



ONDERZOEKSRaad
VOOR VEILIGHEID

Stroomuitval door brand, Shell Pernis 2017



Stroomuitval door brand, Shell Pernis 2017

Den Haag, juni 2021

De rapporten van de Onderzoeksraad voor Veiligheid zijn openbaar en beschikbaar via www.onderzoeksraad.nl.

Foto cover: Siebe Swart luchtfotografie

De Onderzoeksraad voor Veiligheid

Als zich een ongeval of ramp voordoet, onderzoekt de Onderzoeksraad voor Veiligheid hoe dat heeft kunnen gebeuren, met als doel daar lessen uit te trekken. Op die manier draagt de Onderzoeksraad bij aan het verbeteren van de veiligheid in Nederland. De Raad is onafhankelijk en besluit zelf welke voorvallen hij onderzoekt. Daarbij richt de Raad zich in het bijzonder op situaties waarin mensen voor hun veiligheid afhankelijk zijn van derden, bijvoorbeeld van de overheid of bedrijven. In een aantal gevallen is de Raad verplicht onderzoek te doen. De onderzoeken gaan niet in op schuld of aansprakelijkheid.

Onderzoeksraad

Voorzitter: ir. J.R.V.A. Dijsselbloem
prof. dr. ir. M.B.A. van Asselt
prof. dr. mr. S. Zouridis

Secretaris-directeur: mr. C.A.J.F. Verheij

Bezoekadres: Lange Voorhout 9
2514 EA Den Haag

Postadres: Postbus 95404
2509 CK Den Haag

Telefoon: 070 333 7000

Website: onderzoeksraad.nl

E-mail: info@onderzoeksraad.nl

Inhoud	4
1 Inleiding	5
1.1 Omschrijving van het voorval	5
1.2 Algemene gegevens	5
1.3 Aanleiding en doel van het onderzoek	6
1.4 Gebruikte informatie	6
1.5 Leeswijzer	6
2 Achtergrondinformatie	7
2.1 Het Shell Pernis complex	7
2.2 Elektriciteitsvoorziening Shell Pernis	8
2.3 Voorbereiding op noodsituaties	11
3 Het voorval	17
3.1 De uitval van elektriciteit	17
3.2 Cascade: uitval van stoom en instrumentlucht	20
3.3 Gevolgen van de uitval van de noodstroomvoorziening	21
3.4 De gevolgen voor de omgeving	22
4 Analyse	24
4.1 Uitval van utiliteiten	24
4.2 Beheersing van de gevolgen	26
4.3 Zicht op processen bij het stilleggen van de installaties	28
4.4 Inzichten van Shell	28
4.5 Eerdere voorvallen bij Shell	29
5 Conclusies	30
Bijlage A. Tijdelijk stroomstoring	31
Bijlage B. Inzagetabel	33

1.1 Omschrijving van het voorval

Op 29 juli 2017 ontstond vanaf 22.12 uur een reeks van kortsluitingen¹ in een deel van de hoogspanningsinstallatie in Centrale 4, één van de centrales op het terrein van Shell Pernis. Deze kortsluitingen leidden om 23.19 uur tot een brand in de centrale en uiteindelijk tot het wegvallen van de levering van elektriciteit aan een deel² van de installaties³, die voornamelijk staan op het gedeelte van Shell Pernis dat is aangeduid als het KLMN-terrein. De uitval van elektriciteit op het Shell-terrein en de hierop volgende schakelingen in de noodstroomvoorzieningen resulteerden ook in uitval van de productie van stoom en instrumentlucht bij een toeleverancier van Shell. Hierdoor kwam de levering daarvan aan Shell stil te liggen. Door de uitval van deze utiliteiten schakelden een groot aantal installaties op het Shell-terrein automatisch af en werden andere installaties bewust stilgezet vanwege een voorzienbaar tekort aan voeding. De productie op het hele terrein kwam uiteindelijk stil te liggen en tussenproducten die zich nog in de productieprocessen bevonden werden opgeslagen of via de fakkels verbrand. Door de storing vielen ook beveiligings- en besturingssystemen uit, waardoor er geen zicht meer was op een deel van de installaties. Ook kwamen gevaarlijke stoffen en roet vrij.

1.2 Algemene gegevens

Datum voorval	29 en 30 juli 2017
Plaats voorval	Shell Pernis
Typering plaats voorval	Chemische industrie
Reden voor kennisgeving ongeval Seveso III richtlijn	Bijlage VI, Criterium II: Ongevallen of "bijna-ongevallen" die naar het oordeel van de lidstaten bijzondere technische aspecten vertonen voor de preventie van zware ongevallen en voor de beperking van de gevolgen daarvan en die niet aan bovengenoemde kwantitatieve criteria voldoen, moeten ter kennis van de Commissie worden gebracht.

Tabel 1: Algemene gegevens.

- 1 Bij contact tussen twee fases in de stroomvoorziening is er sprake van kortsluiting. Bij contact tussen een fase en aarde is er sprake van een aardfout. Voor de leesbaarheid van het rapport zal voor beide varianten de term "kortsluiting" worden gebruikt.
- 2 Dit zijn ongeveer 15 afzonderlijke installaties. Bron: Installaties Shell Nederland Raffinaderij BV en Shell Nederland Chemie BV Pernis, informatie ten behoeve van de Onderzoeksraad voor Veiligheid.
- 3 Installatie: Een technische eenheid binnen een inrichting waar gevaarlijke stoffen worden geproduceerd, gebruikt, verwerkt of opgeslagen (artikel 1.1 Brzo 2015).

1.3 Aanleiding en doel van het onderzoek

Het in dit rapport besproken voorval valt onder de definitie van een zwaar ongeval⁴ als bedoeld in richtlijn nr. 2012/18/EU van het Europees parlement en de Raad (Seveso III richtlijn). Artikel 8 van het Besluit Onderzoeksraad voor veiligheid schrijft voor dat de Onderzoeksraad een onderzoek instelt naar een zwaar ongeval als bedoeld in deze richtlijn. In dit onderzoek staat de volgende onderzoeksvraag centraal:

- Hoe was Shell voorbereid om de gevolgen van het gelijktijdig uitvallen van meerdere utiliteiten op het terrein van Shell Pernis voor mens en milieu te beperken?

De bevindingen zijn in dit rapport weergegeven.

1.4 Gebruikte informatie

Voor dit onderzoek is gesproken met medewerkers van Shell Pernis, AirLiquide, Inspectie Sociale Zaken en Werkgelegenheid (ISZW), DCMR Milieudienst Rijnmond (DCMR) en de Zeehavenpolitie en is gebruik gemaakt van door die partijen verstrekte informatie en onderzoek ter plaatse door de Onderzoeksraad.

1.5 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 geeft een korte beschrijving van de betrokken installatie. Hoofdstuk 3 is een feitelijke weergave van de gebeurtenissen die hebben geleid tot het stilvallen van Shell Pernis. In hoofdstuk 4 worden de bevindingen besproken naar aanleiding van de gebeurtenissen. In het laatste hoofdstuk (5) zijn de conclusies opgenomen.

⁴ Definitie volgens de Seveso III richtlijn. Zwaar ongeval: Een gebeurtenis zoals een zware emissie, brand of explosie als gevolg van onbeheerste ontwikkelingen tijdens de bedrijfsuitoefening in een inrichting waarop deze richtlijn van toepassing is, waardoor hetzij onmiddellijk, hetzij na verloop van tijd ernstig gevaar voor de menselijke gezondheid of het milieu, binnen of buiten de inrichting ontstaat en waarbij een of meer gevaarlijke stoffen betrokken zijn.

2 ACHTERGRONDINFORMATIE

2.1 Het Shell Pernis complex

Op het complex van Shell Pernis⁵ staan een raffinaderij en enkele chemische fabrieken. Daar worden benzine, kerosine, diesel en grondstoffen voor de chemische industrie geproduceerd. Er zijn ook andere bedrijven op het complex gevestigd, zoals Shin-Etsu voor de productie van pvc en Momentive Specialty Chemicals B.V. voor de productie van basis-chemicaliën. AirLiquide heeft op het complex een warmtekrachtcentrale in gebruik. Het complex beslaat 550 hectare en is verdeeld in drie delen, zie ook figuur 1:

- Het ABC-terrein in het westelijk deel van het terrein, met hoofdzakelijk installaties voor de laatste stappen in het raffinageproces;
- Het DEG-terrein, met chemische installaties en de bedrijven Shin-Etsu en Momentive Specialty Chemicals B.V.;
- Het KLMN-terrein in het oostelijk deel, met chemische installaties aan het begin van het raffinageproces en de warmtekrachtcentrale van AirLiquide (Pergen VOF) voor de levering van de utiliteiten elektriciteit, stoom en instrumentenlucht.



Figuur 1: Locatie Shell Pernis met ABC-, DEG- en KLMN-terreinen.

5 Shell Pernis is onderdeel van Shell Nederland Chemie B.V.

Shell verwerkt op de locatie Pernis ongeveer 20 miljoen ton ruwe olie per jaar. In ongeveer 60 verschillende installaties op het terrein maakt Shell hieruit olieproducten en basischemicaliën.

2.2 Elektriciteitsvoorziening Shell Pernis

2.2.1 De elektriciteitscentrales en het publieke net

Om de installaties op het terrein te voorzien van elektriciteit, beschikt Shell Pernis over een eigen elektriciteitsnetwerk.⁶ De opbouw van het elektriciteitsnetwerk in zijn huidige vorm is ontworpen na een stroomstoring in 2005. Op 14 juli van dat jaar ontstond een storing bij leverancier Eneco waardoor bij Shell Pernis niet alleen de elektriciteit wegviel, maar ook de productie van stoom en instrumentlucht tot stilstand kwam. De installaties op het complex moesten destijds worden stilgelegd en ook toen werd een gedeelte van de tussenproducten afgefakkeld. Door het ontbreken van stoom konden de gassen die via de fakkels werden uitgestoten niet volledig worden verbrand.

Verbranding in de fakkel

Bij volledige verbranding van koolwaterstoffen komt er hoofdzakelijk kooldioxide (CO₂), vrij. Bij een onvolledige verbranding worden niet alle koolwaterstoffen omgezet in CO₂ maar wordt een deel omgezet in koolmonoxide (CO) en roet en komen ook onverbrande koolwaterstoffen vrij. Een aantal van deze stoffen zijn giftig. Verder slaat een deel, waaronder roet, neer in de directe omgeving.

Naar aanleiding van dat voorval heeft Shell een aantal projecten uitgevoerd of lopende projecten aangepast, met als doel de levering van elektriciteit, stoom en instrumentlucht betrouwbaarder te maken. Dit omvatte onder meer:

- Het project E-ring; waarbij het volledige elektriciteitsnetwerk van Shell Pernis is gekoppeld aan het publieke 150KV-net.
- Uitbreiding van de scope van de bouw van een warmtekrachtcentrale (Pergen) door AirLiquide op het KLMN-terrein voor de levering van onder andere elektriciteit, stoom en instrumentlucht.

