaats. Het uitstroomdebiet neemt met de tijd af. De mate waarin het debiet afneemt wordt ondermeer bepaald door het gasvolume dat zich in het systeem bevindt en de toevoer (normale procesdoorzet) naar het systeem gedurende de tijd dat het systeem niet geïsoleerd is.

Bij een leidinglekkage zal het uitstroomdebiet niet in de tijd afnemen. Het initiële uitstroomdebiet is, bij zowel de leidingbreuk als bij de lekkage, een functie van de procesomstandigheden, met name de druk, en de gatgrootte.

Voor de risicoberekeningen is ervan uitgegaan dat alle uitstromingen uit leidingen, met uitzondering uitstromingen uit ondergrondseleidingen die altijd verticaal zijn, horizontaal zijn.

5.6.2 Breuk en lekkage vloeistofleiding

Bij een volledige breuk van een vloeistofleiding vindt er een zeer grote uitstroming vanuit beide zijden van de breuk plaats. Het uitstroomdebiet neemt niet af en wordt bepaald door het debiet waarmee het leidingsysteem gevuld wordt.



Bij een leidinglekage zal het uitstroomdebiet niet in de tijd afnemen. Het initiële uitstroomdebiet is, bij zowel de leidingbreuk als bij de lekkage, een functie van de procesomstandigheden, met name de druk, en de gatgrootte.

De vrijgekomen vloeistof zal een plas vormen en verdampen. Na ontsteking van de damp zal er een wolkbrand ontstaan en deze zal naar de plas terugbranden, wat zal leiden tot een plasbrand.

Voor de risicoberekeningen is ervan uitgegaan dat alle uitstromingen uit leidingen, met uitzondering uitstromingen uit ondergrondse leidingen die altijd verticaal zijn, horizontaal zijn.

5.6.3 Catastrofaal falen vaten

Voor de vloeistofgevulde apparaten is verondersteld dat het een plas op de grond vormt. De omvang van de plas zal door spreiding van de vrijgekomen hoeveelheid met de tijd toenemen tot er zich een evenwicht heeft gevormd tussen de toegestroomde hoeveelheid en de verdamping uit de spreidende plas. Ontsteking van de plas, direct of indirect door het terugbranden van de vertraagd ontstoken wolk, leidt tot een plasbrand.

5.6.4 Lekkages en 10 minuten uitstroming vaten

Voor een 10 minuten uitstroming is verondersteld dat de uitstroming leidt tot vergelijkbare effecten als de in paragrafen 5.6.4 en 5.6.5 is beschreven, waarbij de gatdiameter zodanig gekozen is dat de inhoud van het vat of de opslagtank in 10 minuten vrijkomt.

5.6.5 Catastrofaal falen overige procesapparaten

Voor overige procesapparaten, zoals de pompen, is voor het catastrofaal falen van de apparaten aangenomen dat de effecten overeenkomen met het falen van de grootste aansluiting. De effecten van het catastrofaal falen van deze aansluiting komt overeen met een leidingbreuk.

5.7 EFFECTAFSTANDEN

5.7.1 Gaswolk brand

Met behulp van FRED zijn de effectgebieden veroorzaakt door de dispersie van een verdampende olieplas (met een veronderstelde dampsamenvatting gelijk aan "associated" gas) bepaald voor verschillende plasgrootte. Deze effectafstand, die overeenkomt met de LFL-contour, geeft tevens aan de maximale afstand waarbij het vrijgekomen damp nog vertraagd ontstoken kan worden.

De frequentie waarbij een dampconcentratie groter dan de LFL voorkomt is in bijlage III weergegeven.



5.7.2 Toortsbrand

Als de vrijgekomen koolwaterstoffen onder druk direct ontsteken ontstaat een toortsbrand. Daarnaast kan, als de uitstroomduur voldoende lang is, een vertraagd ontstoken gas/dampwolk terugbranden naar de bron en daar leiden tot een toortsbrand. De effectafstand van de toortsbrand is een functie van het uitstroomdebiet.

Opgemerkt dient te worden dat het berekenen van de risico's op basis van bovenstaande toortsbranden leidt tot een overschatting van de risico's, en wel om de volgende reden. Het vlamfront van een toorts ontwikkelt zich met een snelheid van circa 40 – 80 m/s. Het duurt daarom enkele seconden voordat de vlam zich volledig heeft ontwikkeld. Na de initiële uitstromingsfase zal het debiet dusdanig sterk zijn afgenomen, dat de lengte van de vlam op dat moment aanzienlijk kleiner is dan berekend op basis van de initiële procescondities.

Omdat de maximale blootstellingstijd van personen aan brandstraling waarmee gerekend wordt (20 seconden) langer is dan de duur van de initiële uitstroming is aangenomen dat de uitstroming, na de initiële uitstroming, niet groter zal zijn dan de nominale doorzet van het betreffende installatiedeel. Met andere woorden de maximale afstand waarbij ontsteking van de (initieel) gevormde gaswolk kan optreden wordt bepaald op basis van de initiële procescondities (druk en temperatuur) en de lengte van de toortsbrand, die ontstaat na het terugbranden van de ontstoken gaswolk, wordt bepaald op basis van de nominale procescondities (druk, temperatuur doorzet). Deze aannamen zijn overgenomen uit de kwantitatieve risicoanalyse voor de NAM Norg UGS faciliteiten [xxii].

De frequentie waarbij een warmtestralingsniveau groter dan 12,5 kW/m² voorkomt is in bijlage III weergegeven.

5.7.3 Toxische damp dispersie

Met behulp van FRED zijn de effectgebieden veroorzaakt door de dispersie van een niet ontstoken CVR LOC. De effectafstand is berekend voor een concentratie die overeenkomt met de 1% lethaliteitsconcentratie bij een blootstellingstijd van maximaal 1800 seconden, de in CPR 18 gehanteerde maximale blootstellingstijd.

De frequentie waarbij een 1% letaliteitsconcentratie (196 ppm voor H₂S) is in bijlage III weergegeven.

5.7.4 Plasbrand

Bij directe van een vloeistofplas, ontstaat een plasbrand. In het geval van een vertraagde ontsteking ontstaat wolkbrand (zie paragraaf 5.7.1) die terug brand naar de plas, gevolgd door een plasbrand. De omvang van de plas wordt bepaald door het uitstroom debiet alsmede de aanwezigheid van omvang beprekende omstandigheden. Zo zal een uitstroming binnen een omwalling zich beperken tot het omwalde gebied en zal een uitstroming in een kanaal zich verspreiden over het kanaal.



Als de uitstroming niet beperkt wordt door de omgeving, is de brand gemodelleerd als een ronde plasbrand. Voor de gevallen waarbij de uitstroming resulteert in een langwerpige plas (b.v. bij een uitstroming binnen een leiding tracé met omwallingen of in een kanaal), is de brand ("trench fire") gemodelleerd als meerdere kleinere plasbranden.

De effectafstand van een plasbrand wordt bepaald door de warmtestraling van de vlammen.

5.8 MODELLERING VAN SCHADE

5.8.1 Blootstelling van personen aan brandstraling

De warmtestraling van een brand (toorts-, wolk- en plasbrand) kan leiden tot dodelijke effecten. Voor de berekening van risico's kunnen in Shepherd [vi] twee niveaus van warmtestraling met bijbehorende overlijdenskansen worden ingevoerd. De conform CPR18 [iii] gehanteerde overlijdenskansen voor de verschillende effectgebieden zijn gegeven in Tabel 5-7.

Tabel 5-7: Overlijdenskansen bij brand [iii]

Effectgebieden	Locatie waar personen zich bevinden ⁽¹⁾	
	Buiten	Binnen
In de vlam	100%	100%
Warmtestraling > 35 kW/m ²	100%	100%
Warmtestraling 12,5 - 35 kW/m ²	70% bij PR berekening 9,8% bij GR berekening ⁽²⁾	0%

(1): De locatie binnen/buiten is alleen van belang bij de berekening van GR. Voor de berekening van het PR is het uitgangspunt een onbeschermd persoon, zie definitie in paragraaf 8.2.

(2): Voor de berekening van het GR wordt, in tegenstelling tot de PR berekening, wel rekeninggehouden met de beschermende werking van (normale) kleding en gebouwen (als men daar binnen verblijft). De overlijdenskansen bij brandstraling tussen 12-35 kW/m² neemt met een factor 0,14 af als gevolg van het beschermende effect van normale kleding [iii].

5.8.2 Blootstelling van procesapparaten aan brandstraling

Procesapparaten, tanks en bovengrondse leidingen die blootstaan aan brand of een brandstraling groter dan 35 kW/m² zullen, als deze brand langer dan 10 minuten duurt, bezwijken. Met als gevolg escalatie en het vrijkomen van de inhoud van het getroffen installatie onderdeel. Alleen tanks/vaten die voorzien zijn van een deluge systeem zullen in 90% van de gevallen niet bezwijken.



5.8.3 Blootstelling van personen aan een wolkbrand

Bij een wolkbrand wordt het effect bepaald door de omvang van de brandbare wolk. Voor de schademodellering worden twee situaties onderscheiden: in de ontvlambare wolk en buiten de wolk. In de onderstaande tabel zijn de overlijdenskansen gegeven.

Tabel 5-8: Overlijdenskansen bij wolkbrand [iii]

Effectgebieden	Locatie waar personen zich bevinden ⁽¹⁾	
	Buiten	Binnen
In de brandbare wolk	100%	100%
Buiten de brandbare wolk	0%	0%

(1): De locatie binnen/buiten is alleen van belang bij de berekening van GR. Voor de berekening van het PR is het uitgangspunt een onbeschermd persoon, zie definitie in paragraaf 8.2.

5.8.4 Blootstelling van personen aan toxische stoffen

De overlijdenskans ten gevolge van blootstelling aan een toxische wolk worden berekend met behulp van de volgende probit functie:

$$Pr = a + b \ln(C^n * t)$$

met voor waterstofsulfide (H₂S) [iii]

$$a = -11.5$$

$$b = 1$$

$$n = 1.9$$

C = Concentratie in ppm

5.8.5 Blootstelling van personen aan stoom

Voor de blootstelling van personen aan een stoomrelease zijn de volgende schademechanismen onderscheiden:

- Verstikking door het lucht verdringingseffect van stoom;
- Blootstelling aan hoge omgevingstemperaturen.

Er zijn twee situaties doorgerekend:

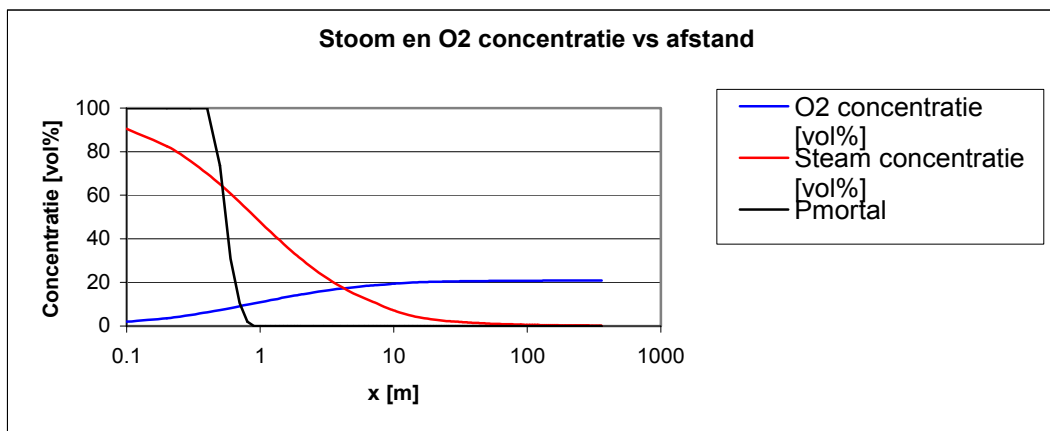
- 79 bar, 310 °C, 5,5" stoomleiding breuk
- 79 bar, 310 °C, 5,5" stoomleiding lekkage

5.8.5.1 Verstikking door het luchtverdringingseffect van stoom

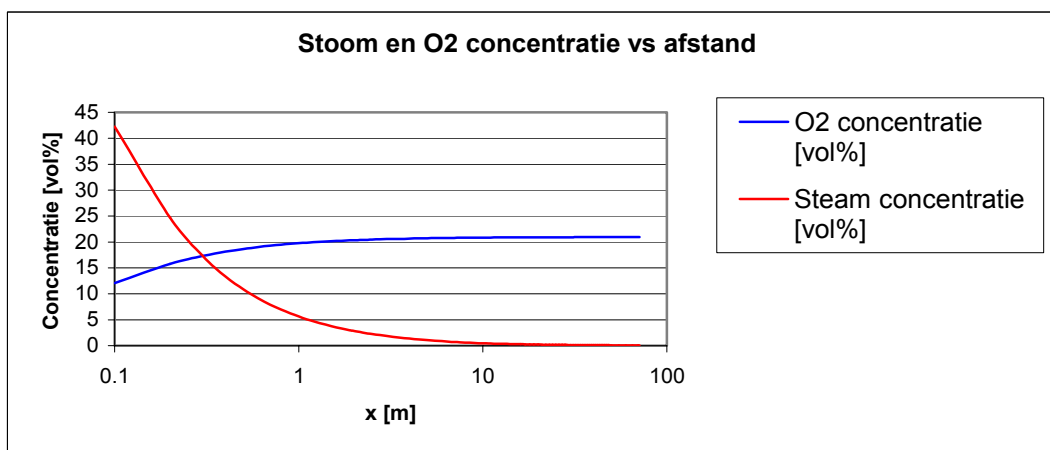
Voor de bepaling van het verstikkingsrisico is als uitgangspunt gehanteerd dat bij een zuurstofconcentratie van 10 vol%, 99% van de blootgestelden overlijdt. Dit is afgeleid van het feit dat:

- Het hart stopt met kloppen bij 6 vol % zuurstof.
- Bij een zuurstofgehalte van 17 vol% de motorisch vermogen verstoord zal zijn [xxiii].
- Bij een zuurstofgehalte tussen 17 en de 14 vol% een persoon nog steeds bij bewustzijn is maar er een sterke vermoeidheid optreedt en het beoordelingsvermogen verslechtert.

In Figuur 5-3 en Figuur 5-4 zijn zowel de berekende zuurstofconcentratie, stoom concentratie en letaliteit tegen de afstand weergegeven.



Figuur 5-3: Stoom en O₂ concentratie vs afstand bij stoomleiding breuk



Figuur 5-4: Stoom en O₂ concentratie bij stoomleiding lekkage

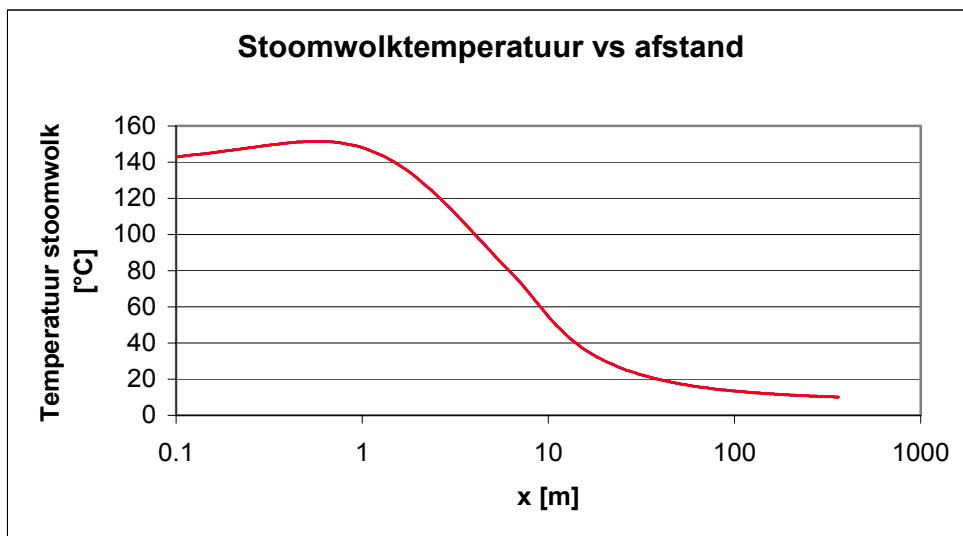
Uit Figuur 5-3 blijkt dat het zuurstofpercentage bij een stoomleiding breuk tot 10 meter beneden de 20 vol% is en lethaal letsel alleen te verwachten is binnen een straal van 1 meter van de stoomleiding.

Bij een stoomleidinglekkage is geen letaal letsel te verwachten.

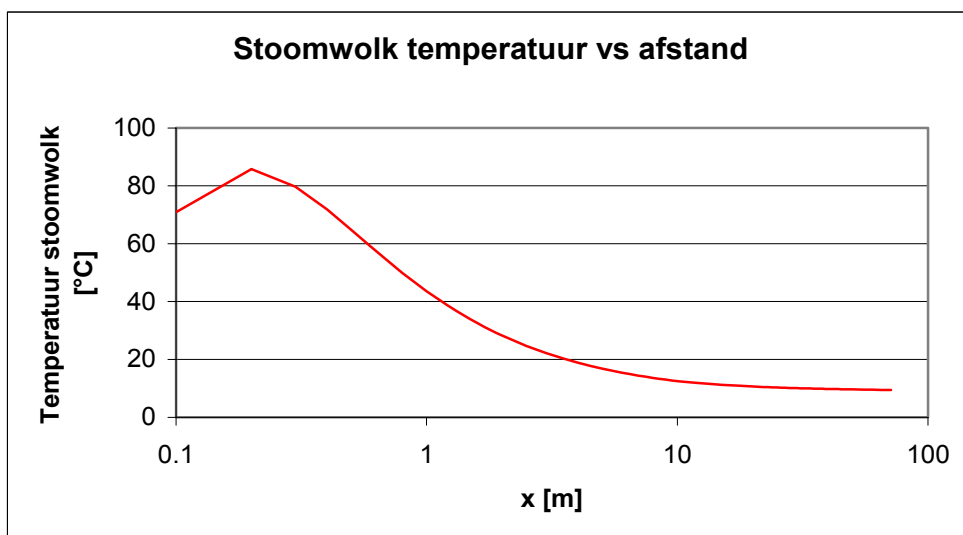
Uit bovenstaande blijkt dat een stoomrelease geen significante verstikkingsgevaaren heeft. Deze risico's zijn daarom niet verder gekwantificeerd in deze analyse.