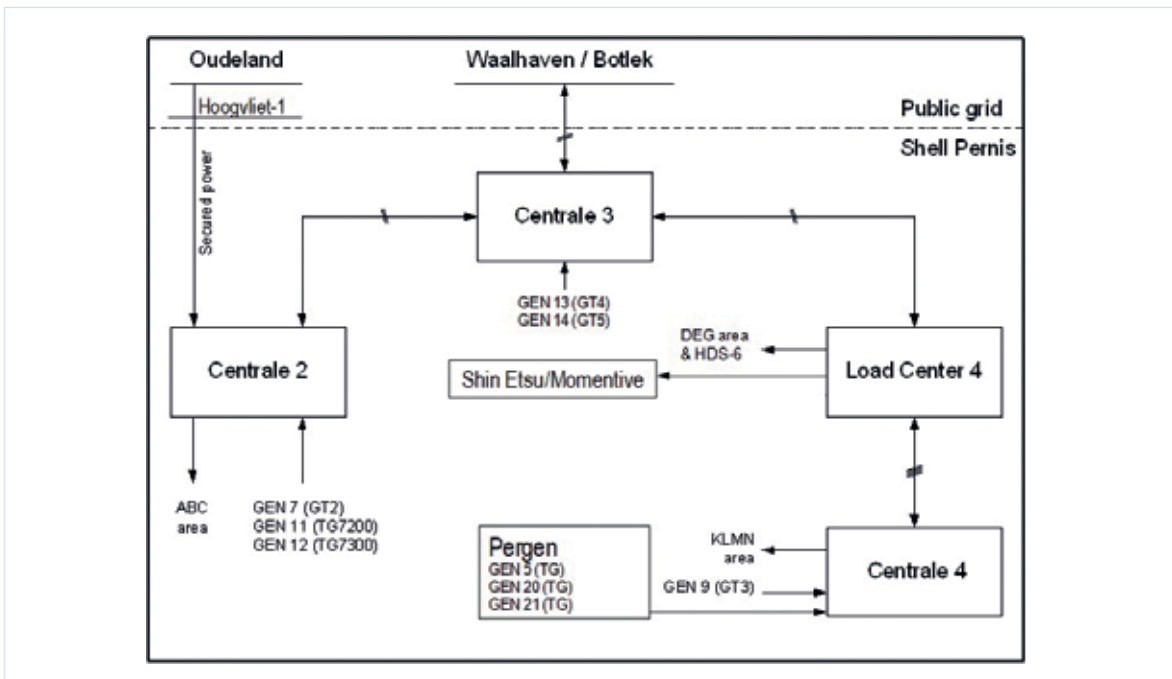
⁶ Dit elektriciteitsnetwerk bestaat uit installaties voor opwekking en verdeling van elektriciteit.

Het E-ring project

Vóór de uitvoering van het E-ring project werd Shell Pernis gevoed door twee verschillende systemen. Het ABC-terrein werd via Centrale 3 gevoed vanuit het publieke 150kV-net (Tennet-net, via stations Waalhaven en Botlek). De DEG- en KLMN-terreinen werden gevoed vanuit het publieke 25kV-net (stations Hoogvliet en Oudeland). Shell beoordeelt het publieke 150kV-net als betrouwbaarder dan het publieke 25kV-net, omdat op het 25kV-net meer partijen zijn aangesloten die oorzaak zouden kunnen zijn van netverstoreningen. Door het DEG- en KLMN-terrein op Centrale 3 aan te sluiten, werden deze daarmee ook met het publieke 150kV-net verbonden.

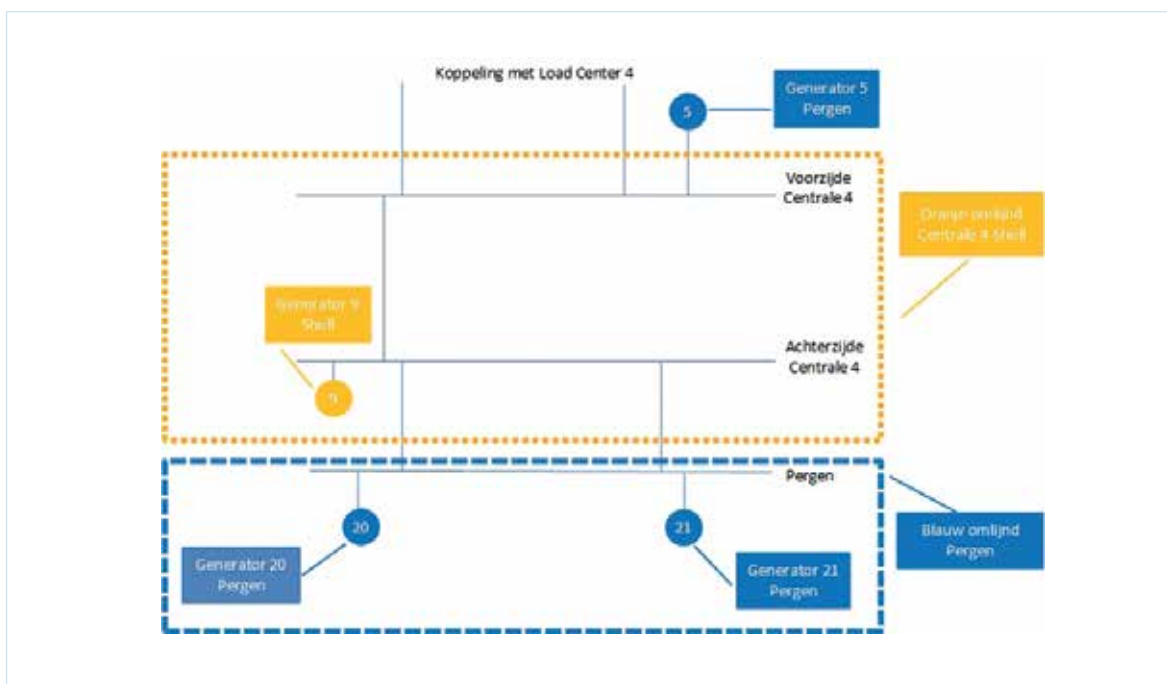
Voor de elektriciteitsvoorziening van het complex zijn negen gas- en stoomturbines beschikbaar en verdeeld over drie elektriciteitscentrales, genaamd Centrale 2, 3 en 4. In de Centrales 2 en 3 wordt elektriciteit niet alleen opgewekt, maar ook verdeeld. Deze centrales zijn tevens direct aangesloten op het publieke net, waarbij de verbinding van Centrale 2 met het publieke net een noodvoorziening is en normaal gesproken niet wordt gebruikt. Centrale 4 is via Load Centre 4 verbonden aan Centrale 3 (en daardoor aan het publieke net) en is verder gekoppeld aan de warmtekrachtcentrale van Pergen. Pergen produceert voor Shell niet alleen elektriciteit maar ook stoom, gedemineraliseerd water en instrumentlucht. De leveringsafspraken tussen Shell Pernis en Pergen zijn vastgelegd in een Service level agreement (SLA). De verdeling van de opgewekte energie in Centrale 4 vindt tevens plaats in Load Center 4, zie figuur 2.

Doorgaans wordt door Shell meer elektriciteit geproduceerd dan gebruikt en wordt het overschot aan elektriciteit aan het publieke net geleverd. Als de vraag van Shell hoger is dan de eigen productie, wordt het tekort betrokken vanuit het publieke net.



Figuur 2. Schematisch overzicht van het elektriciteitsnetwerk op Shell Pernis. (Bron: Shell)

In figuur 3 wordt de koppeling tussen Shell en Pergen in Centrale 4 weergegeven.



Figuur 3: overzicht Centrale 4 en Pergen.

Het Shell-eiland

Het stilleggen van een chemische fabriek is niet zonder risico's. Shell heeft het elektriciteitsnetwerk van Shell Pernis zo ontworpen dat, in geval van een storing in het netwerk, de elektriciteitsvoorziening op het terrein van de installaties in stand blijft voor die processen die Shell als cruciaal beschouwt. Hiermee beoogt Shell zeker te stellen dat in het geval van een storing de fabrieken minimaal op een veilige en gecontroleerde manier uit bedrijf kunnen worden genomen. Voor het KLMN-terrein is daarom de mogelijkheid gecreëerd om het zogenaamde Shell-eiland te vormen.

De cruciale installaties

De aan het Shell-eiland gekoppelde, voor Shell Pernis cruciale installaties in het geval van een stroomstoring, zijn:

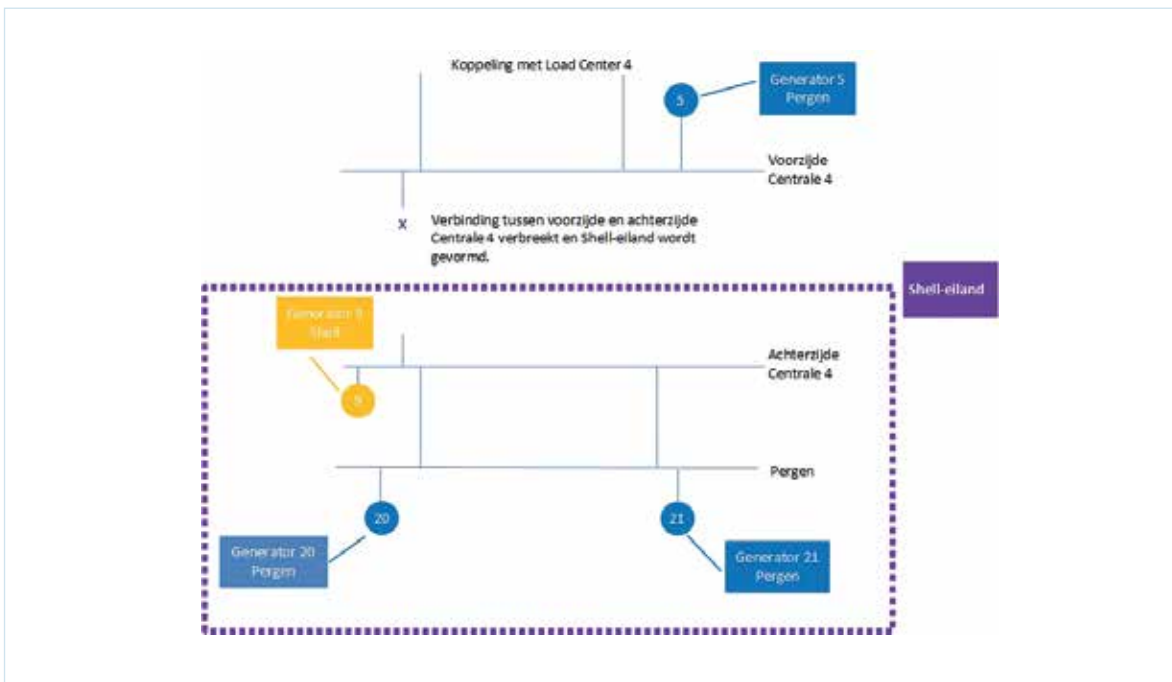
- De koelwatervoorziening voor de installaties op het KLMN- en het DEG- terrein;
- Brandwatervoorziening;
- Stoom- en instrumentluchtproductie Pergen.

Het Shell-eiland wordt gevormd door een deel van Centrale 4 samen met twee warmtekrachtinstallaties van Pergen los te koppelen van het elektriciteitsnetwerk van Shell Pernis en daarmee ook van het publieke net. Het Shell-eiland op het KLMN-terrein wordt vervolgens van elektriciteit voorzien door de generatoren in de drie warmtekrachtinstallaties, één van Shell (G9) en twee van Pergen (G20, G21). In figuur 4 is dit schematisch weergegeven.

De warmtekrachtcentrale

Een warmtekrachtcentrale bestaat uit een gasturbine met gekoppelde generator, een stoomturbine en een HRSG.⁷ In de gasturbine wordt gas verbrand, waarmee de generator wordt aangedreven en elektriciteit wordt opgewekt. De warmte die daarbij vrij komt wordt gebruikt om stoom op te wekken in de HRSG. Deze stoom wordt vervolgens afgelaten via de stoomturbines, waarbij elektriciteit wordt opgewekt die onder andere wordt gebruikt voor de productie van instrumentlucht.

De overige installaties op het KLMN-terrein, die Shell niet als cruciaal beschouwt, zijn na de vorming van het Shell-eiland nog steeds verbonden met het deel van Centrale 4 dat indirect met het publieke net is verbonden. Vanwege de noodzakelijke korte reactietijden vormt het Shell-eiland zich automatisch op basis van vooraf ingestelde parameters, zoals een bepaalde waargenomen spanningsval en/of een verhoging van de stroomsterkte gedurende een vooraf ingestelde tijd.



Figuur 4: Schematische weergave Shell-eiland

2.3 Voorbereiding op noodsituaties

Shell is wettelijk verplicht beleid op te stellen en uit te voeren ter voorkoming van zware ongevallen en ter bescherming van mens en milieu tegen de gevolgen van zware

7 Heat Recovery Steam Generator.

ongevallen. Hiervoor moet Shell een veiligheidsrapport (VR) opstellen dat getoetst wordt door de toezichthouder: DCMR Milieudienst Rijnmond.⁸

Shell moet aantonen dat:⁹

- De gevaren van zware ongevallen en ongevalsscenario's zijn geïdentificeerd, maatregelen zijn getroffen om die te voorkomen en dat de gevolgen voor de menselijke gezondheid en het milieu beperkt worden;
- Het ontwerp, de constructie, de richtlijnen, procedures en procesbeschrijvingen en het onderhoud van alle met de werking van de inrichting samenhangende installaties, opslagplaatsen, apparatuur en infrastructuur die in verband staan met de gevaren van een zwaar ongeval binnen de inrichting, voldoende veilig en betrouwbaar zijn;
- Een bedrijfsnoodplan is opgesteld en dat alle gegevens die nodig zijn voor het opstellen van een rampbestrijdingsplan beschikbaar zijn.

In het veiligheidsrapport moet Shell niet alleen de uitvoering van de maatregelen beschrijven, maar ook hoe de verantwoordelijkheden zijn vastgelegd om dit te realiseren. Shell moet als exploitant minimaal elke vijf jaar het veiligheidsrapport evalueren en indien nodig aanpassen.

2.3.1 Planvorming

In het veiligheidsrapport¹⁰ geeft Shell aan het uitvallen van utiliteiten te zien als mogelijke oorzaak voor een zwaar ongeval: een ongeval ten gevolge waarvan gevaarlijke stoffen zouden kunnen vrijkomen. Met utiliteiten bedoelt Shell onder meer¹¹:

- Elektriciteit;
- Instrumentlucht;
- Koelwater;
- Stoom.

Uitval van een utiliteit leidt ertoe dat installaties moeten worden stilgelegd. In zijn veiligheidsrapport geeft Shell aan dat de kans op een *total power failure* (het verlies van elektriciteit op het gehele terrein) gering wordt geacht.¹² Wel wordt rekening gehouden met een *local power failure* (verlies van bijvoorbeeld één centrale voor de levering van elektriciteit).

In geval van een verstoring kan het noodzakelijk zijn om de productie van een installatie geheel of gedeeltelijk (al dan niet versneld) stil te leggen. Dit wordt door het IPS¹³ uitgevoerd. Dit is een *safeguarding* systeem dat autonoom optreedt. Verder zijn per fabriek/afdeling specifieke noodprocedures opgesteld die beschrijven hoe te handelen.

⁸ De plicht om een VR op te stellen geldt alleen voor Brzo-bedrijven die de hoge drempelwaarden van Bijlage 1 van SEVESO III / Brzo-2015 overschrijden (zogenaamde hoge-drempelinrichtingen). Shell Pernis is zo een bedrijf.

⁹ PGS6: Aanwijzingen voor de implementatie van het Brzo 2015 versie 1.0 (november 2016), pagina 31.

¹⁰ Shell, Veiligheidsrapport 2016 SNR (document ID 05.01) van 01 dec 2016, paragraaf 1.6.2.36, pagina 113.

¹¹ Daarnaast rekent Shell ook tot utiliteiten: stikstof, ketelvoedingswater, portofoon netwerk, waterstof, stookgas, aardgas en gedemineraliseerd water. Bron: BBS Werkinstructie 05.05.2090, Bedrijfsnoodplan Pernis Europort, revisie 24 jan 2017, pagina 65.

¹² Shell, *Veiligheidsrapport 2016 SNR* (document ID 05.01) van 01 dec 2016, paragraaf 1.6.2.36, pagina 113.

¹³ *Instrumented Protective System*.

De voorzieningen die nodig zijn om het veilig stoppen van de installaties te kunnen ondersteunen en te monitoren¹⁴, worden in dat geval van elektriciteit voorzien door de aanwezige noodgeneratoren en accubatterijen (UPS¹⁵).

Als beheersmaatregel die volgt op het afschakelen van een deel van de installaties zijn in het ontwerp voorzieningen opgenomen om ofwel tussenproducten op te slaan, ofwel via de fakkel te verbranden en zo gecontroleerd¹⁶ in de atmosfeer vrij te laten komen. Dit laatste wordt gedaan met brandbare gassen die niet terug gewonnen kunnen worden. Beveiligingen voor agressieve stoffen die niet naar één van de fakkelsystemen kunnen of mogen worden afgelaten, zijn aangesloten op speciaal daarvoor ontworpen systemen, waarin deze stoffen worden opgelost of chemisch worden gebonden.¹⁷

Shell heeft zowel technische als organisatorische maatregelen getroffen met als doel de gevolgen van uitval van een utiliteit te beperken.¹⁸ Deze worden in de volgende paragrafen toegelicht.

2.3.2 Technische maatregelen

Aansturing van relevante afsluiters

Shell geeft aan in de ontwerpfase van een installatie rekening gehouden te hebben met 'redelijkerwijs voorzienbare'¹⁹ gevaren die kunnen ontstaan als gevolg van het uitvallen van utiliteiten. Zo geeft Shell aan dat er in het ontwerp voor gezorgd is dat bij uitval van alle utiliteiten de installaties automatisch naar een veilige toestand gaan. Dit zogenaamde *fail-safe* ontwerp zorgt ervoor dat (veiligheids)barrières in stand blijven.

Afsluiters die onderdeel uitmaken van het *fail-safe* systeem zijn zo ontworpen dat ze bij uitval van de zogenaamde besturingsenergie (vaak elektriciteit of luchtdruk) naar de gewenste veilige stand schakelen en daarmee de veiligheidsbarrières in stand houden. Daarvan zijn twee varianten:

- Gesloten stand, dat wil zeggen de afsluiter gaat dicht bij het wegvallen van de besturingsenergie.
- Open stand, dat wil zeggen de afsluiter gaat open bij het wegvallen van de besturingsenergie.

Bij Shell wordt gebruik gemaakt van beide varianten.

¹⁴ Zoals noodverlichting, camera's op het terrein, operatorstations en apparatuur voor brandbestrijding- en gasdetectie.

¹⁵ UPS staat voor *Uninterruptable Power Supply* en bestaat in de basis uit een accu/batterij die is aangesloten op het stroomnet en constant wordt opgeladen. Zodra een UPS met zijn sensoren een stroomuitval constateert, schakelt deze automatisch over op zijn ingebouwde accu en voorkomt zo dat een aangesloten apparaat uitvalt.

¹⁶ In beginsel worden gassen in de fakkel volledig verbrand. Tijdens dit voorval bleek dat echter niet altijd zo te zijn.

¹⁷ Shell, *Veiligheidsrapport 2016 SNR* (document ID.05.01) van 01 dec 2016: paragraaf 1.6.2.3, pagina 103.

¹⁸ Shell, *Veiligheidsrapport SNC Pernis 2016* (ID.05.04) van 01 september 2016: paragraaf 1.6.2, pagina 98 en Shell, *Veiligheidsrapport SNR Pernis 2016* (ID.05.01) van 01 dec 2016: Paragraaf 1.6.2, pagina 101.

¹⁹ Shell, *Veiligheidsrapport SNC Pernis 2016* (ID05.04) van 01 sept 2016, paragraaf 1.6.2.1, pagina 99 en *Veiligheidsrapport SNR Pernis 2016* (ID05.04), van 01 dec 2016: Paragraaf 1.6.2.1, pagina 99.

Veiligheidskritische systemen

Wanneer systemen uitvallen is dat nadelig voor de bedrijfsvoering en kan dit, in verschillende vormen, schade opleveren. Als het uitvallen van een systeem ook een risico vormt voor de integriteit van de installatie en daarmee voor de veiligheid van mensen, spreekt Shell van een 'veiligheidskritisch systeem'. Dergelijke systemen moeten altijd blijven functioneren, ook bij de uitval van utiliteiten. Alarmen (zoals tanklevelalarmen), brandbestrijdings- en gasdetectieapparatuur, meetapparatuur en besturingssystemen kunnen veiligheidskritisch zijn, net als installatieonderdelen zoals pompen en afsluiters. Hieronder worden de door Shell als veiligheidskritisch benoemde systemen van Shell Pernis die voor het voorval relevant zijn kort beschreven.