5.8.5.2 Blootstelling aan hoge omgevingstemperaturen

Ten aanzien van de blootstelling aan hoge omgevingstemperaturen, is gebruikgemaakt van de criteria opgenomen de NAM QRA Rule Set [iv]. In de rule set is opgenomen dat heat stress op kan treden bij 65 °C (bij een blootstelling van een half uur) en 100°C bij een blootstelling van 12 minuten.



Figuur 5-5: stoomwolktemperatuur vs afstand bij stoomleiding breuk



Figuur 5-6: Stoomwolk temperatuur vs afstand bij stoomleiding lekkage

In referentie xxiii is aangegeven dat in een onderzoek van Spieth is aangetoond dat 200 °C de maximum temperatuur is die getolereerd kan worden door het menselijke ademhalingsstelsel en dat de blootstelling van vliegtuigpassagiers aan een luchttemperatuur van 75°C gedurende 60 minuten resulteert in bewusteloosheid. Uit Figuur 5-5 en Figuur 5-6 kan worden afgeleid dat de temperatuur van de stoomwolk niet boven de 160 °C komt. Omdat ook de temperatuurcurve snel daalt als functie van de afstand, kan er geconcludeerd worden dat een lek of breuk van een stoomleiding niet zal leiden tot dodelijk letsel bij een blootstellingsduur van 20 sec.

Uit het bovenstaande kan samengevat worden dat er geen effecten te verwachten zijn buiten de inrichting, de externe veiligheidsrisico's ten gevolge van stoomrelease zijn daarom niet verder gekwantificeerd.



Opgemerkt dient te worden dat een stoom release vanuit de stoominjectieput wel kan leiden tot significante milieuschade. De gevolgen voor de milieurisico's en de arborisico's voor well services personeel ten gevolge van het wel dan niet installeren van een Down Hole Safety Valve, zijn in de Technical Note "Down Hole Safety Valve in Steam Injection Well" [xxiv] beoordeeld.

5.8.6 Blootstelling van personen aan overdrukken t.g.v. dampwolkexplosie

Bij een explosie wordt het effect bepaald door de explosie-overdruk. In de onderstaande tabel zijn de gehanteerde overlijdenskansen gegeven.

Tabel 5-9: Overlijdenskansen bij explosie [iii]

Effectgebieden	Locatie waar personen zich bevinden ⁽¹⁾	
	Buiten	Binnen
Binnen effectgebied met explosie-overdruk > 0.3 bar	100%	100%
Binnen effectgebied met explosie-overdruk 0.3 - 0.1 bar	0%	2.5% ⁽²⁾
Binnen effectgebied met explosie-overdruk < 0.1 bar	0%	0%

(1): De locatie binnen/buiten is alleen van belang bij de berekening van GR. Voor de berekening van het PR is het uitgangspunt een onbeschermd persoon (altijd buiten), zie definitie van het PR in paragraaf 8.2.

(2): Indien de gebouwen bestand zijn tegen de berekende overdrukken, dan is de overlijdenskans gelijk aan 0%.

5.8.7 Blootstelling van procesapparaten aan overdrukken t.g.v. dampwolkexplosie

Procesapparaten, tanks en leidingen die blootstaan aan een explosieoverdruk groter dan 0,3 bar zullen bezwijken. Met als gevolg escalatie en het vrijkomen van de inhoud van het getroffen installatie onderdeel.

5.9 OMGEVINGSFACTOREN

5.9.1 Weertypen

De kans op het voorkomen van een weertype is afgeleid uit de gegevens van het KNMI station Twente [iii]. De waarden zijn samengevat in Tabel 5-10.



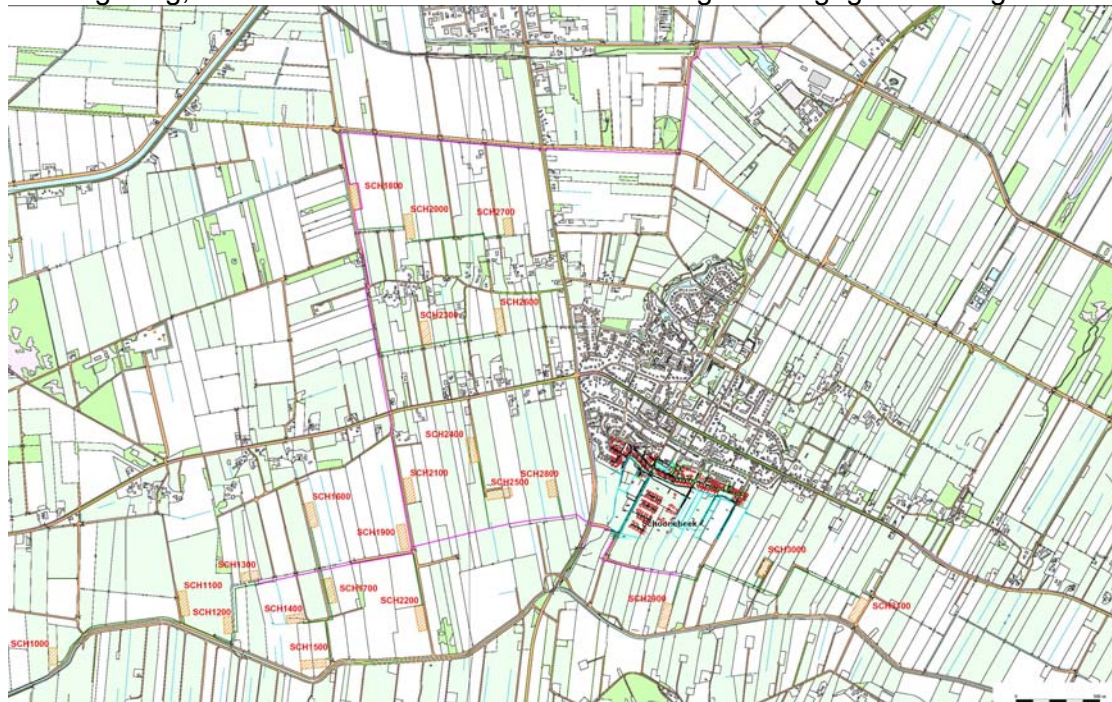
Tabel 5-10: Fractie op verschillende windklassen

Wind naar	D1.5	D5	D9	F1.5	F5	Totaal
0°	0.023	0.036	0.012	0.015	0.007	0.094
30°	0.035	0.072	0.047	0.017	0.009	0.179
60°	0.026	0.054	0.042	0.010	0.005	0.136
90°	0.018	0.030	0.024	0.008	0.003	0.083
120°	0.017	0.026	0.018	0.007	0.002	0.069
150°	0.016	0.020	0.008	0.006	0.001	0.051
180°	0.016	0.016	0.004	0.007	0.001	0.046
210°	0.019	0.021	0.003	0.013	0.003	0.059
240°	0.023	0.029	0.007	0.017	0.008	0.085
270°	0.023	0.028	0.007	0.016	0.010	0.085
300°	0.021	0.019	0.002	0.014	0.006	0.063
330°	0.018	0.016	0.002	0.012	0.003	0.052
Totaal	0.0256	0.368	0.176	0.142	0.058	1.000

Noot: D5 staat voor Pasquill-weerklasse "D" en een windsnelheid van 5 m/s.

5.9.2 Omgeving

De omgeving, inclusief de locatie van woonbebouwing is weergegeven in Figuur 5-7.



Figuur 5-7: Omgeving Schoonbeek olienveld

Op basis van de Figuur 5-7 zijn de minimale afstanden tot (beperkt) kwetsbare objecten bepaald. Deze zijn weergegeven in Tabel 5-11. De overige (beperkt) kwetsbare objecten liggen op een grotere afstand van de faciliteiten.



Tabel 5-11: Minimale afstand tot (beperkt) kwetsbare objecten

	Minimale afstand tot (beperkt) kwetsbare objecten [m]	Waar?
Puttenlocaties	100	SCH-2300
Infield transportleidingen	30 ¹³	Zuid-Noord tracé leiding 14" 702004 en 16" 702005
Oliebehandelingsinstallatie	60	Woning aan overzijde kanaal
	184	Woning aan zuidzijde van OBI locatie
Olie-exportleiding	45	Woning aan overzijde kanaal

¹³ 90 m tot kwetsbare objecten

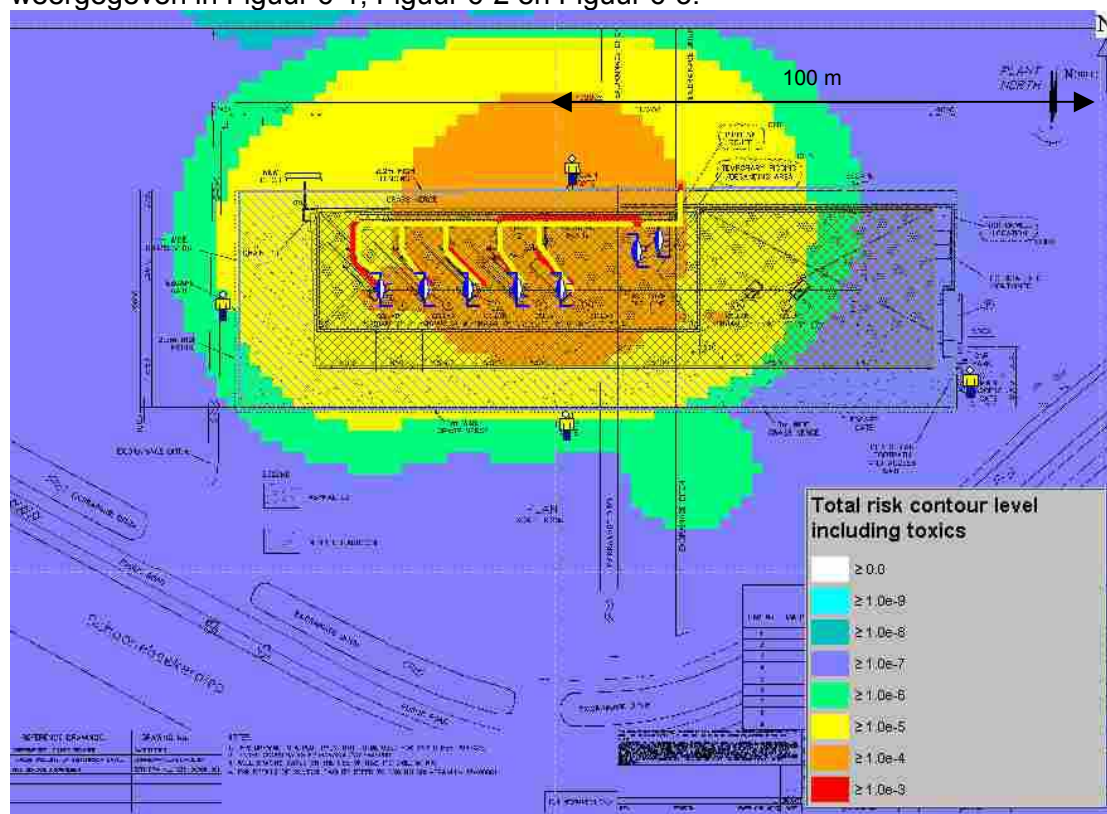
6.0 RISICOANALYSE

6.1 PLAATSGEBONDEN RISICO PUTTENLOCATIES

Op basis van de in paragraaf 5.3 opgenomen faalscenario's is het Plaatsgebonden Risico berekend voor de "standaard" puttenlocatie Schoonebeek-1500¹⁴, voor drie alternatieve terugslagkleppen configuraties, te weten:

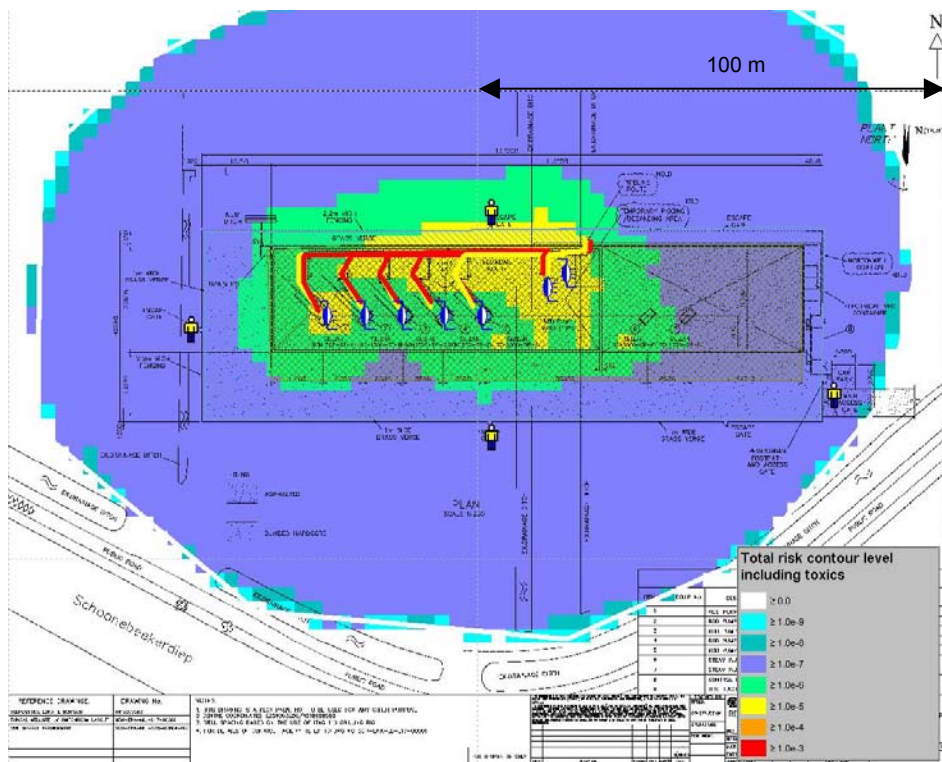
- Base case waarbij er uitsluitend een terugslagklep in de uitlaat van de verticale hefpomp geplaatst is;
- Optie 1, als base case met een additionele terugslagklep in de plant uitlaat (voor de plant Battery Limit (BL) afsluiter) voor zowel de olie/water als Casing Vapour Return leiding;
- Optie 2, als optie 1 met een additionele terugslagklep na de test separator.

Voor de boven genoemde opties is het Plaatsgebonden Risico berekend. De Plaatsgebonden Risico contouren (in de figuur Total risk contour level genoemd) zijn weergegeven in Figuur 6-1, Figuur 6-2 en Figuur 6-3.

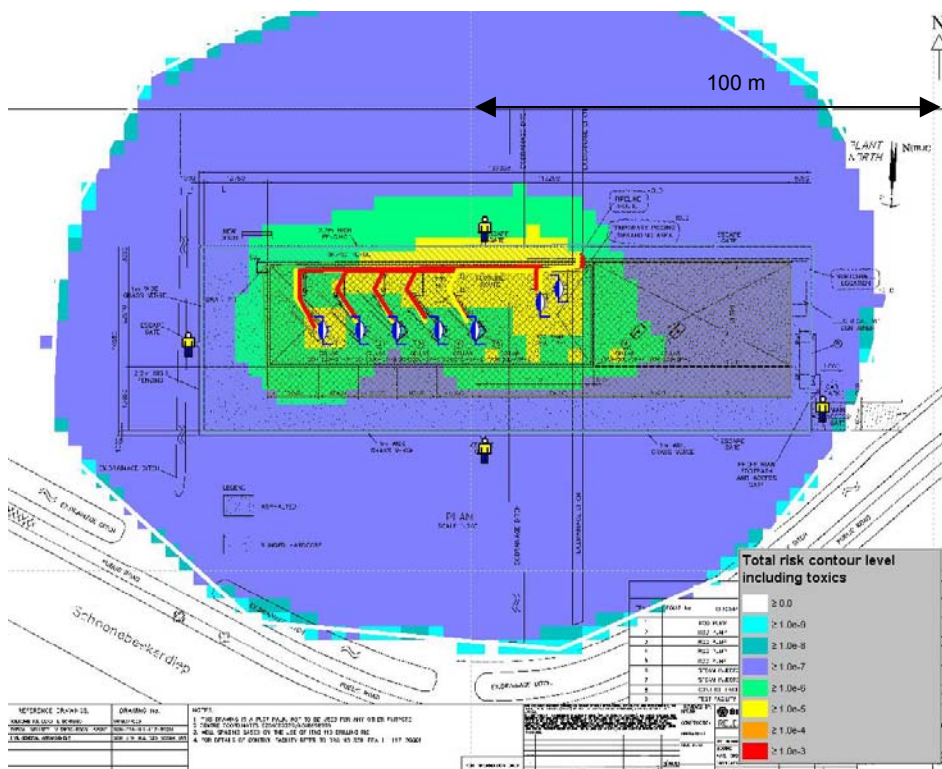


Figuur 6-1: Plaatsgebonden Risico puttenlocatie Schoonebeek 1500 – Base case

¹⁴ De puttenlocatie Schoonebeek 1500 wordt gezien als een "worst case" standard locatie, omdat deze voorzien is van het maximaal aantal (5) olieproductie- en (2) stoominjectie putten.