Veiligheids- en Besturingssystemen

Distributed Control System (DCS) is een geautomatiseerd besturingssysteem voor een installatie, dat wordt gebruikt om een proces te volgen, te controleren en te sturen. Dit gebeurt aan de hand van vooraf ingestelde parameters. Een DCS kan autonoom zonder operator functioneren, maar een operator kan het verloop van een proces wel bijsturen. Het DCS meet en beheerst een aantal procesgrootheden, zoals druk of temperatuur in het systeem en flow van gassen of vloeistoffen. Een voorbeeld hiervan is de niveau-alarmering bij opslagtanks. Deze geeft een alarm als een opslagtank overvuld dreigt te raken of juist als deze geheel leeg dreigt te worden gepompt. Een ander voorbeeld zijn de detectiesystemen voor brand of vrijkomend gas. Bij Shell Pernis monitoren de operators het DCS via beeldschermen in de controlekamers.

Autonome veiligheidssystemen

Het IPS is een autonoom veiligheidskritisch systeem dat bestaat uit sensoren, controlesystemen en ondersteuningssystemen. IPS wordt gebruikt om bij een (nood) stop of uitval processen naar een veilige toestand te brengen.

Noodstroomvoorziening

Voor noodstroom heeft Shell twee voorzieningen, namelijk dieselgeneratoren en batterijen. Op de dieselgeneratoren is voornamelijk de (nood)verlichting aangesloten. Shell heeft de veiligheidskritische systemen, zoals de DCS-systemen (en de beeldschermen daarvan), apparatuur voor brandbestrijdings- en gasdetectieapparatuur en de stroomvoorzieningen voor distributie installaties, aangesloten op een noodstroomvoorziening in de vorm van batterijen, ook wel aangeduid als *Uninterruptable Power Supply* (UPS)²⁰. Bij uitval van elektriciteit kunnen deze systemen via de batterijen worden gevoed en voor een bepaalde tijd autonoom blijven functioneren. De minimale bedrijfsduur²¹ van een UPS, om in het geval van een noodstop van een installatie door het IPS de processen te monitoren, en voor het continueren van het functioneren van controlesystemen (DCS) is door Shell op 30 minuten gesteld. Voor brandbestrijdings- en gasdetectieapparatuur moet een UPS volgens Shell gedurende acht uur stroom leveren.

20 Shell, Elek02: *Operating Manual of the Electrical Distribution Network (id elek.02.29063)*, 20 februari 2012, paragraaf 4.6.1, pagina 44.

21 Shell, *Design Engineering Practise voor Electrical Engineering Designs, DEP 33.64.10.10* uit 2011.

Fakkels

Petrochemische bedrijven zijn verplicht uitgerust met fakkelsystemen. Deze zijn in het fabrieksontwerp opgenomen om tijdens noodsituaties (of gepland uit bedrijf nemen voor bijvoorbeeld onderhoudswerkzaamheden) brandbare gassen, die niet teruggewonnen kunnen worden, veilig af te voeren door deze volledig te verbranden. De overige tussenproducten in de installatie worden opgevangen in de opslagtanks. Shell beschikt op het complex over drie fakkelsystemen, op ieder terrein één.²² De fakkels zijn elk 125 meter hoog. De branders zijn voorzien van pilotbranders (waakvlammen), waarvan de temperatuur wordt gemeten. Het fakkelsysteem is een technische veiligheidsmaatregel. De fakkels hebben geen elektriciteit of instrumentlucht nodig om te functioneren. Om de verbranding goed te laten verlopen, moeten de uitgestoten gassen worden geïnjecteerd met stoom. Indirect gebruiken de fakkels wel elektriciteit; voor de productie van stoom is immers elektriciteit nodig. Bovenin iedere fakkel bevinden zich branders, die continue branden waardoor uitgestoten brandbare gassen direct ontsteken.

Als installaties worden gestopt, bijvoorbeeld voor onderhoud, worden zoveel mogelijk van de in de installatie aanwezige tussenproducten teruggewonnen. Als installaties versneld uit bedrijf gaan (noodstop), is het niet altijd mogelijk alle tussenproducten die bij een geplande stop wel teruggewonnen kunnen worden, nog steeds terug te winnen en worden meer tussenproducten via de fakkels afgeblazen. De belasting van het fakkelsysteem is in dat geval hoger dan bij gepland uit bedrijf nemen.

De capaciteit van de fakkelsystemen is berekend op de volledige uitval van koelwater en/of elektriciteit op het gehele terrein, inclusief de noodvoorzieningen (waaronder de eigen elektriciteitsopwekking), en de aanname dat betrouwbare instrumentele beveiliging bij deze storingen in het algemeen niet functioneert. Elk fakkelsysteem is er op berekend om in een dergelijke situatie de volledige inhoud van één installatie plus de helft van de maximaal af te voeren hoeveelheid gas van de overige installaties te verbranden.

2.3.3 Organisatorische maatregelen

Shell heeft het ontwerp van de utiliteit-systemen gebaseerd op het N+1²³ principe. Dit betekent dat er voor iedere utiliteit voldoende productiecapaciteit is om uitval van de grootste, op dat moment werkende productie-eenheid, op te kunnen vangen, zonder dat de levering van voldoende volume van de betreffende utiliteit in gevaar komt. De N+1 capaciteit voor de utiliteiten wordt gevormd door de combinatie van de installaties van Shell en Pergen. Als dat niet afdoende is, zullen fabrieken hun gebruik van die utiliteit moeten beperken of stoppen. Dan worden volgens een voorgeschreven volgorde (de distributieregeling²⁴) installaties afgeschakeld. Er is een *Utility Coordinator* aangewezen om dat aan te sturen.

²² Shell, *Veiligheidsrapport 2016 SNR* (document ID 05.01) van 01 december 2016, paragraaf 1.6.2.4, pagina 104.

²³ Voor elektriciteit is zelfs het N+1+G-principe gehanteerd: waarbij ook nog rekening wordt gehouden met aanvullende uitval van een generator.

²⁴ Shell, *Bedrijfsnoodplan Locatie Pernis Europort*. BBS Werkinstructie, 05.05.2090, dd. 24-01-2017, pagina 116.

In het Bedrijfsnoodplan zijn verder noodprocedures opgenomen die de beheersmaatregelen op installatieniveau beschrijven bij een enkelvoudige storing. In deze noodprocedures wordt aandacht besteed aan de gevolgen van de uitval van één leverancier van een utiliteit en wordt middels een stapsgewijze werkinstructie aangegeven welke handelingen de operators moeten verrichten in het geval van een dergelijke uitval. Verder zijn per installatie start- en stopprocedures opgesteld die stapsgewijs het volledig in- of uitbedrijf nemen beschrijven.

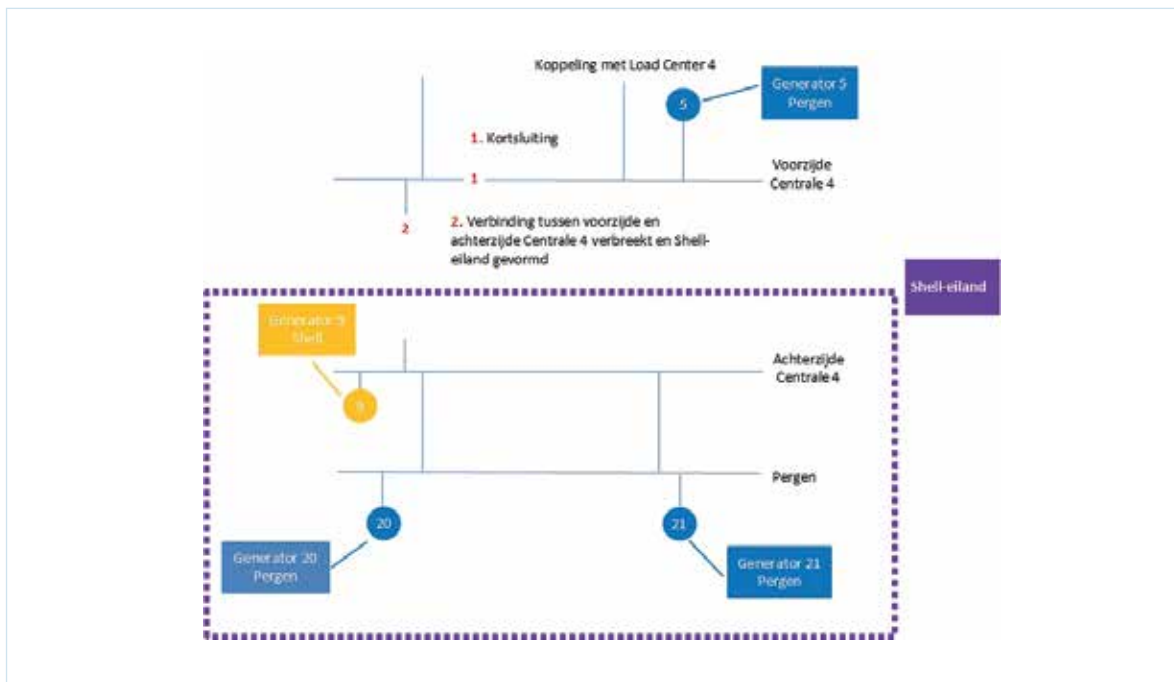
Shell heeft naar aanleiding van de stroomstoring in 2005 geïnvesteerd in voorzieningen die ongestoorde aanvoer van elektriciteit uit het publieke net moeten garanderen waaronder de vorming van het eiland waarmee bij uitval van het publieke net de meest cruciale processen op het KLMN-terrein van elektriciteit kunnen worden voorzien.

3 HET VOORVAL

3.1 De uitval van elektriciteit

Op zaterdagavond 29 juli 2017, vanaf 22.12 uur, vonden in Centrale 4, gedurende een periode van ongeveer een uur, een reeks van ongeveer 50 kortstondige kortsluitingen plaats. Om 23.19 uur trad er een kortsluiting op die leidde tot de vorming van het Shell-eiland. Daarnaast ontstond ten gevolge van die kortsluiting brand in Centrale 4.

Om 23:19 uur trad er een kortsluiting (figuren 5 en 6, gebeurtenis 1) op die een dermate grote piek in stroomsterkte veroorzaakte dat, conform het ontwerp, een deel van Centrale 4 werd losgekoppeld en het Shell-eiland werd gevormd. De beveiliging van Centrale 4 koppelde de spanningsrail Voorzijde los van de spanningsrail Achterzijde²⁵ (figuren 5 en 6, gebeurtenis 2). De benodigde elektriciteit voor het Shell-eiland werd vanaf dat moment alleen nog geleverd via de drie generatoren die direct met het eiland verbonden waren, namelijk de generatoren G9, G20 en G21.