Figuur 6-2: Plaatsgebonden Risico puttenlocatie Schoonebeek 1500 – Optie 1
(base case met additionele terugslagklep in de plant uitlaat)



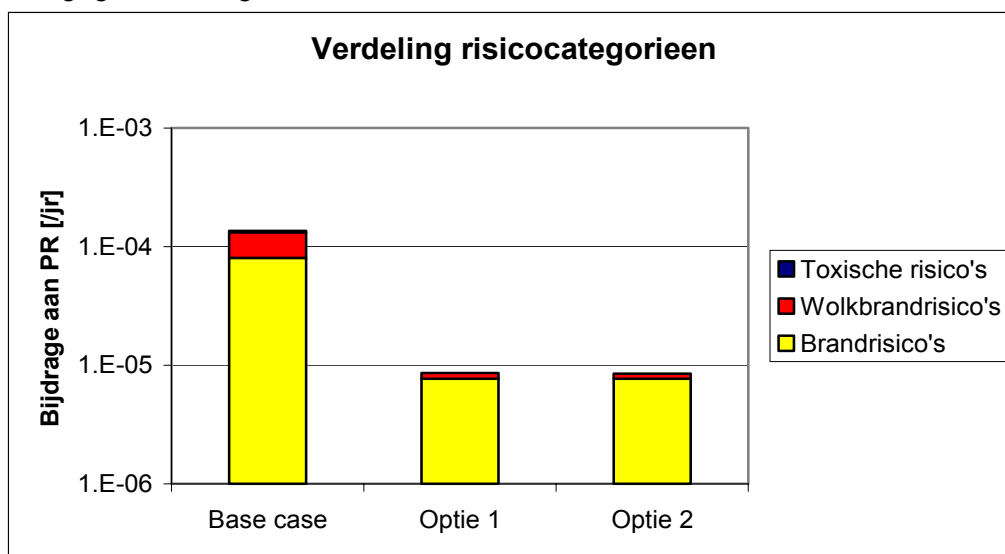
Figuur 6-3: Plaatsgebonden Risico puttenlocatie Schoonebeek 1500 – Optie 2
(optie 1 met additionele terugslagklep na de test separator)



De berekende 10^{-6} per jaar contouren liggen respectievelijk op een afstand van maximaal 28 m (base case), 14 m (optie 1) en 10 m (optie 2) buiten de locatie. Binnen deze contour liggen geen kwetsbare objecten.

De berekende lekfrequenties voor de gehele locatie SCH-1500 is eens per 546 jaar (base case), eens per 537 jaar (optie 1) en eens per 537 jaar (optie 2).

De bijdrage van de verschillende effecten (toorts- & plasbrand, wolkbrand, toxische) aan het Plaatsgebonden Risico direct ten noorden van de puttenlocatie is weergegeven in Figuur 6-4.



Figuur 6-4: Bijdrage aan PR direct ten noorden van puttenlocatie SCH-1500

Uit bovenstaande figuur blijkt dat het risico gedomineerd wordt door de brandrisico's en de bijdrage van toxische risico's door de blootstelling van personen aan H_2S minimaal is.

Uit bovenstaande tabellen en figuren blijkt dat met name de installatie van terugslagkleppen in de plant uitlaat een duidelijke reductie geeft in de risico's. De installatie van een additionele terugslagklep in de uitlaat van de test separator (optie 2) resulteert in een verdere geringe risicoreductie.

Opgemerkt dient te worden dat door de installatie van terugslagkleppen in de uitgaande CVR en olie/water leidingen, de milieuschade bij een grote lekkage sterk beperkt zal worden. Dit omdat voorkomen wordt dat bij een grote lekkage op het putterrein de inhoud van en toevoer naar de infield transportleiding op de puttenlocatie kan uitstromen.

Op basis van bovenstaande kan geconcludeerd worden dat de grenswaarde (geen (beperkt) kwetsbare objecten binnen de 10^{-6} /jaar Plaatsgebonden Risico contour) in geen van de onderzochte situaties overschreden wordt en de puttenlocaties derhalve voldoen aan de externe veiligheidseisen.



Verder is gebleken dat met name het plaatsen van een terugslagklep in de uitlaat van de plant een grote risicoreductie geeft. Aanbevolen wordt om deze terugslagkleppen te plaatsen zodat aan het ALARP principe voldaan wordt.

6.2 PLAATSGEBONDEN RISICO INFELD TRANSPORTLEIDINGEN

Voor de casing damp en olie/water leidingen tussen de puttenlocaties en de centrale OBI (de zogenaamde infield pijpleidingen) zijn de risico's berekend.

Initieel zijn de volgende opties overwogen:

- Aanleg van de leidingen in een overkapte bak;
- Aanleg van de leidingen ondergronds;
- Aanleg van de leidingen in greppels (met een aarden wal);
- Aanleg van de leidingen bovengronds.

Deze opties zijn tijdens een What-If desktop studie geanalyseerd. De resultaten van deze studie zijn opgenomen in Bijlage II.

Op basis van deze analyse en de infield leidingen workshop [xxv] is besloten om:

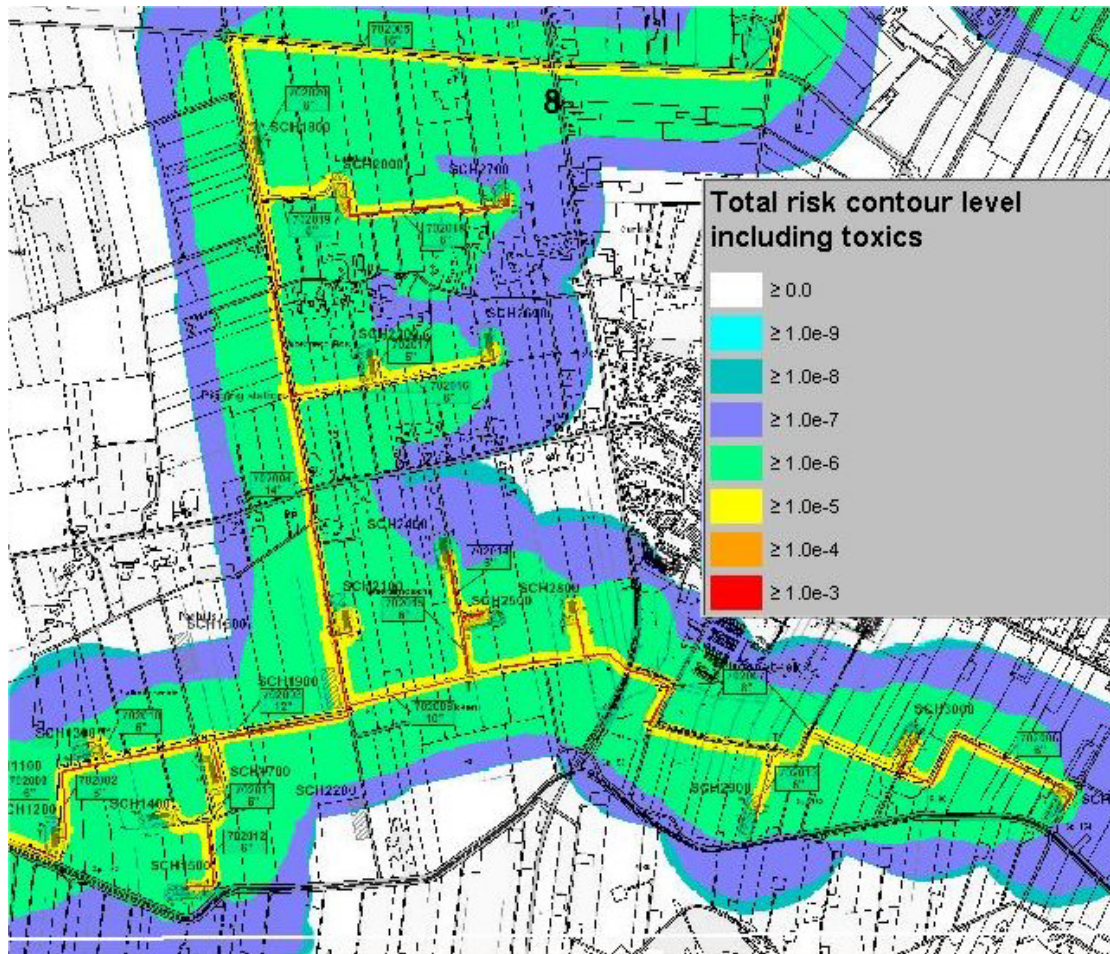
- De optie om de leidingen ondergronds aan te leggen, om economische redenen, niet verder te onder zoeken;
- De optie om de leidingen in een overkapte bak aan te leggen niet verder te onderzoeken omdat de overkapping van de leidingen een zodanige overspanning heeft dat dit zal leiden tot een relatief dikke betonkap en de overkapping zal leiden tot ongewenste explosie-risico's.

Derhalve zijn in deze risico-analyse de volgende opties nader onderzocht:

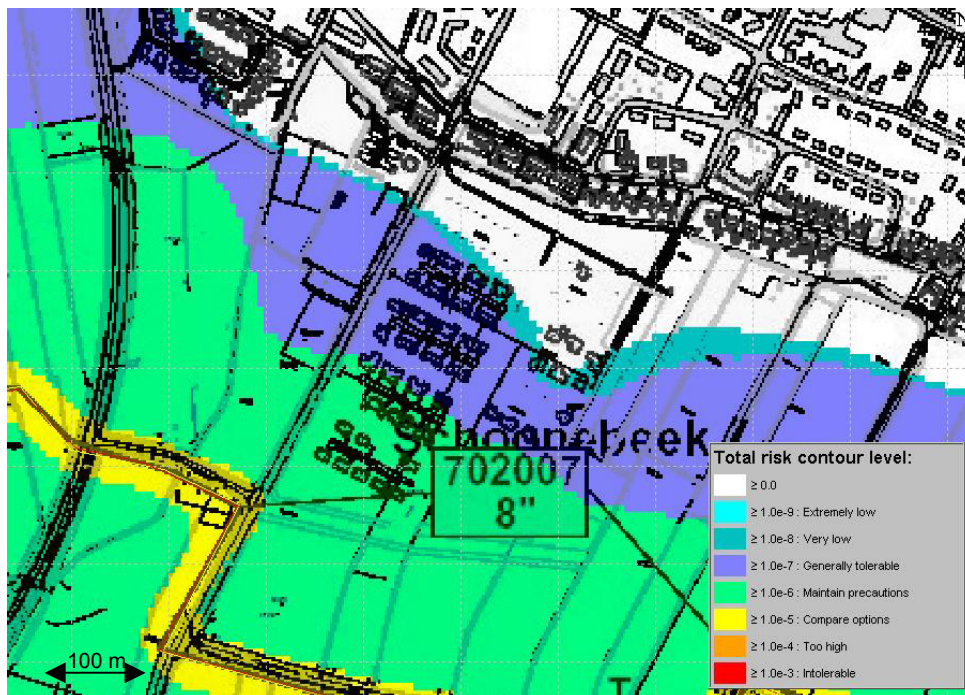
- Bovengronds, leidingen niet gelegen in een leidingenstraat;
- Bovengronds, leidingen gelegen in een leidingenstraat;
- Bovengronds, leidingen gelegen in een leidingenstraat die aan weerszijden voorzien is van een vloeistofkering (b.v. aarden wallen);

De oorspronkelijk voorgestelde opties om de leidingen ondergronds, dan wel in een overkapte bak aan te leggen, zijn om veiligheidstechnische en/of economische redenen verworpen.

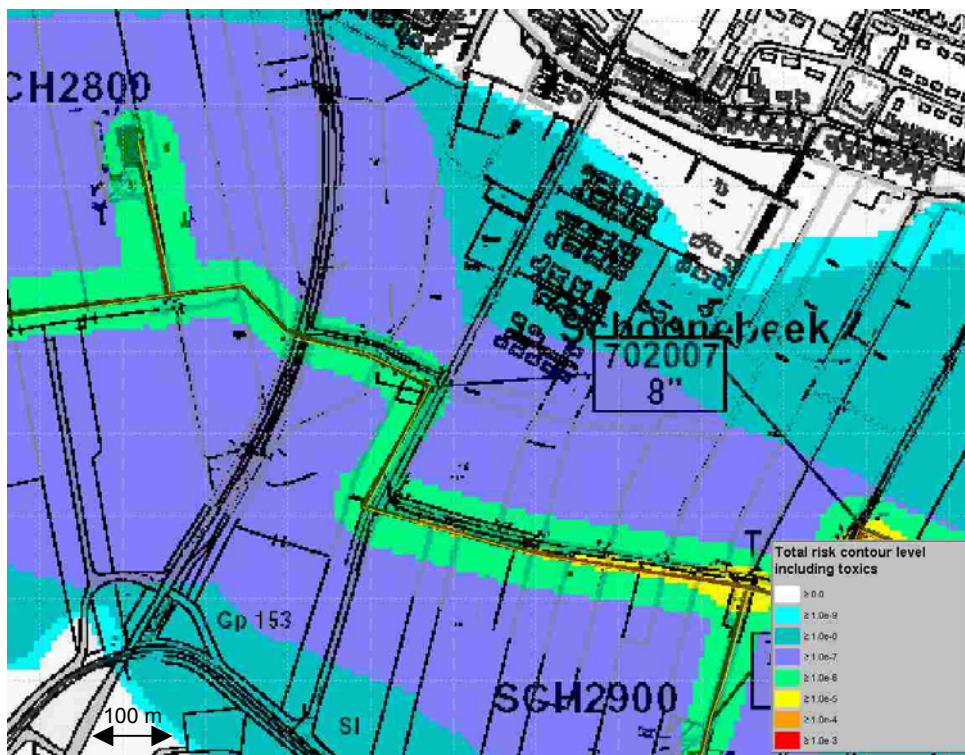
De berekende PR contouren ten zuiden van Schoonebeek en ten westen van het Westerse Bos (de locaties waarbij de afstand tussen de infield leidingen en (beperkt) kwetsbare objecten minimaal is) zijn weergegeven in Figuur 6-5 t/m Figuur 6-10



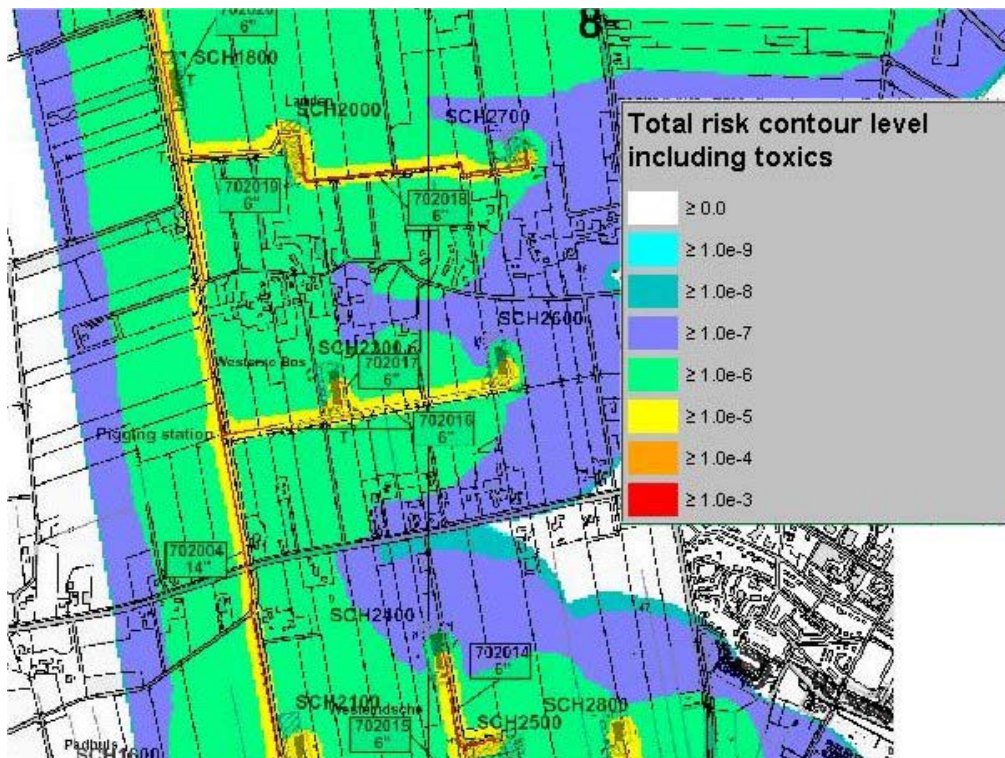
Figuur 6-5: Plaatsgebonden Risico Infield leidingen bovengronds zonder maatregelen



Figuur 6-6: Plaatsgebonden Risico Infield leidingen, ten zuiden van Schoonebeek bovengronds doch niet in een leidingstraat



Figuur 6-7: Plaatsgebonden Risico Infield leidingen, bovengronds in een leidingstraat



Figuur 6-8: Plaatsgebonden Risico Infield leidingen ten westen van het Westerse Bos, bovengronds doch niet in een leidingstraat



Figuur 6-9: Plaatsgebonden Risico Infield leidingen bovengronds en in een leidingstraat



Figuur 6-10: Plaatsgebonden Risico Infield leidingen bovengronds, in een leidingstraat en leidingen 702004/5 voorzien van omwallingen

Uit de uitgevoerde berekeningen blijkt dat het risico sterk wordt verminderd door de leidingen in een leidingstraat te leggen. Dit omdat de bij de leidingstraat behorende additionele veiligheidsmaatregelen een faalkans reducerend effect hebben. Een verdere risicoreductie kan worden gerealiseerd door de leidingstraat tussen vloeistofkeringen te leggen waardoor de effectafstand gerelateerd aan leidingbreuk sterk kan worden gereduceerd, noodzakelijk is dat echter niet omdat er uitsluitend beperkt kwetsbare objecten (woningen met dichtheid van maximaal twee woningen per hectare) binnen de 10^{-6} per jaar plaatsgebonden risico-contour liggen.

De 10^{-6} per jaar PR contouren liggen op respectievelijk meer dan 250 m voor de bovengrondse leiding die niet gelegen is in een leidingstraat, 45 m voor de bovengrondse leiding gelegen in een leidingstraat en 0 m voor de bovengrondse leiding gelegen in een leidingstraat aan beide zijde voorzien van een vloeistofkering.