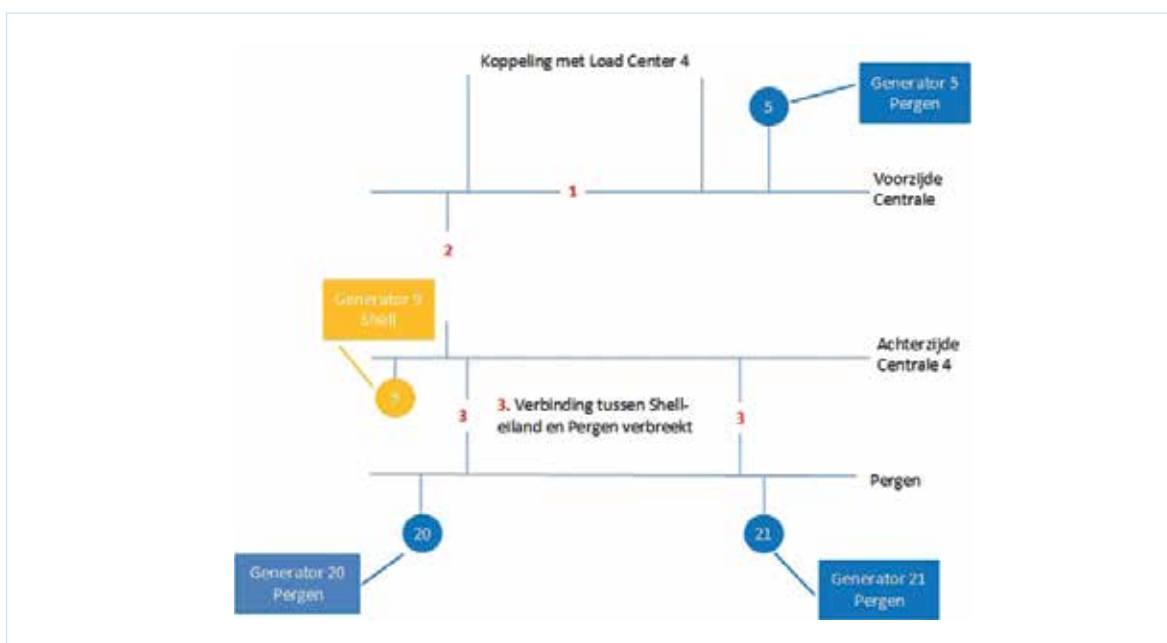


Figuur 5: Gebeurtenissen leidend tot Shell-eiland.

25 Centrale 4 is verdeeld in spanningsrails, aangeduid als Voorzijde en Achterzijde.

Ondanks de kortsluiting in Centrale 4 bleef het deel van deze centrale dat niet tot het Shell-eiland behoorde, functioneren en hield daarmee een deel van de elektriciteitsvoorziening voor het KLMN-terrein in stand. Dit deel werd, mede via Load Centre 4, gevoed door generator G5 van Pergen en de rest van het gekoppelde netwerk.

De piek in de stroomsterkte om 23.19 uur activeerde echter niet alleen de vorming van het Shell-eiland. De piek bereikte ook de beveiliging van de warmtekrachtinstallaties van Pergen (generatoren G20 en G21), die een groot deel van de voeding voor het Shell-eiland zouden moeten verzorgen. De piekstromsterkte leidde er vervolgens toe dat de beveiliging van die installaties van Pergen werd geactiveerd en generatoren van Pergen (G20 en G21) losgekoppeld werden van het Shell-eiland (figuur 6, gebeurtenis 3).



Figuur 6: Verbinding Shell-eiland en Pergen verbreekt

De koppeling van de beide generatoren van Pergen (G20 en G21) met Centrale 4 kon niet direct worden hersteld. De procedures van Shell schrijven voor dat eerst onderzoek naar de oorzaak van het loskoppelen, een zogenaamde storingsanalyse, wordt uitgevoerd. Als kan worden vastgesteld dat de oorzaak reeds is weggenomen, wordt de spanning in het systeem hersteld. Pas daarna kan de koppeling met Pergen weer worden hersteld. De installaties die stil waren gevallen moeten volgtijdelijk worden gestart. Gedurende dit proces moet de energie die via de generatoren wordt geleverd, worden afgestemd op de groeiende vraag die het opstarten van steeds meer installaties met zich meebrengt. Dit proces vergt volgens Shell minimaal twaalf uur.

Er kon echter direct na de kortsluiting geen storingsanalyse worden uitgevoerd, omdat door de intensiteit van de brand in de Centrale 4²⁶, geen veilige toegang tot de ruimte met de schakelapparatuur kon worden gegarandeerd. Daarvoor moest eerst het laatste,

26 Tijdens het ontwerp en de bouw van Centrale 4 was wel rekening gehouden met brand. Zo was de schakelapparatuur opgesteld in twee aparte ruimtes die waren gescheiden door een firewall.

nog werkende deel van Centrale 4 worden stil gelegd. Dit had tevens als consequentie dat de nog lopende processen tot stilstand zouden komen.

Het loskoppelen van Pergen van het Shell-eiland betekende dat de generatoren G20 en G21 niet meer in contact stonden met het Shell-eiland en dus geen elektriciteit meer leverden aan de installaties van Shell. Het Shell-eiland werd vanaf dat moment alleen nog maar van elektriciteit voorzien door één generator, namelijk Shell generator G9. De capaciteit van generator G9 was onvoldoende om de installaties die nog draaiden te voeden. Vraag en aanbod moesten binnen het Shell-eiland met elkaar in overeenstemming worden gebracht. Hiervoor zijn twee mechanismen beschikbaar:

- *Fast load shedding*: Het *Electrical Network Monitoring and Control* (ENMC) meet voortdurend of vraag en aanbod nog met elkaar in balans zijn en bij onbalans wordt de vraag verlaagd door de installaties af te schakelen.
- *Frequency load shedding*: Het ENMC reageert op een daling van de systeemfrequentie die optreedt als gevolg van een tekort aan capaciteit in het systeem. Als te weinig capaciteit wordt gemeten, worden afnemers door het ENMC afgekoppeld. Wanneer de *Fast load shedding* succesvol verloopt, zal deze situatie zich niet voordoen. Frequency load shedding is de back-up van fast load shedding.

Bij dit voorval vond zowel *Fast Load Shedding* plaats (bij Station 20) als *Frequency Load Shedding* (bij Station 12).²⁷ Gasturbine GT3 die Generator 9 aandrijft, schakelde drie seconden na initiatie van het Shell-eiland uit (tripte). Omdat er nog wel hete gassen door de turbine stroomden, bleef GT3 nog beperkt draaien.²⁸ Als gevolg hiervan verminderde de output van Generator 9 tot minder dan 1MW. Het ENMC is zo ingesteld dat dit wordt beschouwd als een opdracht om deze generator buiten gebruik te stellen²⁹ en schakelde daarom Shell generator G9 uit, twaalf seconden na het loskoppelen van Pergen.

Doordat generator G9 uitviel, werden de installaties die op het Shell-eiland waren aangesloten niet meer voorzien van elektriciteit. Hierdoor kwamen ook de installaties voor die processen die Shell als cruciaal beschouwd, geleidelijk tot stilstand. De veiligheidskritische systemen, die nodig zijn om deze processen te volgen, schakelden over naar de noodstroomvoorziening. Vanaf 23.19 uur werden van de opslagtanks geen tanklevelalarmen meer doorgegeven.³⁰ Omdat door het gebrek aan elektriciteit ook de koelwatervoorziening voor het DEG-terrein tot stilstand kwam, moesten vanaf dat moment ook daar de productieprocessen tot stilstand worden gebracht.

De derde generator van Pergen, generator G5, functioneerde tot 23.35 uur, waarna deze uitviel vanwege een gebrek aan koelwater. Pergen leverde vanaf dat moment alleen nog via de stoomturbines van Pergen stoom en instrumentlucht aan Shell. Om 00.34 uur viel bij Pergen één van de twee gasturbines, Gasturbine GT2, uit. In het ontwerp is opgenomen dat in dat geval de installaties, ongeacht of deze aan GT1 of aan GT2 zijn

²⁷ Shell, *E-2018- 043 IncidentInvestigationReportTripGT3*, van 29 maart 2018, pagina 2.

²⁸ Shell, *E-2018- 043 IncidentInvestigationReportTripGT3*, van 29 maart 2018, pagina 18.

²⁹ Shell, *Investigation Report C4 Failure 2017, FIMnr: 190395*, van 13 okt 2017, pagina 23.

³⁰ Shell, *Beantwoording vragen DCMR n.a.v. incident 29 juli 2017 dd.13 okt 2017, FIM nummer 1903957*, paragraaf 2.2, pagina 6.

gekoppeld, automatisch weer worden opgestart. Bij het automatisch opstarten werd nu, omdat GT2 niet meer startte, de belasting van alle installaties van Pergen aan Gasturbine GT1 en de hieraan verbonden noodtransformator gekoppeld. Die noodtransformator raakte hierdoor overbelast en viel uit, waardoor de Gasturbine GT1 niet meer kon worden opgestart. Omdat Gasturbine GT2 al uit was, kwam de levering van stoom aan het DEG- en KLMN-terrein om 00.34 uur tot stilstand. Dit werd om 00.50 uur gevolgd door het tot stilstand komen van de levering van instrumentlucht.

Op 30 juli om 02.29 uur werd ook het laatste, nog werkende deel van Centrale 4 afgeschakeld. Dit deel was niet verbonden met het Shell-eiland. Hiermee stopte het nog functionerende deel van de elektriciteitsvoorziening aan het KLMN-terrein en werden de laatste nog lopende processen en installaties op dat deel van het terrein door het IPS tot stilstand gebracht. Dat deel van het KLMN-terrein was tot dan toe nog via Load Centre 4 verbonden met het publieke 150 kV-net en had daardoor nog kunnen doordraaien.

De westelijke helft van Shell Pernis, het ABC-terrein, heeft eigen voorzieningen voor de productie van elektriciteit, stoom en lucht. Dit deel van het terrein wordt door Centrale 2 van elektriciteit voorzien. Deze centrale kon blijven doordraaien, waardoor de installaties op het ABC-terrein, die op die centrale zijn aangesloten, van elektriciteit voorzien bleven. De installaties zijn daar echter afhankelijk van aanvoer van producten van het KLMN-terrein. Toen Shell om 02.29 uur besloot het laatste nog functionerende deel van Centrale 4 te stoppen, kwamen niet alleen de processen en installaties op het KLMN-terrein tot stilstand, maar moest Shell als gevolg daarvan op 30 juli vanaf 02.29 uur ook de installaties op het ABC-terrein uit bedrijf nemen. Uiteindelijk gingen alle installaties (ABC-, DEG- en KLMN-terrein) dus uit bedrijf. Dit hele proces van stilzetten heeft tot 08.30 uur op 1 augustus 2017 geduurd.

3.2 Cascade: uitval van stoom en instrumentlucht

De uitval van de levering van stoom en instrumentlucht van Pergen aan Shell was van invloed op het verloop van het volledig stilvallen van alle installaties op het Shell-terrein.