Op basis van bovenstaande berekeningsresultaten, wordt geadviseerd om binnen een afstand van 250 m van (beperkt) kwetsbare objecten (woningen), de infield transportleidingen in een leidingstraat te leggen die ter plaatse van (T-)kruisingen en bochten in de weg voorzien is van een aanrijdbeveiliging. Het risico kan verder gereduceerd worden door binnen een afstand van 45 m van woningen, de leidingstraat aan weerszijden te voorzien van een vloeistofkering. Strikt genomen is dat niet noodzakelijk. Tijdens het detailontwerp zal de exacte locatie van de leidingstraat en de vloeistofkeringen geoptimaliseerd moeten worden.

6.3 PLAATSGEBONDEN RISICO OLIEBEHANDELINGSLOCATIE

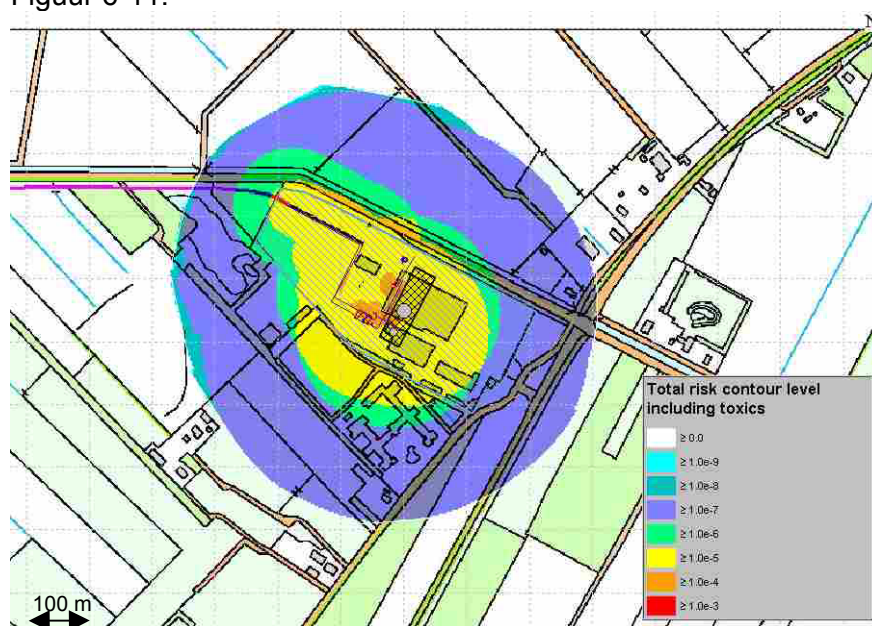
6.3.1 Oliebehandelingsinstallatie

Voor de oliebehandelingsinstallatie (OBI) zijn de PR contouren berekend. Bij de berekeningen is ervan uitgegaan dat alle geproduceerde olie/water wordt gescheiden in V-1001 en de casing damp wordt verwerkt via de 3-fase separator V-5001.

Bij de risico-analyse zijn de volgende apparaten in ogenschouw genomen:

- 3-fase separatoren V-1001 en V-5001;
- Crude heaters E-1001 en E-1002;
- Dehydratie tank T-1001;
- Wastank T-1002;
- De-emulsifier (Methanol) injectieskid;
- Olie-export pompen;
- Olie-damp compressor unit K-2002;
- Procesleidingen
- Grondfakkels.

De berekende Plaatsgebonden Risico contouren voor de OBI zijn weergegeven in Figuur 6-11.



Figuur 6-11: Plaatsgebonden Risico Oliebehandelingsinstallatie

De berekende 10^{-6} per jaar PR contour ligt op een afstand van maximaal 60 m ten noorden en 100 m ten zuid westen van de locatie. Binnen deze PR contour liggen geen kwetsbare objecten¹⁵.

¹⁵ Opgemerkt dient te worden dat het voormalige NAM BUGL kantoor gesloopt gaat worden.



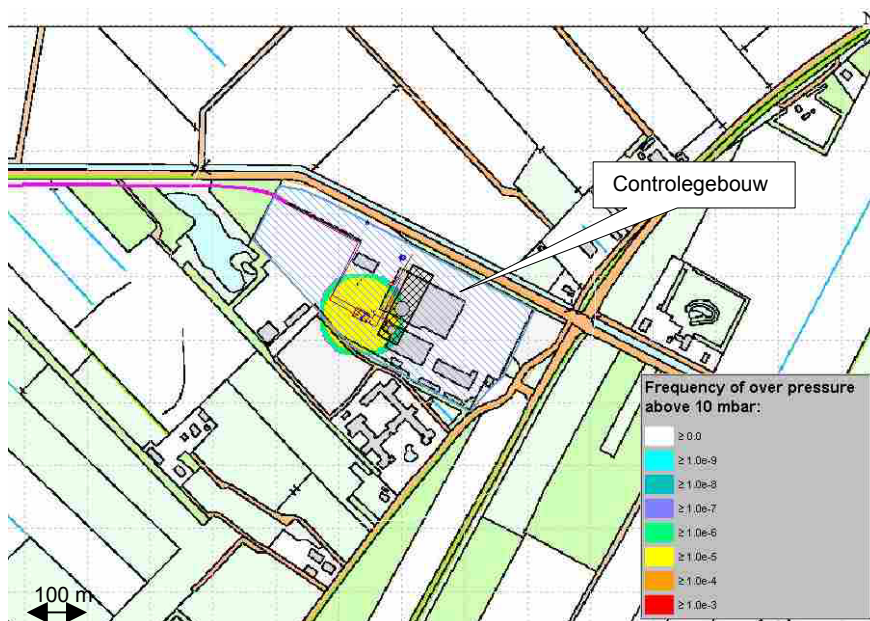
De berekende lekfrequentie voor de OBI is eens per 452 jaar. De top 7 van de lekkagescenario's is weergegeven in Tabel 6-1.

Tabel 6-1: Ranking van top 7 lekkagescenario's

Ranking	Type	lekfrequentie [per jaar]	Label
1.	Pipe leak	1.145e-003	Inlet Crude, Line from Separators to Heater E1001 and T1001, Line from T1001 to T1002, Crude from T1002 to export pumps, Gas to cogen plant, Export Gas to steam generation, Inlet Gas to V5001
2.	Point leak B	5.000e-004	Pumps P1102 A/B
3.	Storage tank leak	3.300e-004	T1001 Dehydration, Methanol Injection, T1002 treatment
4.	Domino leak	2.323e-004	T1001 Dehydration, Methanol Injection, T1002 treatment, Pumps P1102 A/B, Inlet Crude, Line from Separators to Heater E1001 and T1001, Line from T1001 to T1002, Crude from T1002 to export pumps, Gas to cogen plant, Export Gas to steam generation, Inlet Gas to V5001, V5001 gas Separation, E1002 crude heater, V1001 crude separator, E1001 crude heater

Uit bovenstaande tabel blijkt dat de kans op lekkages, naast de initiële kans op lekkages en in grote mate bepaald wordt door de dominolekkages in de directe omgeving van de 3-fase separatoren.

Naast de brand- en toxische risico's, zijn voor de OBI ook de explosierisico's bepaald. De kans waarbij een explosieoverdruk groter dan 10 mbar kan optreden is weergegeven in Figuur 6-12.



Figuur 6-12: Explosieoverdruk overschrijdingskans oliebehandelingsinstallatie

Uit bovenstaande figuur blijkt dat de explosierisico's beperkt blijven tot het procesgedeelte van de oliebehandelingsinstallatie, met name de 3-fase separatoren, en geen gevaar vormen voor het controlegebouw en (beperkt) kwetsbare objecten in de omgeving.

6.3.2 Warmtekrachtcentrale

Door KEMA is er een risico-analyse uitgevoerd voor de WKC [ix, xxvi]. Met betrekking tot de veiligheid voor omwonenden, voorbijgangers en naburige bedrijven kunnen de hierna genoemde installatiedelen van de centrale eventueel risico's met zich meebrengen:

- aardgasaanvoer
- secundair gasaanvoer
- stoomcircuits
- stoomturbines/generatoren
- gasturbines/generatoren

De berekende 1.10^{-6} /jaar PR-contour liggen op circa 40 m rond het gasontvangststation.

6.3.3 Oliebehandelingslocatie

Op basis van bovenstaande paragrafen kan geconcludeerd worden dat 10^{-6} per jaar PR contour ten gevolge van de WKC verwaarloosbaar is ten opzichte van de 10^{-6} per jaar PR contour ten gevolge van de OBI. Derhalve wordt de 10^{-6} per jaar PR contour voor de oliebehandelingslocatie, bestaande uit de OBI en de WKC, geheel bepaald door de 10^{-6} per jaar PR contour van de OBI.

6.4 PLAATSGEBONDEN RISICO OLIE-EXPORTLEIDING

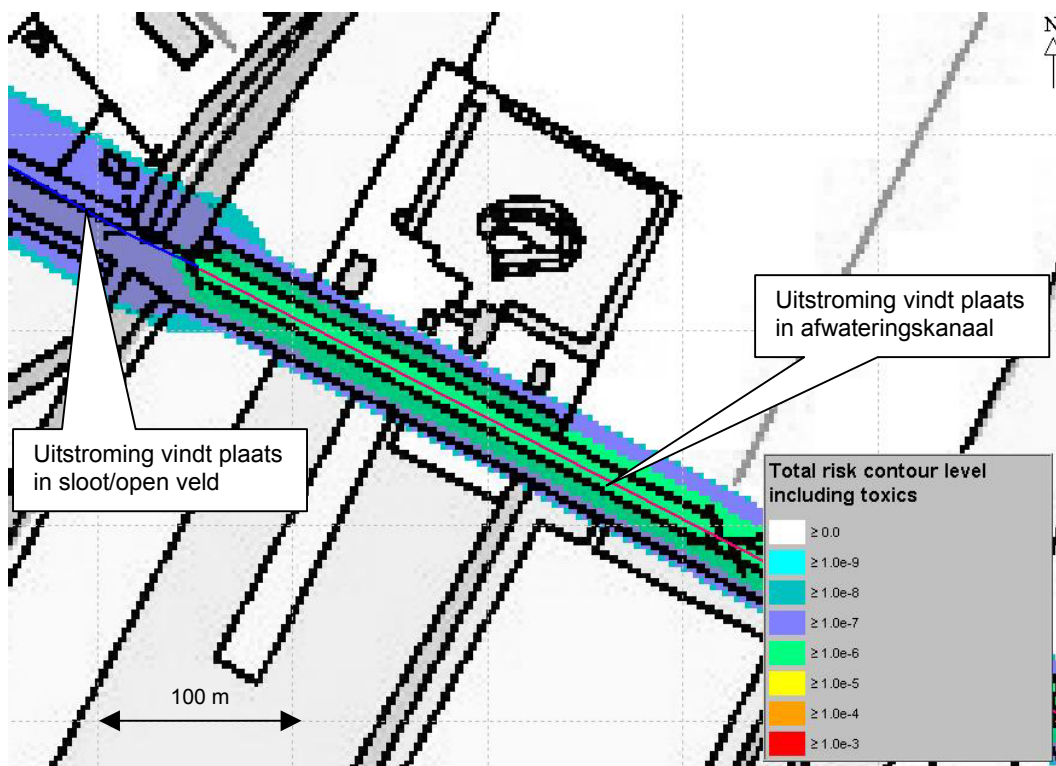
De olie-exportleiding is een ondergrondse DN 200 leiding die loopt aan van de OBI naar de raffinaderij in Lingen (Duitsland) waar de olie verder verwerkt wordt.

Voor de olie-export leiding is naast de base case, een ondergrondse leiding (met PE mantelbuis) zonder additionele veiligheidsvoorzieningen, de risicoreducerende door het aanbrengen van waarschuwingslint boven de leiding in de nabijheid van (beperkt) kwetsbare objecten gekwantificeerd.

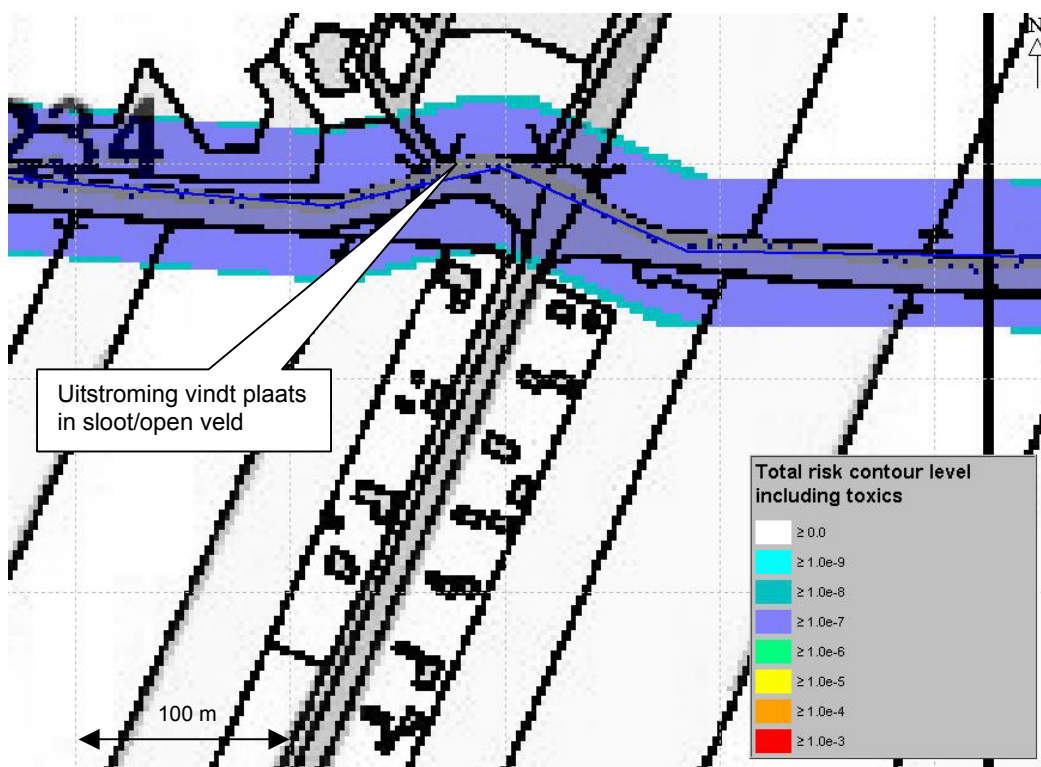
De berekende risico's zijn weergegeven in Figuur 6-13, Figuur 6-14 en Figuur 6-15.



Figuur 6-13: Plaatsgebonden Risico's olie-exportleiding - base case, uitstroming in afwateringskanaal



Figuur 6-14: Plaatsgebonden Risico's olie-exportleiding – leiding voorzien van waarschuwingslint, uitstroming in afwateringskanaal



Figuur 6-15: Plaatsgebonden Risico olie-exportleiding - base case, uitstroming naar sloot/open veld



Uit de figuren blijkt dat het externe risico voor de gevallen waarbij de uitstroming plaatsvindt in het afwateringskanaal in nabijheid van de bron hoger is dan voor de gevallen waarbij de uitstroming plaatsvindt naar een sloot/open veld. De oorzaak daarvoor is dat bij een uitstroming in het afwateringskanaal de uitstroming zich over een grote lengte verspreid waardoor de blootstellingskans gegeven een uitstroming toeneemt.

Verder blijkt dat in geen van de onderzochte gevallen de risiconormering (zie paragraaf 2.2) voor (beperkt) kwetsbare objecten overschreden wordt en het aanbrengen van waarschuwingsslint een zeer beperkte invloed heeft op de ligging van de 10^{-6} /jaar PR contour.

6.5 WATERINJECTIELEIDING

Het injectiewater bevat slechts een geringe rest-hoeveelheid koolwaterstoffen, inclusief sporen opgelost H_2S . In geval van lekkage of catastrofaal falen van de injectieleiding zal dit kunnen leiden tot verontreiniging van de ondergrond en mogelijk tot enige geur overlast. Door de geringe hoeveelheid koolwaterstoffen in water is de kans op een plasbrand en/of blootstelling aan toxische stoffen verwaarloosbaar en zijn de risico's niet gekwantificeerd.

6.6 WATERINJECTIELOCATIES

In geval van lekkage of catastrofaal falen van onplot leidingwerk of een injectiepomp zal de vloeistof in eerste instantie worden opgevangen op het verharde deel van de locatie; uiteindelijk zou wegstromend water via de hoekbak in het oppervlaktewater te recht kunnen komen. Evenals voor de waterinjectie leiding is ook hier de kans op een plasbrand en/of blootstelling aan toxische stoffen verwaarloosbaar.

Alle waterinjectie putten zullen worden voorzien van een zgn. back-pressure valve (zie Bijlage IV) direct onder de X-mastree op maaiveld niveau. Deze afsluiter voorkomt dat er na het stoppen van de waterinjectie pomp een vacuum zou kunnen ontstaan in de installatiedelen down stream van de pomp (als gevolg van een "vallende" waterkolom in de put tubing), hetgeen weer kan resulteren in lucht intrede met als uiteindelijk gevolg corrosie. Met deze afsluiter, zal het wegzakken van de waterkolom in de tubing worden vertraagd en mogelijk worden gestopt (het vacuum ontstaat nu onder de afsluiter).

De vloeistofkolom in de tubing is in principe in evenwicht met de in het reservoir heersende druk. Theoretisch kan niet worden uitgesloten dat er na een langdurige injectiestop toch gas naar boven borrelt. Dit gas zal zich onder de back-pressure valve verzamelen. Bij catastrofaal falen van de X-mastree kan er dus een (gering) hoeveelheid gas vrijkomen. In het ergste geval zou dit zelfs kunnen resulteren in een tubing blow-out. De blow-out potentials van de waterinjectie putten zijn echter gering; zie onderstaande Tabel 6-2.



Tabel 6-2: Blow-out effectafstanden

Locatie	WIW	CITHP [barg]	Tubing BOP [Nm ³ /d]	Effectafstand warmtestraling		
				12.5 [kW/m ²]	5.0 [kW/m ²]	1.6 [kW/m ²]
ROW-2	ROW-2	16.0	120000	13	19	28
	ROW-7	20.5	44000	9	13	19
ROW-3	ROW-3	69.8	94000	10	15	23
	ROW-4	18.4	15000	8	10	14
ROW-5	ROW-5	16.5	152000	14	20	30
ROW-6	ROW-6	88.0	129000	8	15	25
	ROW-8	65.1				
	ROW-9	21.5				
TUM-1	TUM-1	31.7	50000	10	14	20
TUM-2	TUM-2	72.7	86000	10	15	23
	TUM-3	97.5	54000	10	14	20

In alle gevallen (aannemende dat de ROW-6/8/9 contouren vergelijkbaar zijn) liggen de 12.5 kW/m² warmtestralingscontour ruim binnen het hek van de locatie en derhalve ligt de 10⁻⁶/jaar PR contour eveneens binnen het hek van de locatie.



7.0 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

7.1 PUTTENLOCATIES

In geen van de onderzochte situaties liggen er kwetsbare objecten binnen de 10^{-6} per jaar PR contour. Op basis van de uitgevoerde berekeningen kan derhalve worden geconcludeerd dat de puttenlocaties voldoen aan de externe veiligheidseisen.

Verder is gebleken dat het plaatsen van terugslagkleppen, met name voor de plant battery limit afsluiter in de CVR en olie-water export leidingen, een grote risicoreductie geeft. Aanbevolen wordt om deze terugslagkleppen te plaatsen zodat aan het ALARP principe voldaan wordt.

Opgemerkt dient te worden dat door de installatie van terugslagkleppen in de uitgaande CVR en olie/water leidingen, de milieuschade bij een grote lekkage sterk beperkt zal worden. Dit omdat voorkomen wordt dat bij een grote lekkage op het puttenterrein de inhoud van en toevoer naar de infield transportleiding op de puttenlocatie kan uitstromen.

7.2 INFELD TRANSPORTLEIDINGEN

Als de leidingen bovengronds worden aangelegd, worden de risiconormeringswaarden overschreden. Door het aanbrengen van additionele maatregelen, zoals het leggen van de leidingen in een leidingstraat en deze straat, waar noodzakelijk, aan weerszijden te voorzien van een vloeistofkering, kan aan de externe veiligheidsnormeringen worden voldaan.

Geadviseerd wordt om binnen een afstand van 250 m van (beperkt) kwetsbare objecten (woningen), de infield transportleidingen in een leidingstraat te leggen zodat aan de externe veiligheidseisen voldaan kan worden. Verder kan overwogen worden om binnen een afstand van 45 m van deze objecten/woningen, de leidingstraat aan weerszijden te voorzien van een vloeistofkering om de externe veiligheidsrisico's te minimaliseren. Tijdens het detailontwerp zal de exacte locatie van de leidingstraat en de vloeistofkeringen geoptimaliseerd moeten worden.

Tevens is aanbevolen om ter plaatse van (T-)kruisingen en bochten in de weg, de leidingen door middel van een aanrijdbeveiliging te beschermen voor (vracht)auto's.

Verder wordt aanbevolen om tijdens het detail ontwerp voor het gehele Schoonebeker olieproductie systeem een alomvattende risicoanalyse uit te voeren op basis van het definitieve ontwerp, om aan te tonen dat ook de risico's van de locaties vermeerderd met de risico's van de transportleidingen, de grenswaarden niet overschrijden.



7.3 OLIEBEHANDELINGSLOCATIE

Uit de uitgevoerde risicoberekeningen is gebleken dat:

- Er geen (beperkt) kwetsbare objecten liggen binnen de 10^{-6} per jaar PR contour en de externe risico's derhalve acceptabel zijn.
- Er geen explosierisico's zijn voor het controlegebouw en (beperkt) kwetsbare objecten in de omgeving van de oliebehandelingslocatie.

Aanbevolen wordt om bij significante wijzigingen van de oliebehandelingsinstallatie en/of warmtekrachtcentrale (b.v. andere locatie, layout of proceswijzigingen) de validiteit van de risicoanalyse te verifiëren en zonodig een nieuwe risicoanalyse uit te voeren.

7.4 OLIE-EXPORTLEIDING

Uit de uitgevoerde berekeningen blijkt dat in geen van de onderzochte gevallen de risiconormering voor (beperkt) kwetsbare objecten gelegen overschreden wordt.

7.5 WATERINJECTIELEIDING EN -LOCATIES

Uit de uitgevoerde analyse is gebleken dat de externe veiligheidsrisico's voor de waterinjectieleiding en -locaties verwaarloosbaar zijn.



8.0 DEFINITIES EN AFKORTINGEN

8.1 AFKORTINGEN

ALARP	As Low As Reasonable Practicable
AMvB	Algemene Maatregel van Bestuur
BL	Battery Limit
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion
Blow-out	Een incident waarbij formatie vloeistoffen vrijkomen uit de put of tussen verschillende formatielagen, indien beveiligingssystemen aanwezig waren op het moment van vrijkomen hebben deze gefaald.
DHSV	Down Hole Safety Valve
EIU	Environmental Impact Unit
GDF	Grijpskerk Depletie Faciliteiten
GIEGEL	Gevaren Inventarisatie En Gevolg Evaluatie Lijst
HAZID	Hazard Identification Study
LFL	Lower Flammable Limit
LOC	Loss Of Containment
MER	Milieu Effect rapportage
NAM	Nederlandse Aardolie Maatschappij
OBI	Oliebehandelingsinstallatie
ppm	Parts Per Million
PR	Plaatsgebonden Risico
QRA	Quantitative Risk Analysis
RIB	Richtlijn Informatie Eisen BRZO
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
SCH-1500	Schoonebeek 1500 puttenlocatie
SGDA	Solution Gas Drive Area
SIEP	Shell International Exploration and Production
UGS	Underground Gas Storage
Well release	Een incident waarbij koolwaterstoffen vrijkomen op een plaats waar dit niet bedoeld was. Deze stroom is gestopt door de aanwezige beveiligingssysteem dat aanwezig was op de putafwerking.
Well Services	Wireline, coiled tubing, snubbing activiteiten etc; uitvoering zelfstandig of in samenhang met een workover operatie.
Wireline	Wireline operaties in productie of injectie putten (i.e. dit zijn geen wireline operaties in het kader van booroperaties).
WKC	Warmtekracht centrale
Workover	Workover activiteiten die niet de volgende activiteiten behelzen: wireline, snubbing, coiled tubing operaties. Soms wordt ook wel gesproken over 'Heavy workover'.



8.2 DEFINITIES

Kwetsbaar object [i]:

- a. Woningen, niet zijnde woningen als bedoeld in onderdeel a, onder beperkt kwetsbaar object
- b. Gebouwen bestemd voor het verblijf, al dan niet gedurende een gedeelte van de dag, van minderjarigen, ouderen, zieken of gehandicapten, zoals:
 1. Ziekenhuizen, bejaardenhuizen en verpleeghuizen;
 2. Scholen, of
 3. Gebouwen of gedeelten daarvan, bestemd voor dagopvang van minderjarigen;
- c. Gebouwen waarin doorgaans grote aantallen personen gedurende een groot gedeelte van de dag aanwezig zijn, zoals:
 1. Kantoorgebouwen en hotels met een bruto vloeroppervlak van meer dan 1500 m² per object, of
 2. Complexen waarin meer dan 5 winkels zijn gevestigd en waarvan het gezamenlijk bruto vloeroppervlak meer dan 1000 m² bedraagt en winkels met een totaal bruto vloeroppervlak van meer dan 2000 m² per winkel, voor zover in die complexen of in die winkels een supermarkt, hypermarkt of warenhuis is gevestigd.
- d. Kampeer- en andere recreatieterreinen bestemd voor het verblijf van meer dan 50 personen gedurende meerdere aaneengesloten dagen.

Beperkt kwetsbaar object [ii]:

- a. Woningen:
 1. Verspreid liggende woningen van derden met een dichtheid van maximaal twee woningen per hectare, en
 2. Dienst- en bedrijfswoningen van derden;
- b. Kantoorgebouwen, mits geen kwetsbare object;
- c. Hotels en restaurants, mits geen kwetsbare object;
- d. Winkels, mits geen kwetsbare object;
- e. Sporthallen, zwembaden en speeltuinen;
- f. Sport- en kampeerterreinen en terreinen bestemd voor recreatieve doeleinden, mits geen kwetsbare object;
- g. Bedrijfsgebouwen, mits geen kwetsbare object;
- h. Objecten die met de onder a tot en met e en g genoemde gelijkgesteld kunnen worden uit hoofde van de gemiddelde tijd per dag gedurende welke personen daar verblijven, het aantal personen dat daarin doorgaans aanwezig is en de mogelijkheden voor zelfredzaamheid bij een ongeval, voor zover die objecten geen kwetsbare objecten zijn, en
- i. Objecten met een hoge infrastructurele waarde, zoals een telefoon- of elektriciteitscentrale, of een gebouw met vluchtleidingsapparatuur, voor zover die objecten wegens de aard van de gevaarlijke stoffen die bij een ongeval kunnen vrijkomen, bescherming verdienen tegen de gevolgen van dat ongeval.



Plaatsgebonden Risico[i]:

Risico op een plaats buiten een inrichting, uitgedrukt als de kans per jaar dat een persoon die onafgebroken en onbeschermd op die plaats zou verblijven, overlijdt als rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval binnen die inrichting waarbij een gevaarlijke stof, gevaarlijke afvalstof of bestrijdingsmiddel betrokken is.

Opgemerkt dient te worden dat het plaatsgebonden risico een genormaliseerde risico maat is en geen maat is voor het daadwerkelijke risico voor personen in de omgeving.

Leidingstraat [xix]:

Met een leiding in een leidingstraat wordt een buisleiding bedoeld die deel uitmaakt van een groep buisleidingen op een speciaal daarvoor bestemd in ingericht tracé. De faalfrequenties in een leidingstraat zijn lager, omdat er extra veiligheidsmaatregelen, zoals, extra bescherming aan weerszijden van de leiding (bijvoorbeeld een korte damwand, ingegraven trottoirbanden of betonnen palen), extra controle en toezicht tijdens werkzaamheden in het tracé en/of een stringent meldings- en (werk)vergunningstelsel, genomen zijn.

Grenswaarde[xxvii]:

Een grenswaarde geeft de kwaliteit aan die op het in de maatregel aangegeven tijdstip ten minste moet zijn bereikt, en die, waar zij aanwezig is, ten minste moet worden instandgehouden.

Richtwaarde [xxvii]:

Een richtwaarde geeft de kwaliteit aan die op het in de maatregel aangegeven tijdstip zoveel mogelijk moet zijn bereikt, en die, waar zij aanwezig is, zoveel mogelijk moet worden instandgehouden.

Blow-out [xvii]:

Een ongecontroleerde uitstroming van formatie media uit een put of naar een ander formatie laag stromen nadat alle vooraf gedefinieerde technische barrières gefaald hebben.

Well release [xvii]:

Een incident waarbij koolwaterstoffen eerst ongewenst vanuit de put stroomden en de tijdens het incident aanwezige barrières deze stroming vervolgens gestopt hebben.



9.0 REFERENTIELIJST

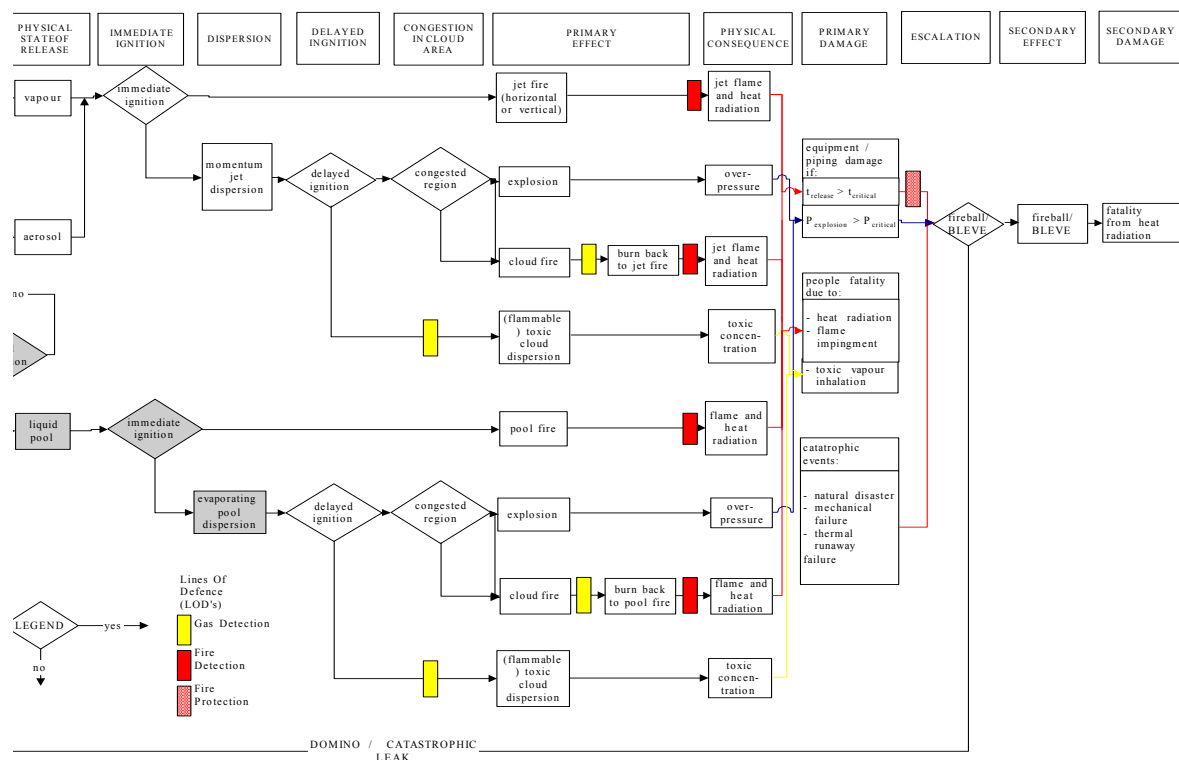
- i Ministerie VROM, *Besluit externe veiligheid inrichtingen*, Staatsblad 250, 27 mei 2004.
- ii Ministeries VW, BZK en VROM, *Circulaire Risiconormering vervoer gevaarlijke stoffen*, Staatscourant 147, 4 augustus 2004.
- iii Committee for the Prevention of Disasters, *Guidelines for Quantitative Risk Assessment*, CPR18E, 1st edition, 1999.
- iv NAM, Design Guideline NDG 00-G-0-64, *QRA Ruleset*, Augustus 2003.
- v Shell Global Solutions, *User and Technical Guide FRED V 4.0*, 2004.
- vi Shell Global Solutions, *User and Technical Guide Shepherd V 1.1*, 2003
- vii Ministerie VROM, *Wijziging van de Wet milieubeheer (Registratie gegevens externe veiligheid inrichtingen, transportroutes en buisleidingen)*, Eerste Kamer, vergaderjaar 2004–2005, 28 767, A.
- viii Ministerie VROM, *Ontwerpbesluit 'Wijziging van de Wet milieubeheer (Registratie gegevens externe veiligheid inrichtingen, transportroutes en buisleidingen)'*, Eerste Kamer, vergaderjaar 2004–2005, 28 767, A
- ix Haskoning, *MER Herontwikkeling van het olieveld Schoonebeek*, 2005.
- x Shell EP Projects, *Schoonebeek Oilfield Redevelopment Basis For Design - Design Criteria*, Revision A01, 15/03/04.
- xi Tebodin, *Studie voor boven- of ondergrondse aanleg van de infield pijpleidingen*, documentnummer 32449-10-1931003, revisie A, oktober 2004.
- xii TNO SSC, *HAZID Schoonebeek Oil Field Re-Development Project*, rapport nr. 021223294, Rev. A, 19 december 2002.
- xiii Ministerie VROM, *Nota van Toelichting Besluit externe veiligheid inrichtingen*, Staatsblad 250, 27 mei 2004.
- xiv Commissie voor de Preventie van Rampen, *Richtlijn Informatie-eisen BRZO*, CPR20, 2000
- xv NAM, *Kwantitatieve Risico Analyse Methodologie voor de Veldoperatie Kootstertille*, Rapportnummer LO.706.005, versie 1, 1996.
- xvi Vectra Group Ltd, *Technical Note Risk Assessment Down Hole Safety Valve in Producing Well Schoonebeek Redevelopment Project*, rapport 943-3201-R-004, Rev. 0, 2005.
- xvii Scandpower, *Blowout and well release frequencies – based on SINTEF Offshore Blowout database*, 2003, report number 27.005.004/R3
- xviii Aminal, *Handboek kanscijfers voor het opstellen van een veiligheidsrapport*, versie 2.0, oktober 2004
- xix NNI, NEN 3650-2, *Eisen voor buisleidingen – Deel 2 Staal*, juli 2003.
- xx I. Corder en G.D. Fearnough, *Predictions of pipeline failure frequencies, 2nd International Conference on Pipes, Pipelines and pipelinesystems*, Utrecht, 1987.
- xxi Werkgroep IPO A74, *Risico's vervoer gevaarlijke stoffen deelproject A74: buisleidingen*, 1995.
- xxii TNO Safety Solutions Consultants, *Kwantitatieve risico-analyse NOR UGS*, Revisie 0, 4 april 2002.
- xxiii SINTEF, *Handbook for Fire calculations and fire risk assessment in the process industry*, 3rd edition, 1997.



-
- xxiv Vectra Group Ltd, *Technical Note Risk Assessment Down Hole Safety Valve in Steam Injection Well Schoonebeek Redevelopment Project*, rapport 943-3201-R-003, Rev. 2, 2005.
- xxv Haskoning, *Workshop Infield Pipelines 26 oktober 2004*, 9P4965/M004/HTI/Nijm, 26 oktober 2004.
- xxvi KEMA, *Risico-analyse WKC Schoonebeek*, 2005.
- xxvii Ministerie VROM, *Wetten.overheid.nl, Wet milieubeheer*, geldend 17 December 2004.