Stoom

Ten behoeve van een goede verbranding van de tussenproducten die door een fakkel worden afgevoerd, is injectie van stoom in de fakkeltip noodzakelijk. Deze injectie zorgt niet alleen voor een hogere temperatuur van de te verbranden gassen, maar ook voor aanzuiging van extra zuurstof en een goede menging van de gassen met de zuurstof. Dit komt de verbranding ten goede en vermindert daarmee de roetvorming en de uitstoot van giftige gassen. De benodigde stoom voor Shell Pernis wordt op twee locaties geproduceerd: op het ABC-terrein door Shell zelf en op het KLMN-terrein door Pergen. Deze twee productielocaties zijn door een transportleiding met elkaar verbonden, maar kunnen door een klep ook van elkaar worden gescheiden. Het stilvallen van Pergen om 00.34 uur leidde ertoe dat, twee uur na het begin van het proces van affakkelen, geen stoom meer beschikbaar was op het DEG-terrein en het KLMN-terrein. Volgens Shell was de productiecapaciteit van stoom op het ABC-terrein voldoende voor de installaties op dat terrein, maar onvoldoende om ook de andere terreinen van stoom te voorzien. De Utility Coördinator heeft daarom kort na de stroomuitval op het KLMN-terrein de

transportleiding voor stoom dichtgezet en daarmee de productielocaties voor stoom van elkaar gescheiden. Door uitval van de levering van stoom moesten de vrijkomende gassen op de DEG- en KLMN-terreinen vanaf 00.34 uur zonder toevoeging van stoom verbrand worden. Hierdoor verbrandden deze gassen onvolledig, wat onder andere leidde tot meer roetvorming. De fakkels op het ABC-terrein werden gedurende 80 uur (gerekend vanaf de stroomstoring) nog voorzien van voldoende stoom.

Instrumentlucht

De installaties op het ABC-terrein bleven initieel voorzien van instrumentlucht. Door het wegvallen van instrumentlucht op het DEG- en KLMN-terrein om 00.50 uur³¹, schakelden de afsluiters daar naar de veilige stand. Hierdoor werden niet alleen een aantal processystemen uitgeschakeld, maar ook de blussystemen gingen hierdoor naar de veilige stand en werden daarmee geactiveerd. Het gevolg was dat werd geblust op locaties waar op dat moment geen brand was.

3.3 Gevolgen van de uitval van de noodstroomvoorziening

Gedurende het verloop van het voorval raakten de batterijen van de noodstroomvoorzieningen uitgeput. Bij een deel van de opslagtanks functioneerden de tanklevelalarmen vanaf 23.19 uur niet meer. Vanaf 02.39³² uur vielen de UPS-en van de operatorstations bij de verladingsstations op het DEG-terrein uit en vanaf 03.00 uur vielen ook veiligheidskritische systemen uit en/of gaven geen meldingen meer door. Als eerste gaf het IPS-systeem in het veiligheidsdistrict ROM³³ geen meldingen meer door. Volgens Shell had dat verder geen nadelige invloed op het buiten bedrijf stellen van de installaties, omdat het IPS zo is geprogrammeerd dat het processen autonoom naar een veilige toestand brengt. Ook DCS-controllers en apparatuur voor brandalarm- en gasdetectieapparatuur gaven geen meldingen meer door en vielen in de loop van de nacht uit. Hierdoor ontvingen de operators steeds minder informatie over bijvoorbeeld waar welke stromen met gevaarlijke stoffen liepen en wat de vulniveaus van de opslagtanks waren. Deze niveaus werden daarom (handmatig) berekend en gemonitord, onder andere door ze op locatie visueel te laten controleren door medewerkers van Shell. Dit is volgens Shell in dergelijke situaties een standaardprocedure. Om zicht te houden op de situatie bij de installaties zijn door medewerkers van Shell extra controlerondes gelopen met gasdetectieapparatuur en zijn infraroodmetingen gedaan om eventuele brand of lekkages tijdig te kunnen detecteren. Bij de hulpdiensten die aanwezig waren in de controlekamer ontstond het beeld dat Shell geen volledig zicht had op de lopende processen.

31 Shell, *Investigation Report: refinery shutdown after power failure in 25 kV station 4*, 13 okt 2017, fimnr: 1903957, pagina 6.

32 Shell, *Beantwoording vragen DCMR n.a.v. incident 29 juli 2017, dd.13 okt 2017, FIM nummer 1903957*, paragraaf 2.2, pagina 6.

33 ROM: *Raffinaderij Oil Movement*, in dit deel van de raffinaderij bevinden zich de pompkamers, opslagfaciliteiten en verladingsstations.

3.4 De gevolgen voor de omgeving

Het stilvallen van de processen, en daarmee van de installaties, had onder meer tot gevolg dat procesgas via de fakkels moest worden afgeblazen. De hoeveelheid af te fakkelen gas was echter al te groot om met de normaliter beschikbare hoeveelheid stoom te verbranden. Daarbij werd de hoeveelheid stoom die beschikbaar was snel minder vanwege het uitvallen van de stoomvoorziening.

In totaal heeft het tot stilstand brengen van de installaties en het bijbehorende affakkelen ongeveer 97 uur geduurd. In die periode is nog gedurende 2 uur stoom aan de fakkels op het DEG-terrein en het KLMN-terrein toegevoegd en zijn de fakkels op het ABC-terrein gedurende 80 uur van stoom voorzien. Uiteindelijk hebben alle fakkels gedurende het voorval een periode zonder toevoeging van stoom afgefakkeld: op het ABC-terrein gedurende 17 uur en op het KLMN-terrein en het DEG-terrein zelfs 95 uur. In totaal is 2.271 ton procesgas afgefakkeld waarvan 2.122 ton volledig is verbrand tot water en kooldioxide. De overige 149 ton is onvolledig verbrand uitgestoten.

De hoeveelheid uitgestoten gas is door Shell berekend op basis van de inhoud van de installaties. De samenstelling en hoeveelheden van het uitgestoten gas worden niet gemeten maar worden conform wet- en regelgeving berekend aan de hand van het Handboek Emissiefactoren.³⁴ De berekende hoeveelheden van de tijdens het voorval onvolledig verbrande uitgestoten gassen zijn weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2: Hoeveelheden fakkelgas en onvolledig verbrande uitstoot via de fakkels volgens opgave van Shell³⁵.

Shell terrein	Totale tijdsduur fakkelen	Fakkelt met stoom	Fakkelt zonder stoom	Totaal aan fakkelgas	Emissie onvolledig verbrande gassen *				
					KWS	Stof (roet)	SO ₂	NO _x	CO
	uur	uur	uur	ton	ton	ton	ton	ton	ton
KLM	97	2	95	212	3,0	4,6	8,7	0,1	10,0
DEG	97	2	95	13	0,2	0,3	0	0	0,6
ABC	97	80	17	2.047	6,5	8,2	9,8	0,7	96,7
Totaal				2.271	9,7	13,1	18,5	0,8	107,3

*KWS = Koolwaterstoffen, SO₂ = zwaveldioxide, NO_x = stikstofoxiden, CO = Koolmonoxide

Koolmonoxide, zwaveldioxide en stikstofoxiden zijn in potentie dodelijk bij inademing. Koolmonoxide is daarbij een brandbaar gas en stikstofoxiden zijn brand bevorderend. Zowel de emissie van zwaveldioxide als die van koolmonoxide betekenen een overschrijding van de drempelwaarde uit de Seveso III richtlijn. In Tabel 3 zijn de

³⁴ RIVM/MNP, *Diffuse emissies, Rapportagereeks Milieu Monitor*, Nummer 14, maart 2004.

³⁵ Shell, *Fakkelemissie stroomstoring*, d.d. 24-10-2019 aan Onderzoeksraad voor Veiligheid.

geldende drempelwaarde uit de Seveso III richtlijn en de omschrijving van het gevaar van deze beide stoffen weergegeven.

Tabel 3: Omschrijving gevaar en drempelwaarde.

Gevaarlijke stof	Drempelwaarde	Omschrijving gevaar
Zwavel dioxide	10 ton	Acuut toxisch categorie 3 (rubriek H2)
Koolmonoxide	2,5 ton	Ontvlambare gassen (rubriek P2) Acuut toxisch, categorie 3 (rubriek H2)

Uit tabellen 2 en 3 blijkt dat de hoeveelheid SO₂ die gedurende het voorval is uitgestoten bijna 2 keer zo groot is als de drempelwaarde. Voor CO is dat zelfs meer dan 40 keer.

4.1 Uitval van utiliteiten

4.1.1 Elektriciteitsvoorziening viel weg

Shell heeft na de stroomstoring van 2005 diverse verbeteringen aangebracht om de elektriciteitsvoorziening robuuster en betrouwbaarder te maken, zodat uitval van het publieke net opgevangen kon worden. Daarvoor is onder meer Centrale 4 gebouwd. In het ontwerp van Centrale 4 heeft Shell de mogelijkheid opgenomen om een deel van die centrale van het publieke elektriciteitsnet af te koppelen en het zogenaamde Shell-eiland te vormen. Hierdoor zouden de processen die Shell als cruciaal aanduidt ook tijdens een stroomstoring van stroom worden voorzien. De kortsluiting zoals die zich in een deel van Centrale 4 voordeed, zorgde er dan ook voor dat -zoals was bedoeld- het Shell-eiland werd gevormd.

Het stroomscenario dat zich afspeelde op 29 juli 2017 had echter geen relatie met het publieke net, maar met de eigen stroomvoorziening. Dat de kortsluiting in Centrale 4 leidde tot de vorming van het Shell-eiland was bedoeld. Dat de eilandvorming zou leiden tot het loskoppelen van de levering van elektriciteit door Pergen aan het Shell-eiland was in de risico-studies niet als mogelijkheid geïdentificeerd.³⁶ Van een Brzo-³⁷bedrijf mag worden verwacht dat bij het ontwerp en de bouw van een dergelijke installatie niet alleen de werking van het mechanisme van eilandvorming wordt doorgrond, maar ook de interactie van die elementen die samen dat eiland vormen en van stroom voorzien. Shell werd verrast door de uitval van Pergen direct na de vorming van het Shell-eiland, terwijl dat eiland juist afhankelijk was van Pergen voor de levering van stroom.

Uit later onderzoek dat Shell naar aanleiding van dit voorval heeft uitgevoerd, blijkt dat de instellingen (timer settings) van de beveiligingen van Shell en Pergen niet op elkaar waren afgestemd.³⁸

In de ontwerpfilosofie³⁹ aan de zijde van Pergen was ook niet voorzien dat beide verbindingen met Centrale 4 ten behoeve van het Shell-eiland, tegelijk weg zouden vallen. Zowel Shell als Pergen gingen uit van een enkelvoudige storing waarbij dan slechts één verbinding uit zou vallen. Shell ging er in haar scenario's van uit dat er altijd een verbinding zou blijven tussen Shell en Pergen en dat de Pergen generatoren daarmee

³⁶ Shell, *Investigation Report, refinery shutdown after power failure in 25 kV station 4, van 13 okt 2017, FIM nummer: 1903957*, pagina 8.