Bijlage I: Gebeurtenissenboom



Figuur B I-1: Gebeurtenissenboom [vi]



Bijlage II: What-if analyse resultaten

B II.1 PUTTENLOCATIES

Naar aanleiding van de what-if analyses zijn de faalscenario's en bijbehorende kansen vast gelegd. Ter illustratie, zijn deze voor de puttenlocaties in de volgende tabellen weergegeven.

Tabel II-1: Initiële faalscenario's en bijbehorende kansen base case

	Faalscenario	Faalkans	Available throughput	Max releasable Inventory	Actual release	Pool fire	Jet fire	LFL pool	LFL jet	H ₂ S pool	H ₂ S jet
Productie	blowout	$7e^{-6}$ /putjaar	360.8 t/d	∞	4.1 kg/s	5.3 m	0	D5 = 21 m F2 = 36 m	0	D5 = 4,7 m F2 = 13 m	0
	well release	$5.2e^{-6}$ /putjaar	360.8 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Wire line	blowout	$5.5e^{-6}$ /operatie	360.8 t/d	∞	4.1 kg/s	5.3 m	0	D5 = 21 m F2 = 36 m	0	D5 = 4,7 m F2 = 13 m	0
	well release	$1.7e^{-5}$ /operatie	360.8 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Coiled tubing	blowout	$1.2e^{-4}$ /operatie	360.8 t/d	∞	4.1 kg/s	5.3 m	0	D5 = 21 m F2 = 36 m	0	D5 = 4,7 m F2 = 13 m	0
	well release	$2.4e^{-4}$ /operatie	360.8 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Workover	blowout	$1.4e^{-4}$ /operatie	360.8 t/d	∞	4.1 kg/s	5.3 m	0	D5 = 21 m F2 = 36 m	0	D5 = 4,7 m F2 = 13 m	0
	well release	$5.5e^{-4}$ /operatie	360.8 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Snubbing	blowout	$2.8e^{-4}$ /operatie	360.8 t/d	∞	4.1 kg/s	5.3 m	0	D5 = 21 m F2 = 36 m	0	D5 = 4,7 m F2 = 13 m	0
	well release	$3.9e^{-4}$ /operatie	360.8 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0



	Faalscenario	Faalkans	Available throughput	Max releasable Inventory	Actual release	Pool fire	Jet fire	LFL pool	LFL jet	H ₂ S pool	H ₂ S jet
Pomp	Falen grootste aansluiting	5e ⁻⁵ /jaar	360.8 t/d	∞	4.1 kg/s	5.3 m	0	D5 = 21 m F2 = 36 m	0	D5 = 4,7 m F2 = 13 m	0
	10% grootste aansluiting	1e ⁻⁴ /jaar	360.8 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Flow leiding (na check valve)	Breuk	2.15e ⁻⁸ /D per m ⁻¹ jr ⁻¹	17000 t/d	∞	196 kg/s	53 m	0	D5 = 164 m F2 = 307 m	0	D5 = 51 m F2 = 111 m	0
	Lekkage	1.03e ⁻⁷ /D per m ⁻¹ jr ⁻¹	17000 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
CVR flow leiding (voor check valve)	Lekkage	1.03e ⁻⁷ /D per m ⁻¹ jr ⁻¹	0.007 kg/s	33.6 kg	0.007 kg/s	n.v.t.	1.1 m	n.v.t.	0.3 m	n.v.t.	0 m
	Breuk	2.15e ⁻⁸ /D per m ⁻¹ jr ⁻¹	1.1 kg/s	33.6 kg	1.1 kg/s	n.v.t.	11,5 m	n.v.t.	3 m	n.v.t.	0.2 m
CVR flow leiding (na check valve)	Lekkage	1.03e ⁻⁷ /D per m ⁻¹ jr ⁻¹	50 t/d	∞	0.007 kg/s	n.v.t.	1.1 m	n.v.t.	0.3 m	n.v.t.	0 m
	Breuk	2.15e ⁻⁸ /D per m ⁻¹ jr ⁻¹	50 t/d	∞	1.1 kg/s	n.v.t.	11,5 m	n.v.t.	3 m	n.v.t.	0.2 m
Separator	Instantaan falen	5 * 10 ⁻⁶	17000 t/d	∞	196 kg/s	53 m	0	D5 = 164 m F2 = 307 m	0	D5 = 51 m F2 = 111 m	0
	Uitstroming gehele inhoud in 10 min	5 * 10 ⁻⁶	17000 t/d	∞	196 kg/s	53 m	0	D5 = 164 m F2 = 307 m	0	D5 = 51 m F2 = 111 m	0
	10 mm gat	1 * 10 ⁻⁴	17000 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Header CVR	Lekkage	1.03e ⁻⁷ /D per m ⁻¹ jr ⁻¹	50 t/d	∞	0.03 kg/s	n.v.t.	2.7 m	n.v.t.	0.5 m	n.v.t.	0 m
	Breuk	2.15e ⁻⁸ /D per m ⁻¹ jr ⁻¹	50 t/d	∞	2.7 kg/s	n.v.t.	18 m	n.v.t.	5.5 m	n.v.t.	0.5 m
Header Crude	Breuk	2.15e ⁻⁸ /D per m ⁻¹ jr ⁻¹	17000 t/d	∞	196 kg/s	53 m	0	D5 = 164 m F2 = 307 m	0	D5 = 51 m F2 = 111 m	0
	Lekkage	1.03e ⁻⁷ /D per m ⁻¹ jr ⁻¹	17000 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0



Tabel II-2: Initiële faalscenario's en bijbehorende kansen optie 1 (additionale check valve in plant outlet)

	Faalscenario	Faalkans	Available throughput	Max releasable Inventory	Actual release	Pool fire	Jet fire	LFL pool	LFL jet	H ₂ S pool	H ₂ S jet
Productie	blowout	$7e^{-6}$ /putjaar	360.8 t/d	∞	4.1 kg/s	5.3 m	0	D5 = 21 m F2 = 36 m	0	D5 = 4,7 m F2 = 13 m	0
	well release	$5.2e^{-6}$ /putjaar	360.8 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Wire line	blowout	$5.5e^{-6}$ /operatie	360.8 t/d	∞	4.1 kg/s	5.3 m	0	D5 = 21 m F2 = 36 m	0	D5 = 4,7 m F2 = 13 m	0
	well release	$1.7e^{-5}$ /operatie	360.8 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Coiled tubing	blowout	$1.2e^{-4}$ /operatie	360.8 t/d	∞	4.1 kg/s	5.3 m	0	D5 = 21 m F2 = 36 m	0	D5 = 4,7 m F2 = 13 m	0
	well release	$2.4e^{-4}$ /operatie	360.8 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Workover	blowout	$1.4e^{-4}$ /operatie	360.8 t/d	∞	4.1 kg/s	5.3 m	0	D5 = 21 m F2 = 36 m	0	D5 = 4,7 m F2 = 13 m	0
	well release	$5.5e^{-4}$ /operatie	360.8 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Snubbing	blowout	$2.8e^{-4}$ /operatie	360.8 t/d	∞	4.1 kg/s	5.3 m	0	D5 = 21 m F2 = 36 m	0	D5 = 4,7 m F2 = 13 m	0
	well release	$3.9e^{-4}$ /operatie	360.8 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Pomp	Falen grootste aansluiting	$5e^{-5}$ /jaar	360.8 t/d	∞	4.1 kg/s	5.3 m	0	D5 = 21 m F2 = 36 m	0	D5 = 4,7 m F2 = 13 m	0
	10% grootste aansluiting	$1e^{-4}$ /jaar	360.8 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Flow leiding (na check valve)	Breuk	$2.15e^{-8}$ /D per $m^{-1}jr^{-1}$	1082 t/d	∞	12.5 kg/s	9.7 m	0	D5 = 39 m F2 = 73 m	0	D5 = 9 m F2 = 27 m	0
	Lekkage	$1.03e^{-7}$ /D per $m^{-1}jr^{-1}$	1082 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0



	Faalscenario	Faalkans	Available throughput	Max releasable Inventory	Actual release	Pool fire	Jet fire	LFL pool	LFL jet	H ₂ S pool	H ₂ S jet
CVR flow leiding (voor check valve)	Lekkage	$1.03e^{-7}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	0.007 kg/s	33.6 kg	0.007 kg/s	n.v.t.	1.1 m	n.v.t.	0.3 m	n.v.t.	0 m
	Breuk	$2.15e^{-8}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	1.1 kg/s	33.6 kg	1.1 kg/s	n.v.t.	11,5 m	n.v.t.	3 m	n.v.t.	0.2 m
CVR flow leiding (na check valve)	Lekkage	$1.03e^{-7}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	0.007 kg/s	100 kg	0.007 kg/s	n.v.t.	1.1 m	n.v.t.	0.3 m	n.v.t.	0 m
	Breuk	$2.15e^{-8}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	1.1 kg/s	100 kg	1.1 kg/s	n.v.t.	11,5 m	n.v.t.	3 m	n.v.t.	0.2 m
Separator	Instantaan falen	$5 * 10^{-6}$	1082 t/d	∞	12.5 kg/s	9.7 m	0	D5 = 39 m F2 = 73 m	0	D5 = 9 m F2 = 27 m	0
	Uitstroming gehele inhoud in 10 min	$5 * 10^{-6}$	1082 t/d	∞	12.5 kg/s	9.7 m	0	D5 = 39 m F2 = 73 m	0	D5 = 9 m F2 = 27 m	0
	10 mm gat	$1 * 10^{-4}$	1082 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Header CVR	Lekkage	$1.03e^{-7}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	50 t/d	100 kg	0.03 kg/s	n.v.t.	2.7 m	n.v.t.	0.5 m	n.v.t.	0 m
	Breuk	$2.15e^{-8}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	50 t/d	100 kg	2.7 kg/s	n.v.t.	18 m	n.v.t.	5.5 m	n.v.t.	0.5 m
Header Crude	Breuk	$2.15e^{-8}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	1082 t/d	∞	12.5 kg/s	9.7 m	0	D5 = 39 m F2 = 73 m	0	D5 = 9 m F2 = 27 m	0
	Lekkage	$1.03e^{-7}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	1082 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0



Tabel II-3: Initiële faalscenario's en bijbehorende kansen optie 2 (additionale check valve in plant outlet en na separator)

	Faalscenario	Faalkans	Available throughput	Max releasable Inventory	Actual release	Pool fire	Jet fire	LFL pool	LFL jet	H ₂ S pool	H ₂ S jet
Productie	blowout	$7e^{-6}$ /putjaar	360.8 t/d	∞	4.1 kg/s	5.3 m	0	D5 = 21 m F2 = 36 m	0	D5 = 4,7 m F2 = 13 m	0
	well release	$5.2e^{-6}$ /putjaar	360.8 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Wire line	blowout	$5.5e^{-6}$ /operatie	360.8 t/d	∞	4.1 kg/s	5.3 m	0	D5 = 21 m F2 = 36 m	0	D5 = 4,7 m F2 = 13 m	0
	well release	$1.7e^{-5}$ /operatie	360.8 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Coiled tubing	blowout	$1.2e^{-4}$ /operatie	360.8 t/d	∞	4.1 kg/s	5.3 m	0	D5 = 21 m F2 = 36 m	0	D5 = 4,7 m F2 = 13 m	0
	well release	$2.4e^{-4}$ /operatie	360.8 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Workover	blowout	$1.4e^{-4}$ /operatie	360.8 t/d	∞	4.1 kg/s	5.3 m	0	D5 = 21 m F2 = 36 m	0	D5 = 4,7 m F2 = 13 m	0
	well release	$5.5e^{-4}$ /operatie	360.8 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Snubbing	blowout	$2.8e^{-4}$ /operatie	360.8 t/d	∞	4.1 kg/s	5.3 m	0	D5 = 21 m F2 = 36 m	0	D5 = 4,7 m F2 = 13 m	0
	well release	$3.9e^{-4}$ /operatie	360.8 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Pomp	Falen grootste aansluiting	$5e^{-5}$ /jaar	360.8 t/d	∞	4.1 kg/s	5.3 m	0	D5 = 21 m F2 = 36 m	0	D5 = 4,7 m F2 = 13 m	0
	10% grootste aansluiting	$1e^{-4}$ /jaar	360.8 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Flow leiding (alleen voor	Breuk	$2.15e^{-8}$ /D per $m^{-1}jr^{-1}$	360.8 t/d	∞	4.1 kg/s	5.3 m	0	D5 = 21 m F2 = 36 m	0	D5 = 4,7 m F2 = 13 m	0



	Faalscenario	Faalkans	Available throughput	Max releasable Inventory	Actual release	Pool fire	Jet fire	LFL pool	LFL jet	H ₂ S pool	H ₂ S jet
flow leiding aangesloten op separator en XV's)	Lekkage	$1.03e^{-7}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	360.8 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Flow leiding (niet aangesloten op separator en XV's)	Breuk	$2.15e^{-8}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	720 t/d	∞	4.1 kg/s	5.3 m	0	D5 = 21 m F2 = 36 m	0	D5 = 4,7 m F2 = 13 m	0
	Lekkage	$1.03e^{-7}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	720 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
CVR flow leiding (voor check valve)	Lekkage	$1.03e^{-7}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	0.007 kg/s	33.6 kg	0.007 kg/s	n.v.t.	1.1 m	n.v.t.	0.3 m	n.v.t.	0 m
	Breuk	$2.15e^{-8}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	1.1 kg/s	33.6 kg	1.1 kg/s	n.v.t.	11,5 m	n.v.t.	3 m	n.v.t.	0.2 m
CVR flow leiding na check valve)	Lekkage	$1.03e^{-7}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	0.007 kg/s	100 kg	0.007 kg/s	n.v.t.	1.1 m	n.v.t.	1 m	n.v.t.	0.1 m
	Breuk	$2.15e^{-8}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	1.1 kg/s	100 kg	1.1 kg/s	n.v.t.	11,5 m	n.v.t.	7 m	n.v.t.	0.8 m
Separator	Instantaan falen	$5 * 10^{-6}$	360.8 t/d	∞	4.1 kg/s	5.3 m	0	D5 = 21 m F2 = 36 m	0	D5 = 4,7 m F2 = 13 m	0
	Uitstroming gehele inhoud in 10 min	$5 * 10^{-6}$	360.8 t/d	∞	4.1 kg/s	5.3 m	0	D5 = 21 m F2 = 36 m	0	D5 = 4,7 m F2 = 13 m	0
	10 mm gat	$1 * 10^{-4}$	360.8 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Header CVR	Lekkage	$1.03e^{-7}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	0.007 kg/s	100 kg	0.03 kg/s	n.v.t.	2.7 m	n.v.t.	0.5 m	n.v.t.	0 m
	Breuk	$2.15e^{-8}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	1.1 kg/s	100 kg	2.7 kg/s	n.v.t.	18 m	n.v.t.	5.5 m	n.v.t.	0.5 m
Header Crude	Breuk	$2.15e^{-8}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	1082 t/d	∞	12.5 kg/s	9.7 m	0	D5 = 39 m F2 = 73 m	0	D5 = 9 m F2 = 27 m	0
	Lekkage	$1.03e^{-7}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	1082 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0



Tabel II-4: Initiële faalscenario's en bijbehorende kansen voor SCH-1 (met check valve in plant outlet)

	Faalscenario	Faalkans	Available throughput	Max releasable Inventory	Actual release	Pool fire	Jet fire	LFL pool	LFL jet	H ₂ S pool	H ₂ S jet
Productie	blowout	$7e^{-6}$ /putjaar	721 t/d	∞	8.3 kg/s	8 m	0	D5 = 31 m F2 = 58 m	0	D5 = 7 m F2 = 21 m	0
	well release	$5.2e^{-6}$ /putjaar	721 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Wire line	blowout	$5.5e^{-6}$ /operatie	721 t/d	∞	8.3 kg/s	8 m	0	D5 = 31 m F2 = 58 m	0	D5 = 7 m F2 = 21 m	0
	well release	$1.7e^{-5}$ /operatie	721 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Coiled tubing	blowout	$1.2e^{-4}$ /operatie	721 t/d	∞	8.3 kg/s	8 m	0	D5 = 31 m F2 = 58 m	0	D5 = 7 m F2 = 21 m	0
	well release	$2.4e^{-4}$ /operatie	721 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Workover	blowout	$1.4e^{-4}$ /operatie	721 t/d	∞	8.3 kg/s	8 m	0	D5 = 31 m F2 = 58 m	0	D5 = 7 m F2 = 21 m	0
	well release	$5.5e^{-4}$ /operatie	721 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Snubbing	blowout	$2.8e^{-4}$ /operatie	721 t/d	∞	8.3 kg/s	8 m	0	D5 = 31 m F2 = 58 m	0	D5 = 7 m F2 = 21 m	0
	well release	$3.9e^{-4}$ /operatie	721 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Pomp	Falen grootste aansluiting	$5e^{-5}$ /jaar	721 t/d	∞	8.3 kg/s	8 m	0	D5 = 31 m F2 = 58 m	0	D5 = 7 m F2 = 21 m	0
	10% grootste aansluiting	$1e^{-4}$ /jaar	721 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Flow leiding (na check)	Breuk	$2.15e^{-8}$ /D per $m^{-1}jr^{-1}$	2884 t/d	∞	33.3 kg/s	17 m	0	D5 = 64 m F2 = 117 m	0	D5 = 17 m F2 = 42 m	0