³⁷ BRZO-bedrijf: bedrijf dat valt onder het Besluit risico's zware ongevallen 2015

³⁸ Shell, *Investigation Report, refinery shutdown after power failure in 25 kV station 4, van 13 okt 2017, FIM nummer: 1903957, samenvatting*, pagina 3.

³⁹ *Air Liquide Pergen Project, Specification 48-AN8210/E.02/1017 50-2886-741-208*, pagina 33

deel zouden blijven uitmaken van het eiland. Shell leek ervan uit te gaan dat via de overeengekomen Service level agreement (SLA) de levering van de utiliteiten door Pergen voldoende was gewaarborgd. Omdat Shell het volledig uitvallen van de levering van utiliteiten door Pergen niet als mogelijk scenario had onderkend en onderzocht, waren geen maatregelen getroffen om dit te voorkomen of de gevolgen ervan te beperken.

De gevolgen van de uitval van de stroomvoorziening waren aanzienlijk. Omdat er geen elektriciteit meer aan de gebruikers binnen het Shell-eiland werd geleverd, en als gevolg van kortsluitingen ook niet aan een deel van de gebruikers buiten het eiland, kwam een deel van de processen en installaties op het KLMN-terrein tot stilstand. Dit leverde een ander aanbod van te verbranden gas op dan in een normale situatie. Tijdens de normale bedrijfsvoering is er voldoende stoom om de aangeboden hoeveelheid gas volledig te verbranden. In zijn noodplannen had Shell rekening gehouden met het wegvallen van een enkele leverancier van een utiliteit. Nu vielen meerdere leveranciers én meerdere utiliteiten weg. Shell vertrouwde in die situaties op het IPS om gelijktijdig meerdere installaties acuut en veilig te stoppen. Volgens Shell waren er geen reële scenario's denkbaar waarbij dit anders dan door het IPS plaats zou moeten vinden.

Scenario's en veiligheid

Door het denken in scenario's kunnen vroegtijdig potentiële ongevallen worden onderkend, ook die ongevallen die zich nog niet hebben voorgedaan. Met de daarmee verkregen inzichten kan de veiligheid worden vergroot door maatregelen zoals bijvoorbeeld aanvullende of verbeterde veiligheidsbarrières, of door maatregelen om de gevolgen te beperken. Voorkomen moet worden dat scenario's worden geclassificeerd in mate van waarschijnlijkheid omdat dan "*low chance*" scenario's, ook als deze een "*high impact*" hebben, geen invloed uitoefenen op de inrichting van het veiligheidsmanagement.

Omdat meerdere installaties tegelijk hun volledige inhoud aan de fakkels aanboden, was meer stoom nodig dan voorradig was. Nadat de stoomlevering was gestopt, werd dit tekort snel groter. Er werd daardoor 149 ton aan gevaarlijke stoffen onvolledig verbrand uitgestoten. Dit duurde in totaal 97 uur, totdat alle installaties op het terrein tot stilstand waren gekomen.

4.1.2 Stoom en instrumentlucht vielen weg

Om 00.34 uur kwamen de gasturbines van Pergen tot stilstand en viel eerst de levering van stoom weg en ongeveer vijftien minuten later ook de levering van instrumentlucht voor de installaties van Shell op het DEG-terrein en KLMN-terrein. Daarmee was de levering van drie utiliteiten tot stilstand gekomen, namelijk stoom, elektriciteit en instrumentlucht. Omdat deze drie utiliteiten essentieel zijn voor het functioneren van de installaties op deze terreinen, werd het besluit om het hele complex af te schakelen voor Shell onvermijdelijk. Omdat de UPS-en om 00.34 uur nog functioneerden, had men dat op dat moment nog kunnen doen met meer zicht op het verloop van de processen. Het besluit om het hele complex af te schakelen is uiteindelijk om 02.29 uur genomen toen besloten werd het laatste deel van Centrale 4 uit te schakelen om de brand aldaar te

kunnen blussen. Door dit besluit kwamen ook de installaties op het ABC-terrein tot stilstand en voerden ook die hun brandbare procesgassen af naar de fakkels (op het ABC-terrein).

Na het wegvallen van de levering van stoom om 00.34 uur was op het KLMN-terrein vanaf dat moment ook geen stoom meer beschikbaar voor een goede verbranding bij die fakkels. Shell produceerde nog wel stoom op het ABC-terrein, maar die productie was onvoldoende om daarmee ook het KLMN-terrein van stoom te voorzien. Bovendien waren die twee terreinen voor wat betreft stoom kort na de stroomuitval op het KLMN-terrein door de *Utility Coordinator* van elkaar gescheiden.

De uitval van koelwater had vanaf 23.19 uur ook al geleid tot het stoppen van de installaties op het DEG-terrein en daarmee tot een toename van procesgas dat vanaf dat terrein aan de fakkels werd aangeboden.

Door het wegvallen van de productiecapaciteit van Pergen was er gebrek aan stoom en instrumentlucht en moesten de nog lopende processen via een noodstop tot stilstand worden gebracht. Shell was met de toepassing van het N+1-principe voor de productiecapaciteit van utiliteiten uitgegaan van de gebruikelijke standaard. De levering van de utiliteiten door Pergen zijn essentieel voor het verloop van de processen van Shell. Shell had een Service level agreement met Pergen gesloten en daarmee de verantwoordelijk voor het leveren van stoom en instrumentlucht bij Pergen gelegd. Hierdoor was de mogelijkheid dat utiliteiten zouden wegvallen volgens Shell beheerst. Dat de productiecapaciteit van Pergen zou wegvallen, was echter niet door Shell, als ontvanger van de utilities, als een relevant scenario geïdentificeerd. Shell had geen afdoende voorbereidingen getroffen om de gevolgen van uitval van de capaciteit van een (grote) producent van meerdere utiliteiten, zoals die van Pergen, te voorkomen of te beperken.

4.2 Beheersing van de gevolgen

4.2.1 Uitval van veiligheidskritische systemen

Bij normaal bedrijf hebben de operators bij Shell de beschikking over een aantal, veiligheidskritische, controle- en besturingssystemen. De noodstroomvoorziening (het UPS) heeft die veiligheidskritische systemen, waaronder het DCS, nog een aantal uur in stand gehouden. Dit was conform het ontwerp.

Het zicht op de processen verminderde vanaf 02.39 uur toen de eerste operatorstations uitvielen en nam verder af doordat steeds meer veiligheidskritische systemen geen meldingen (bijvoorbeeld de vulgraad van de opslagtanks) en alarmen (bijvoorbeeld de gasdetectiesystemen) meer doorgaven. Om het stilleggen van de installaties door het IPS te monitoren besloot Shell om operators, weliswaar voorzien van persoonlijke beschermingsmiddelen en alarmeringsapparatuur, handmatig niveaumetingen te laten doen in opslagtanks en op locatie gasdetectiemetingen bij installaties uit te laten voeren. Omdat er beperkt zicht was op de processen en op de situatie op het terrein, kon Shell niet uitsluiten dat eigen personeel, maar ook de aanwezige hulpverleners die op het terrein aanwezig waren, risico's liepen.

Het stoppen van een enkele installatie wordt in de procesindustrie gezien als een activiteit met een verhoogd risico. Shell had nu te maken met de situatie dat steeds meer installaties werden afgeschakeld en uiteindelijk het gehele terrein stilgelegd moest worden. Shell geeft aan het stoppen van fabrieken uitgewerkt te hebben in het Bedrijfsnoodplan. Daarin staat beschreven dat operationele afdelingen die zijn getroffen door een storing in de levering van een utiliteit verantwoordelijk zijn voor het nemen van de benodigde maatregelen. Deze zijn voor de betreffende installaties of fabriek in procedures vastgelegd.⁴⁰ Shell heeft aan de Onderzoeksraad niet kunnen (aan)tonen dat het een generiek plan had voor het uit bedrijf nemen van alle installaties en het stil leggen van de hele site. Shell beschouwde dit als een onwaarschijnlijk scenario.

4.2.2 Uitstoot van stoffen

Door de volledige uitval van de installaties op het terrein werd meer capaciteit van de fakkels en de stoomvoorziening gevraagd dan waar deze op waren gedimensioneerd. Binnen de chemische industrie is het ook niet gebruikelijk dat de capaciteit van de fakkels is ontworpen om het aanbod dat hoort bij een volledige ongeplande uitbedrijfname, volledig te kunnen verbranden. Die capaciteit werd bij dit voorval verder verkleind door het ontbreken van stoom. De milieuvergunning laat dit toe. Een noodstop, zoals bij deze stroomstoring, wordt in de vergunning namelijk gezien als een bijzondere omstandigheid waarop de fakkels niet ontworpen hoeft te zijn.⁴¹

Een dergelijke noodstop heeft grote gevolgen. Shell Pernis kampte in 2005 ook al met een totale stroomuitval, die toen leidde tot het stilvallen van alle installaties en een vergrote uitstoot. Het is opmerkelijk dat Shell niet had onderkend dat een totale stroomuitval ook het gevolg kan zijn van andere scenario's, zoals het stilvallen van de levering van utiliteiten vanuit Pergen, en dat het bedrijf geen maatregelen had getroffen om de gevolgen van een totale stroomuitval zoveel mogelijk te beperken.

Door het grote fakkelaanbod én door het ontbreken van voldoende stoom tijdens het affakkelen is, volgens de berekeningen van Shell, uiteindelijk 149 ton onvolledig verbrand procesgas in de atmosfeer uitgestoten. Het onvolledig verbrande procesgas bevatte onder meer roet, zwaveldioxide (SO₂), stikstofoxiden (NO_x) en koolmonoxide (CO). De hoeveelheden uitgestoten zwaveldioxide en koolmonoxide waren dermate groot dat deze uitstoot hoger lag dan de drempelwaarden van een zwaar ongeval, zoals beschreven in de Seveso III richtlijn (zie paragraaf 3.4).

Daarbij staat koolmonoxide sinds 2 december 2013 op de Europese lijst van Zeer zorgwekkende stoffen (ZZS). Zeer zorgwekkende stoffen zijn stoffen die gevaarlijk zijn voor mens en milieu, omdat ze bijvoorbeeld kankerverwekkend zijn, de voortplanting belemmeren of zich in de voedselketen ophopen. Bedrijven zijn verplicht hun reguliere uitstoot van zeer zorgwekkende stoffen naar lucht en water te voorkomen (een zogenaamde nulmissie). Als een nulmissie technisch niet haalbaar is, moeten de emissies zoveel mogelijk worden beperkt. Er geldt dan een minimalisatieverplichting.

⁴⁰ Shell, *Bedrijfsnoodplan 05052090, Hoofdstuk 2*, pag. 115, revisie U.

⁴¹ DCMR, *Beschikking Revisievergunning SNR, 27 april 2010, paragraaf S51 (vs 8.4)*, pagina 113.

Door de aard en de hoeveelheden van de stoffen die niet volledig verbrand zijn uitgestoten, heeft Shell de omgeving aan gezondheidsrisico's blootgesteld.