	Faalscenario	Faalkans	Available throughput	Max releasable Inventory	Actual release	Pool fire	Jet fire	LFL pool	LFL jet	H ₂ S pool	H ₂ S jet
valve)	Lekkage	$1.03e^{-7}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	2884 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
CVR flow leiding (voor check valve)	Lekkage	$1.03e^{-7}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	0.007 kg/s	33.6 kg	0.007 kg/s	n.v.t.	1.1 m	n.v.t.	0.3 m	n.v.t.	0 m
	Breuk	$2.15e^{-8}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	1.1 kg/s	33.6 kg	1.1 kg/s	n.v.t.	11,5 m	n.v.t.	3 m	n.v.t.	0.2 m
CVR flow leiding (na check valve)	Lekkage	$1.03e^{-7}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	0.007 kg/s	130 kg	0.007 kg/s	n.v.t.	1.1 m	n.v.t.	1 m	n.v.t.	0.1 m
	Breuk	$2.15e^{-8}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	1.1 kg/s	130 kg	1.1 kg/s	n.v.t.	11,5 m	n.v.t.	7 m	n.v.t.	0.8 m
Separator	Instantaan falen	$5 * 10^{-6}$	2884 t/d	∞	33.3 kg/s	17 m	0	D5 = 64 m F2 = 117 m	0	D5 = 17 m F2 = 42 m	0
	Uitstroming gehele inhoud in 10 min	$5 * 10^{-6}$	2884 t/d	∞	33.3 kg/s	17 m	0	D5 = 64 m F2 = 117 m	0	D5 = 17 m F2 = 42 m	0
	10 mm gat	$1 * 10^{-4}$	2884 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Header CVR	Lekkage	$1.03e^{-7}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	0.007 kg/s	130 kg	0.03 kg/s	n.v.t.	2.7 m	n.v.t.	0.5 m	n.v.t.	0 m
	Breuk	$2.15e^{-8}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	1.1 kg/s	130 kg	2.7 kg/s	n.v.t.	18 m	n.v.t.	5.5 m	n.v.t.	0.5 m
Header Crude	Breuk	$2.15e^{-8}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	2884 t/d	∞	33.3 kg/s	17 m	0	D5 = 64 m F2 = 117 m	0	D5 = 17 m F2 = 42 m	0
	Lekkage	$1.03e^{-7}/D$ per $m^{-1}jr^{-1}$	2884 t/d	∞	1.4 kg/s	3.1 m	0	D5 = 12 m F2 = 21 m	0	D5 = 2 m F2 = 8 m	0
Methanol storage	Instantaan falen	$5 * 10^{-6}$	-	10 m ³	10 m ³	m	0	D5 = m F2 = m	0	n.v.t.	0
	Uitstroming gehele inhoud in 10 min	$5 * 10^{-6}$	-	10 m ³	16 kg/s	m	0	D5 = m F2 = m	0	n.v.t.	0
	10 mm gat	$1 * 10^{-4}$	-	10 m ³	kg/s	m	0	D5 = m F2 = m	0	n.v.t.	0



B II.2 INFIELD TRANSPORTLEIDINGEN

Optie 1: Aanleg in betonnen kokers (op 25cm sleepers)

Stoomleiding (12-24" diameter ca. 4-6" isolatie; 75 barg / 310°C; oververhitte stoom)
(uitvoering: 10x7/12x8m expansieloop per 160m voor resp. 16/24")

Scenario	Effect	Kans	Opmerking
20mm lek	• Vullen van koker met oververhitte stoom; mogelijk vrijkomen stoom via kokernaden. • Plaatselijk verweken van kunststof isolatiemantels door hoge omgevingstemperatuur. • Maximaal 5barg overdruk bij lekpunt (te laag om koker te liften. • Mogelijk wegblazen product- en casing vapour leiding fundatie. • Geen externe veiligheidseffecten.	Niet relevant voor externe veiligheid QRA	
Leidingbreuk	• Vullen van koker met oververhitte stoom; mogelijk vrijkomen stoom via kokernaden. • Plaatselijk verweken van kunststof isolatiemantels door hoge omgevingstemperatuur. • Mogelijk wegblazen product- en casing vapour leiding fundatie. • Door fysische expansie mogelijk voldoende overdruk om kokersectie te laten bezwijken met mogelijk externe veiligheidseffecten door blootstelling aan hoge omgevingstemperatuur.	Zie productleiding.	Check effectafstand 24" FB voor stoom



Productleiding (8-16"; ca. 2-4" isolatie; 6-7 barg / 80-120 °C; gemiddeld: 80% water / 20% olie)			
Scenario	Effect	Kans	Opmerking
20mm lek	• Vullen van goot met olie/water plas en verdamping. • Vloeistof mogelijk voor langere tijd naar ondergrond (geen visuele detectie), resulterend in mogelijk grote bodemverontreiniging. • Na directe ontsteking, "compartment" fire binnen kokersectie zonder externe effecten door afschermende werking van koker. • Na vertraagd ontsteking, explosie overdruk door confined vap explosie. • Mogelijk externe veiligheidseffecten door explosie effecten	• Kans gelijk aan falen van bovengrondse leiding, exclusief falen als gevolg van external impact. • Kans op langdurige compartment fire klein (zuurstof gelimiteerde brand).	
Leidingbreuk	• Zie 20mm lek productleiding. • Mogelijke detectie leidingdrukverlies bij inlaat CTF.	• Kans gelijk aan falen van bovengrondse leiding, exclusief falen als gevolg van external impact. • Kans op langdurige compartment fire klein (zuurstof gelimiteerde brand).	

Casing Vapour Recovery leiding (2-6"; ca. 1-2" isolatie; 2-3 barg / 80-120 °C)			
Scenario	Effect	Kans	Opmerking
10% lek (5-10mm)	• Vullen van koker met ontvlambaar en toxisch gas • Mogelijk lekkage naar atmosfeer via kokernaden, en blootstelling aan H₂S houdende dampen. • Externe effecten door toxische dampen en, na vertraagde ontsteking, door explosieoverdruk.	• Kans gelijk aan falen van bovengrondse leiding, exclusief falen als gevolg van external impact. • Kans op ontsteking meest waarschijnlijk op enige afstand van lek (vanwege dispersie via koker: UFL-LFL) door externe oorzaak.	



Casing Vapour Recovery leiding (2-6"; ca. 1-2" isolatie; 2-3 barg / 80-120 °C)

Scenario	Effect	Kans	Opmerking
Leidingbreuk	• Zie 10% lek CVR leiding • Dubbelzijdige blowdown van infield-leiding via leidingbreuk. • Mogelijke detectie leidingdrukverlies bij inlaat CTF	• Kans gelijk aan falen van bovengrondse leiding, exclusief falen als gevolg van external impact. • Kans op ontsteking meest waarschijnlijk op enige afstand van lek (vanwege dispersie via koker: UFL-LFL) door externe oorzaak.	

Optie 2: Ondergrondse Aanleg (minimaal 1.5 gronddekking [xi])

Stoomleidingen (12-24" ca. 4-6" isolatie; 75 barg / 310°C; oververhitte stoom; uitvoering: staal-in-staal, voorgespannen)

Scenario	Effect	Kans	Opmerking
20mm lek	• Mogelijk wegblazen van gronddekking, gevolgd door een verticale release van stoom.	Niet relevant voor externe veiligheid QRA.	
Leidingbreuk	• Geen externe veiligheidseffecten. • Wegblazen van gronddekking¹⁶, gevolgd door een verticale release van stoom zonder externe veiligheidseffecten. • Fysische expansie van stoom onvoldoende voor externe veiligheidseffecten.	Niet relevant voor externe veiligheid QRA.	

¹⁶ M. R. Acton and G. Hankinson BG Technology, B. P. Ashworth TransCanada Pipelines, M. Sanai and J. D. Colton SRI International, A full scale experimental study of fires following the rupture of natural gas transmission pipelines, 2000.



Productleiding¹⁷ (8-16"; ca. 2-4" isolatie; 6-7 barg / 80-120 °C; gemiddeld: 80% water / 20% olie; uitvoering: voorgespannen)

Scenario	Effect	Kans	Opmerking
20mm lek	- Vloeistof mogelijk voor langere tijd naar ondergrond (geen visuele detectie), resulterend in grote bodemverontreiniging. - Olieplasvorming aan de oppervlakte wordt gezien de toegepaste gronddekking niet realistisch geacht. - Geen externe veiligheidseffecten.	Niet relevant voor externe veiligheid QRA	Beschrijving van effecten zal mogelijk gereviseerd moeten worden n.a.v. de resultaten van de productafkoelings- en penetratie proeven in diverse grondsoorten
Leidingbreuk	- Vloeistof naar ondergrond (geen visuele detectie; mogelijke detectie leidingdrukverlies bij inlaat CTF), resulterend in grote bodemverontreiniging. - Mogelijke olieplasvorming aan oppervlakte en vrijkomen van H2S houdende dampen, maximaal plasgrootte 3000m² met een plasdpte van 0.1m (Ref. CPR18). - Potentiële blootstelling aan H2S houdende damp en/of wolk/plasbrand.	Voor faal- en ontstekingskans, zie CPR18 / NEN3650	Minimum gronddekking volgens NEN3650 is 0.8m dekking. Bij overschrijding risico acceptatie kan een gronddekking > 1.5m overwogen worden.

Casing Vapour Recovery leiding (2-6"; ca. 1-2" isolatie; 2-3 barg / 80-120 °C; uitvoering: voorgespannen)

Scenario	Effect	Kans	Opmerking
10% lek (5-15mm)	- Vrijkomen van ontvlambaar en toxisch gas aan de oppervlakte. - Na ontsteking, diffuse gas brand aan oppervlakte. - Externe veiligheidseffecten als gevolg van blootstelling aan toxische dampen en/of warmtestraling.	Voor faal- en ontstekingskans, zie CPR18 / NEN3650	Bereken uitstromingseffecten afhankelijk van locatie lek (b.v. in west-, oost- en noord-tak).

¹⁷ Een lekkage/breuk van de olie-export leiding zal leiden tot vergelijkbare effecten en kansen.



Casing Vapour Recovery leiding (2-6"; ca. 1-2" isolatie; 2-3 barg / 80-120 °C; uitvoering: voorgespannen)

Scenario	Effect	Kans	Opmerking
Leidingbreuk	- Vrijkomen van ontvlambaar en toxisch gas aan de oppervlakte. Dubbelzijdige blowdown van infield-leiding via leidingbreuk. - Mogelijke detectie leidingdrukverlies bij inlaat CTF. - Na ontsteking, verticale fakkelbrand aan oppervlakte. - Externe veiligheidseffecten als gevolg van blootstelling aan toxische dampen en/of warmtestraling.	Voor faal- en ontstekingskans, zie CPR18 / NEN3650	Bereken uitstromingseffecten afhankelijk van locatie Leidingbreuk (b.v. in west-, oost- en noord-tak).

Optie 3: Aanleg tussen aarden wallen (op 25cm sleepers)

**Stoomleiding (12-24" ca. 4-6" isolatie; 75 barg / 310°C; oververhitte stoom)
(uitvoering: 10x7/12x8m expansieloop per 160m voor resp. 16/24")**

Scenario	Effect	Kans	Opmerking
20mm lek	- Vrije jet dispersie van stoom - Plaatselijk verweken van kunststof isolatiemantels door hoge omgevingstemperatuur. - Mogelijk wegblazen product- en casing vapour leiding fundatie. - Geen externe veiligheidseffecten (zie QRA wellsite)	Niet relevant voor externe veiligheid QRA	
Leidingbreuk	- Vrije jet dispersie van stoom. - Plaatselijk verweken van kunststof isolatiemantels door hoge omgevingstemperatuur. - Mogelijk wegblazen product- en casing vapour leiding fundatie. Mogelijk externe veiligheidseffecten door blootstelling aan omgevingstemperatuur.	Voor faalfrequentie, zie productleiding.	Check effectafstand 24" FB voor stoom



Productleiding (8-16"; ca. 2-4" isolatie; 6-7 barg / 80-120 °C; gemiddeld: 80% water / 20% olie)			
Scenario	Effect	Kans	Opmerking
20mm lek	- Vullen van greppel met olie/water plas en verdamping resulterend in een H₂S houdende dampwolk. - Vloeistof mogelijk voor langere tijd naar ondergrond (visuele detectie is mogelijk), mogelijk resulterend in grote bodemverontreiniging. - Na directe ontsteking, trench fire binnen greppel met mogelijk externe effecten. - Na vertraagd ontsteking, een wolkbrand + plasbrand. - Mogelijk externe veiligheidseffecten door blootstelling aan wolkbrand en/of warmtestraling en/of toxische dampen.	Faalkans niet kwantificeerbaar lager dan voor bovengrondse leiding.	
Leidingbreuk	- Zie 20mm lek productleiding. - Mogelijke detectie leidingdrukverlies bij inlaat CTF.	Faalkans niet kwantificeerbaar lager dan voor bovengrondse leiding.	

Casing Vapour Recovery leiding (2-6"; ca. 1-2" isolatie; 2-3 barg / 80-120 °C)			
Scenario	Effect	Kans	Opmerking
10% lek (5-15mm)	- Vrijkomen van ontvlambaar en toxisch gas naar atmosfeer, resulterend in dispergerende gaswolk en blootstelling aan H₂S houdende dampen. - Na (vertraagde) ontsteking, externe effecten door blootstelling aan warmtestraling door fakkelbrand.	Faalkans niet kwantificeerbaar lager dan voor bovengrondse leiding.	
Leidingbreuk	- Vrijkomen van ontvlambaar en toxisch gas naar atmosfeer, resulterend in dispergerende gaswolk en blootstelling aan H₂S houdende dampen. - Dubbelzijdige blowdown van infield-leiding via leidingbreuk. - Na (vertraagde) ontsteking, externe effecten door blootstelling aan warmtestraling door fakkelbrand in de lengterichting van de greppel. - Mogelijke detectie leidingdrukverlies bij inlaat CTF	Faalkans niet kwantificeerbaar lager dan voor bovengrondse leiding.	



Optie 4: Aanleg bovengronds (op 25cm sleeper)

**Stoomleiding (12-24" ca. 4-6" isolatie; 75 barg / 310°C; oververhitte stoom)
(uitvoering: 10x7/12x8m expansieloop per 160m voor resp. 16/24")**

Scenario	Effect	Kans	Opmerking
20mm lek	• Vrije jet dispersie van stoom • Plaatselijk verweken van kunststof isolatiemantels door hoge omgevingstemperatuur. • Mogelijk wegblazen product- en casing vapour leiding fundatie. • Geen externe veiligheidseffecten (zie QRA wellsite).	Niet relevant voor externe veiligheid QRA	
Leidingbreuk	• Vrije jet dispersie van stoom. • Plaatselijk verweken van kunststof isolatiemantels door hoge omgevingstemperatuur. • Mogelijk wegblazen product- en casing vapour leiding fundatie. • Mogelijk externe veiligheidseffecten door blootstelling aan hoge omgevingstemperatuur.	Voor faalfrequentie, zie olieleiding.	Check effectafstand 24" FB voor stoom

Productleiding (8-16"; ca. 2-4" isolatie; 6-7 barg / 80-120 °C; gemiddeld: 80% water / 20% olie)

Scenario	Effect	Kans	Opmerking
20mm lek	• Olie/water spray, resulterend in plasvorming en verdamping. • Vloeistof mogelijk voor langere tijd naar ondergrond en/of naburige sloten (visuele detectie is mogelijk), resulterend in bodem- en/of oppervlaktewaterverontreiniging. • Na directe ontsteking, plasbrand met mogelijk externe effecten. • Na vertraagd ontsteking, een volkbrand + plasbrand. • Mogelijk externe veiligheidseffecten door blootstelling aan volkbrand en/of warmtestraling en/of toxische dampen.	Faalkans voor bovengrondse leidingen.	



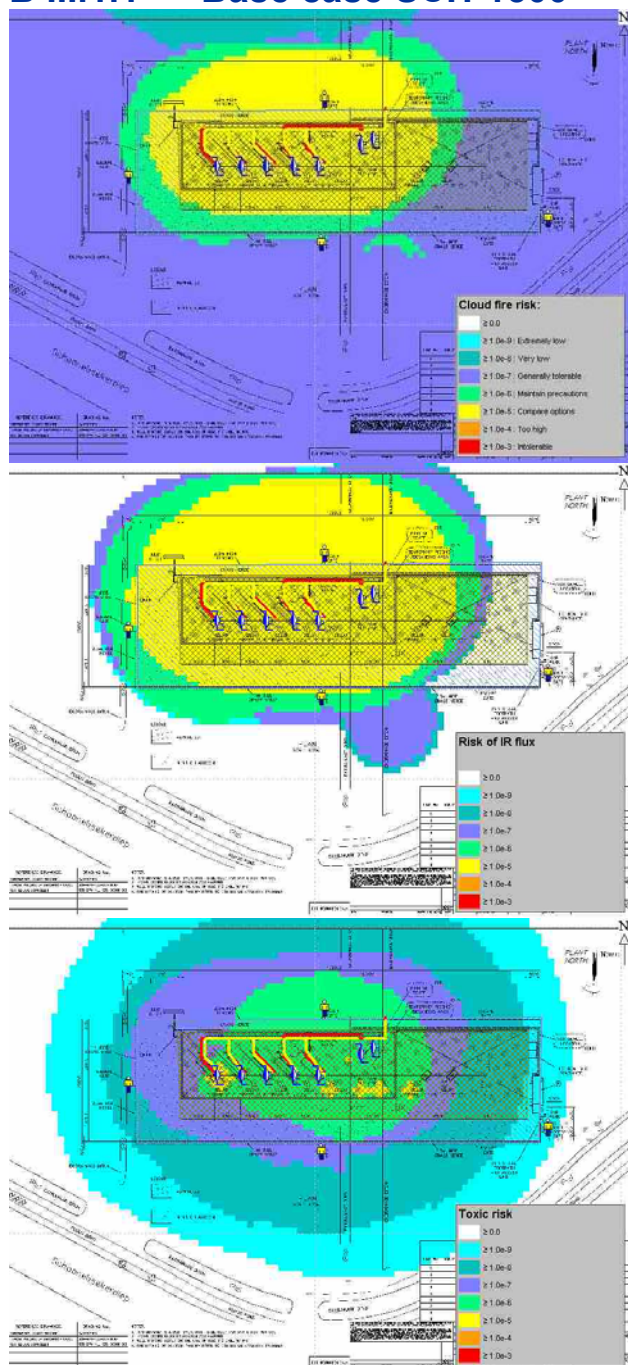
Productleiding (8-16"; ca. 2-4" isolatie; 6-7 barg / 80-120 °C; gemiddeld: 80% water / 20% olie)			
Scenario	Effect	Kans	Opmerking
Leidingbreuk	• Olie/water lekkage, resulterend in plasvorming en verdamping; maximale plasgrootte is 3000m² met een plasdpte van 0.1m (Ref. CPR18). • Vloeistof naar ondergrond en/of naburige sloten (visuele detectie is mogelijk), resulterend in grote bodem- en/of oppervlaktewaterverontreiniging. • Na directe ontsteking, plasbrand met mogelijk externe effecten. • Na vertraagd ontsteking, een wolkbrand + plasbrand • Mogelijk externe veiligheidseffecten door blootstelling aan wolkbrand en/of warmtestraling en/of toxische dampen. • Mogelijke detectie leidingdrukverlies bij inlaat CTF.	Faalkans voor bovengrondse leidingen.	
Casing Vapour Recovery leiding (2-6"; ca. 1-2" isolatie; 2-3 barg / 80-120 °C)			
Scenario	Effect	Kans	Opmerking
10% lek (5-15mm)	• Vrijkomen van ontvlambaar en toxisch gas naar atmosfeer, resulterend in dispergerende gaswolk en blootstelling aan H₂S houdende dampen. • Na (vertraagde) ontsteking, externe effecten door blootstelling aan warmtestraling door fakkelbrand.	Faalkans voor bovengrondse leidingen.	
Leidingbreuk	• Vrijkomen van ontvlambaar en toxisch gas naar atmosfeer, resulterend in dispergerende gaswolk en blootstelling aan H₂S houdende dampen. • Dubbelzijdige blowdown van infield-leiding via leidingbreuk. • Na (vertraagde) ontsteking, externe effecten door blootstelling aan warmtestraling door fakkelbrand in de lengterichting van de leiding. • Mogelijke detectie leidingdrukverlies bij inlaat CTF	Faalkans voor bovengrondse leidingen.	



Bijlage III: Effect/kansberekeningsresultaten

B III.1 PUTTENLOCATIES

B III.1.1 Base case SCH-1500





The figure consists of three vertically stacked maps of the same industrial site, each showing a different risk assessment. The maps are color-coded to represent different levels of risk, with a legend provided for each.

Cloud fire risk: The legend shows risk levels from 0.00 (blue) to 0.1 (red). The map shows a high-risk area (red) in the center, with risk decreasing as distance from the center increases.

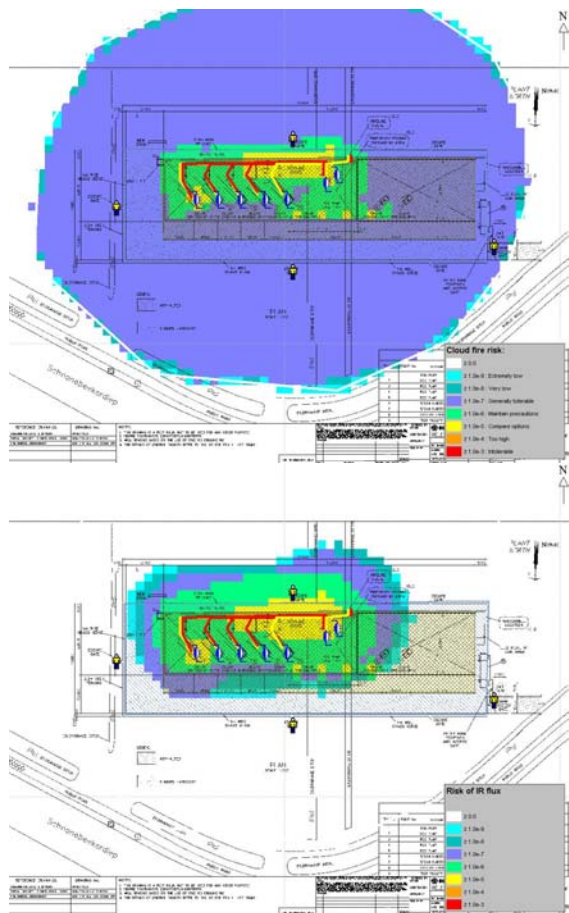
Risk of fire: The legend shows risk levels from 0.00 (blue) to 0.1 (red). The map shows a high-risk area (red) in the center, with risk decreasing as distance from the center increases.

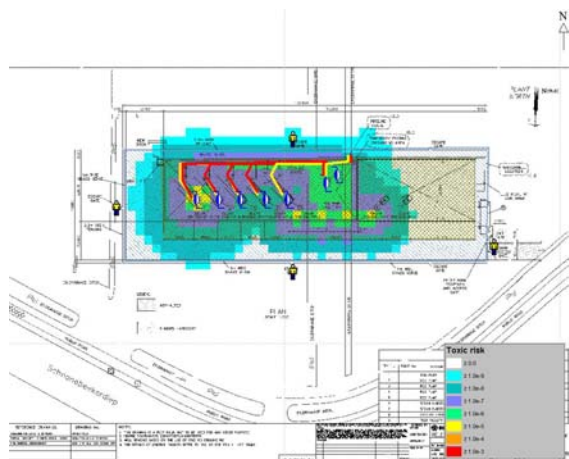
Toxic risk: The legend shows risk levels from 0.00 (blue) to 0.1 (red). The map shows a high-risk area (red) in the center, with risk decreasing as distance from the center increases.

Each map includes a table of data, which is partially obscured by the legend. The table appears to contain information about the site's layout, including building footprints, roads, and other features.



B III.1.3 Optie 2 SCH-1500

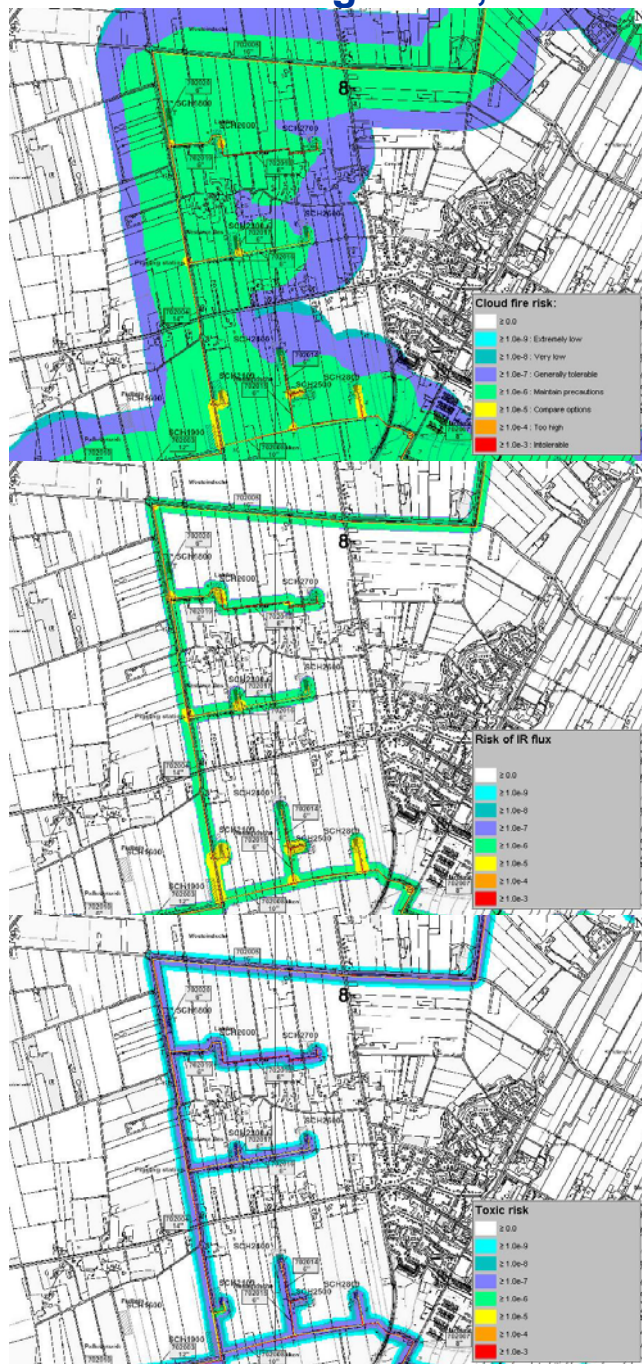






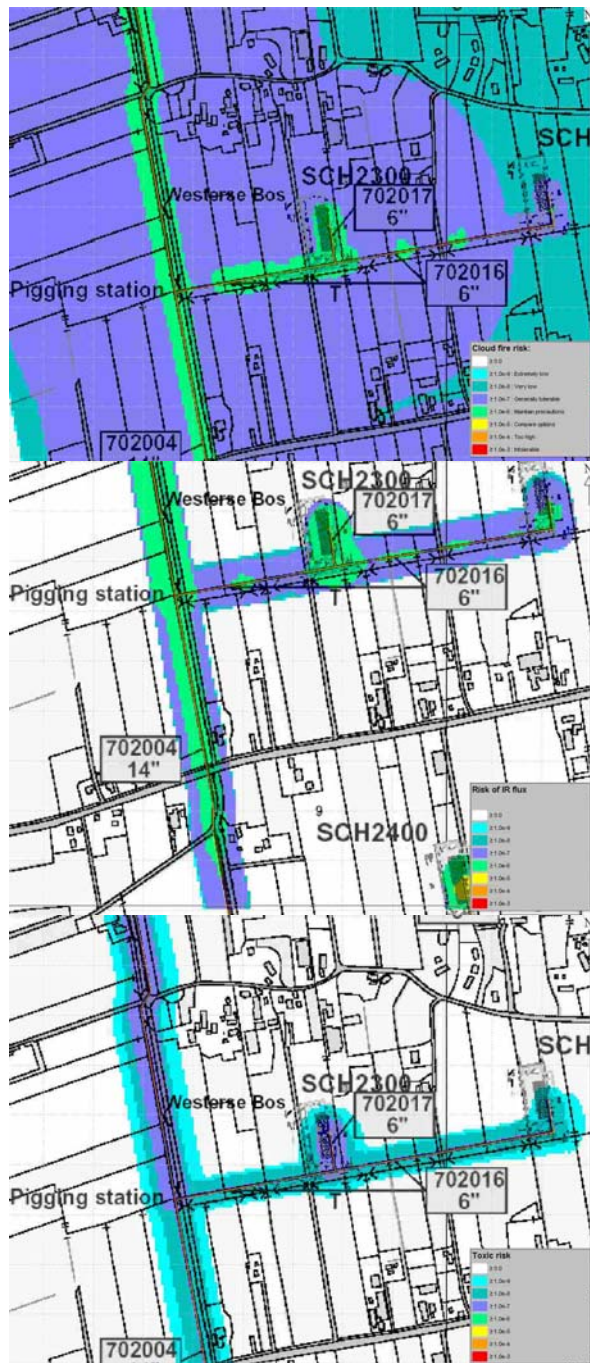
B III.2 INFIELD TRANSPORTLEIDINGEN

B III.2.1 Bovengronds, niet in leidingstraat





B III.2.2 Bovengronds, in leidingstraat





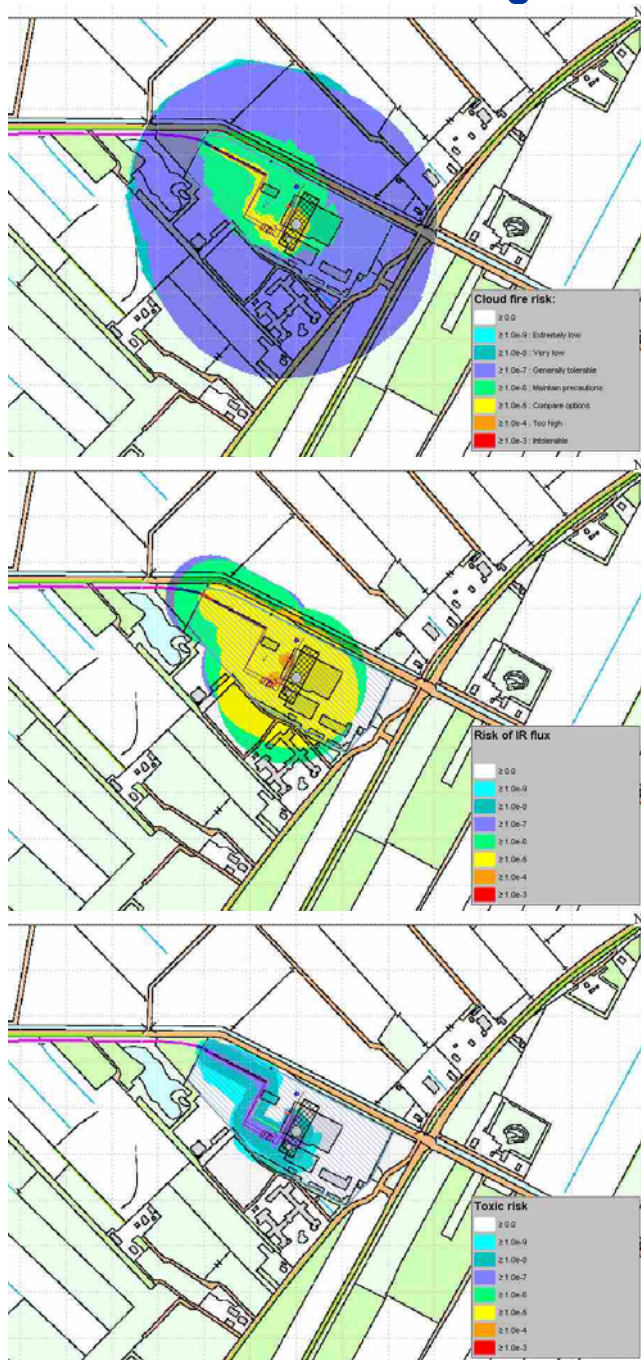
B III.2.3 Bovengronds, in leidingstraat en leidingen 702004/5 voorzien van vloeistofkeringen





B III.3 OLIEBEHANDELINGSINSTALLATIE

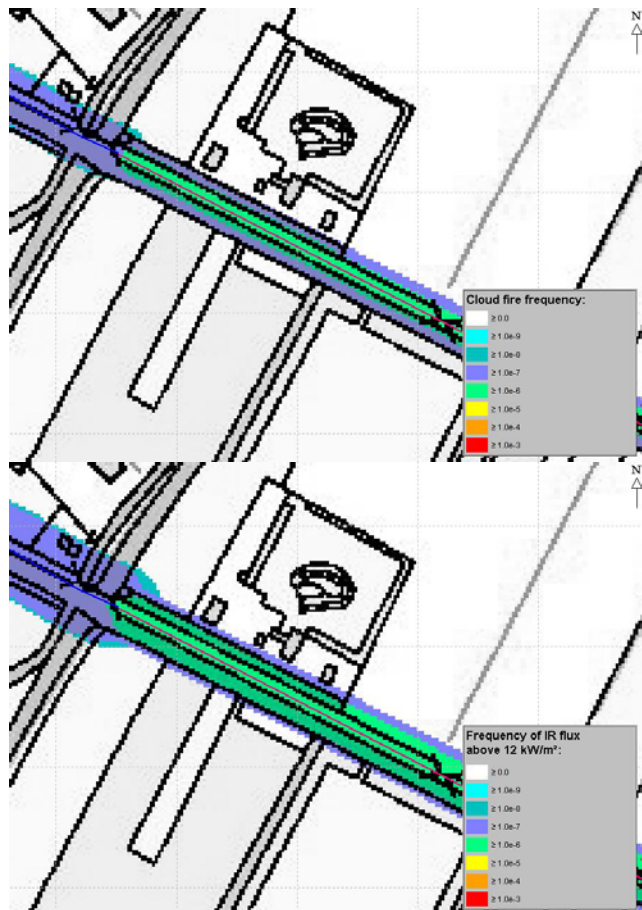
B III.3.1 Oliebehandelingsinstallatie





B III.4 OLIE-EXPORTLEIDING

B III.4.1 Olie-exportleiding – Base case, uitstroming in kanaal





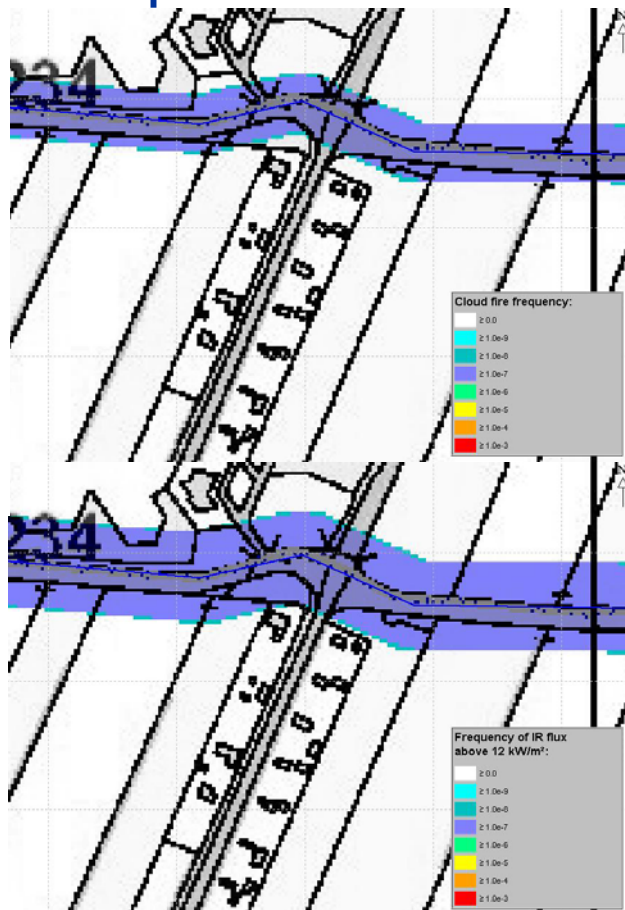
B III.4.2 Olie-exportleiding uitstroming in kanaal

– Waarschuwingsslint,





B III.4.3 Olie-exportleiding – Base case, uitstroming in sloot/open veld





Bijlage IV: Back-pressure valve waterinjectieputten