4.3 Zicht op processen bij het stilleggen van de installaties

De aanwezige noodstroomvoorzieningen zorgden ervoor dat de veiligheidskritische systemen nog enige tijd bleven werken. Het IPS heeft de processen autonoom naar een veilige toestand geleid. Door het uitvallen van operatorstations en doordat veiligheidskritische systemen steeds minder meldingen doorgaven, hadden operators in de controlekamer geen volledig zicht op het verloop van deze processen en de situatie op het terrein gedurende de periode van het afschakelen van de installaties. Omdat ook gasdetectieapparatuur en tanklevelalarmen niet meer functioneerden, hebben operators handmatig metingen op locatie uitgevoerd. Bevoegd Gezag en hulpverleners hebben gedurende het voorval niet de zekerheid gekregen dat Shell volledig zicht had op de situatie in de fabriek. Het is van belang dat als zich een voorval voordoet deze partijen erop kunnen vertrouwen dat het bedrijf over alle bedrijfsprocessen de benodigde informatie snel kan leveren.

4.4 Inzichten van Shell

Shell geeft naar aanleiding van dit voorval aan met enige regelmaat te controleren of het systeemontwerp en de installatie in de praktijk voldoen aan de verwachtingen. Daarbij wordt geleerd van incidenten, 'near misses' en ervaringen binnen de industrie en de Shell groep.

Shell acht geen reële scenario's denkbaar waarbij zij, anders dan door het *Instrumented Protection System*, gelijktijdig meerdere installaties acuut en veilig zou willen stoppen. Een stop kan, in de visie van Shell, wellicht acuut zijn, maar niet volledig gelijktijdig voor alle installaties. Hoeveel tijd wordt genomen voor het uit bedrijf nemen van alle gewenste installaties, hangt dan af van het scenario dat zich aandient. Daarvoor bestaan op het niveau van de productie eenheden procedures om fabrieken veilig uit bedrijf te nemen. Daarbij rekent Shell erop dat het IPS ingrijpt als een veilige toestand handmatig niet gehandhaafd zou worden. Het IPS werkt volledig onafhankelijk van de systemen die de fabrieken besturen (operator stations, *Distributed Control System* (DCS)).

Vanwege de energietransitie kijkt Shell naar verdere elektrificatie van de fabrieken en installaties. Shell verwacht dat de elektriciteitsvraag op de site daarmee fors zal toenemen en ziet daarbij een grotere rol voor het publieke net. De robuustheid en betrouwbaarheid van het publieke net zijn daarmee voor Shell van extreem groot belang en daarom ook nu al onderwerp van gesprek in de besprekingen met TenneT en andere regionale partijen. Wat dat betekent voor leveringszekerheid en back-up wordt door Shell verwerkt in het systeemontwerp en inspectie- en onderhoudsprogramma's.

4.5 Eerdere voorvallen bij Shell

Bij Shell-locaties in Nederland hebben zich eerder voorvallen voorgedaan die door de Onderzoeksraad zijn onderzocht.

Na een lekkage van ethyleenoxide op de locatie Pernis⁴² concludeerde de Raad dat: 'ook als weinig tot geen faalrisico's worden onderkend, het toch noodzakelijk is om voorbereid te zijn op adequate incidentbestrijding. Na de explosies bij Shell Moerdijk⁴³ concludeerde de Raad onder meer:

- 'Shell heeft de risico's van wijzigingen in installaties, processen en procedures niet onderkend en beheerst.'
- 'De effecten van wijzigingen en vernieuwingen in de MSPO2-fabriek en in de procedure zijn echter niet systematisch met een risicoanalyse onderzocht. Zo kon een niet-onderkend risico leiden tot een reeks van ondoordachte risico's die samen bijdroegen aan dit voorval.'

Na een lekkage van ethyleenoxide, op de locatie Moerdijk⁴⁴ oordeelde de Raad dat Shell, als Brzo-bedrijf, geen recht deed aan zijn maatschappelijke verantwoordelijkheid voor het beheersen van veiligheidsrisico's voor de omgeving. In dat rapport stelde de Raad: 'Dit stemt de Onderzoeksraad, mede na zijn eerdere rapportages over voorvallen bij Shell, niet hoopvol.' Van Shell mag, zo oordeelde de Raad, een meer fundamentele en proactieve aanpak worden verwacht, temeer omdat Shell zichzelf publiekelijk profileert als een bedrijf met veiligheid als topprioriteit.

Het onderzochte voorval uit 2017, de stroomstoring bij de locatie Pernis, past bij de eerdere bevindingen van de Raad over Shell. Ook bij dit voorval ging Shell er vooraf van uit dat de meest waarschijnlijke scenario's voor een stroomstoring waren afgedekt. Na de stroomuitval in 2005 had Shell immers al uitgebreide maatregelen genomen om een soortgelijke stroomuitval in de toekomst te voorkomen. Het scenario van een volledige stroomuitval werd na de implementatie van die maatregelen als onwaarschijnlijk ingeschat.

Het voorval uit 2005 had aanleiding moeten zijn voor een diepgaande evaluatie en verbetering van het risico-assessment en management van een volledige stroomuitval door andere dan de geïdentificeerde oorzaken.

42 Onderzoeksraad voor Veiligheid, *Lekkage ethyleenoxide bij Shell Pernis op 30 december 2013*. Citaat overgenomen van pagina 16.

43 Onderzoeksraad voor Veiligheid, *Explosies MSPO2 bij Shell Moerdijk op 3 juni 2014*. Citaten overgenomen van pagina 97.

44 Onderzoeksraad voor Veiligheid, *Lekkage ethyleenoxide bij Shell Moerdijk op 27 januari 2016*. Citaat overgenomen van pagina 62.

Hoofdconclusie

Shell richtte zich op het beheersen van, al dan niet complexe, risico's met een zekere waarschijnlijkheid van optreden. Risico's kunnen echter ook ontstaan door relaties en interacties van effecten die moeilijk te voorspellen zijn of minder waarschijnlijk lijken.⁴⁵ Na een risicoanalyse kan er niet vanuit worden gegaan dat met het beheersen van de voorspelbare risico's alle scenario's geïdentificeerd zijn, en moet risicobeheersing zich ook richten op onbekende of onwaarschijnlijke risico's. Daarvoor is een systeem nodig dat generiek minder kwetsbaar is, flexibel kan reageren op een onverwachte gebeurtenis en zich kan aanpassen aan de omstandigheden van een zich ontwikkelend voorval.⁴⁶ Voor Shell is het de opgave om na te gaan of hun huidige systeem dit risico dekt.

Deelconclusies

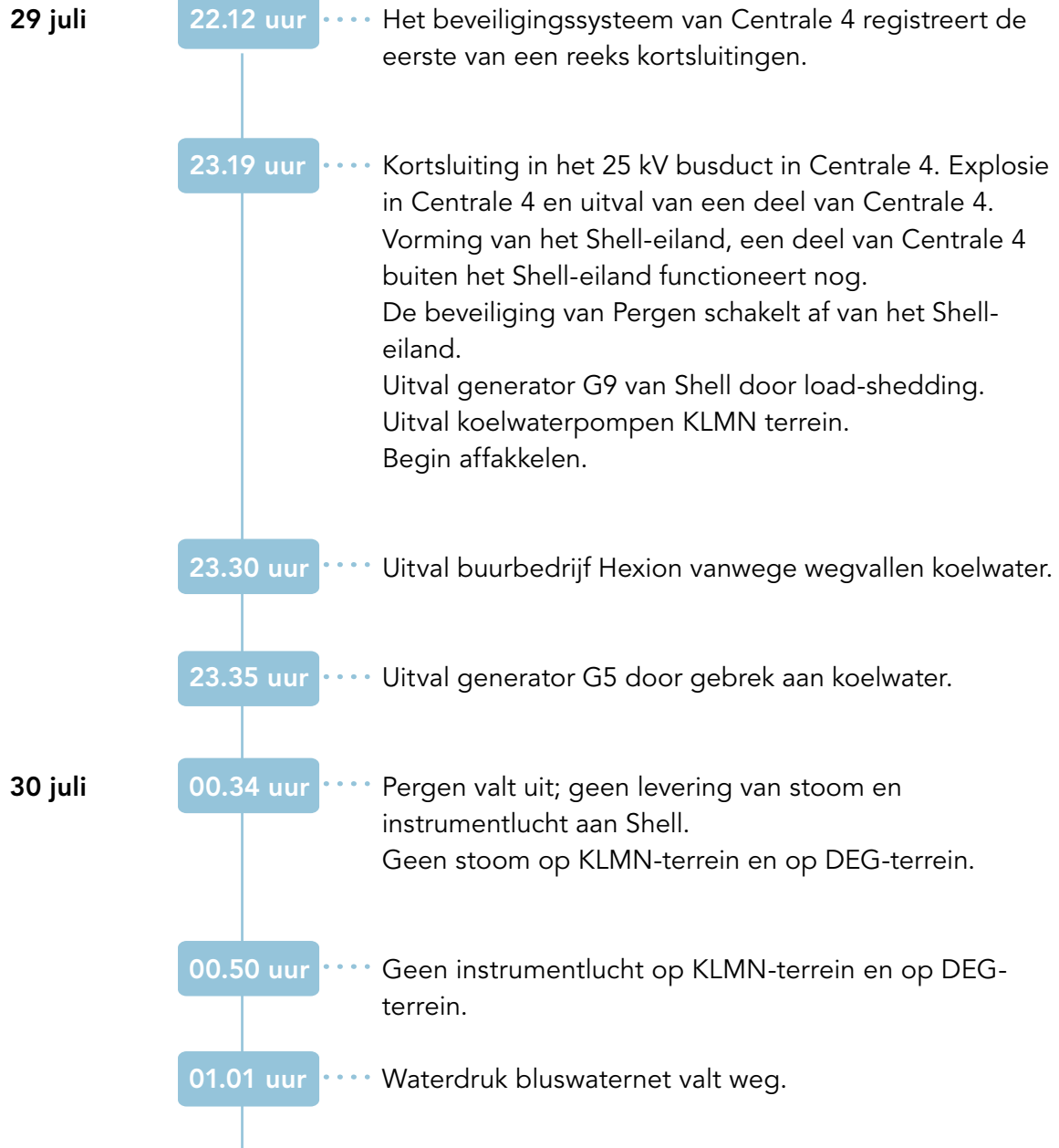
Shell had uitgebreide maatregelen genomen om een stroomuitval, zoals die in 2005 optrad, te voorkomen en beheerste daarmee de oorzaken van een voorspelbaar voorval. Daarnaast heeft Shell zich gericht op het voorkomen van andere waarschijnlijke oorzaken van enkelvoudige uitval van installaties of *utilities*. Met de gelijktijdige uitval van meerdere installaties en/of *utilities* werd geen rekening gehouden in de risicobeheersing. Shell heeft scenario's met een lage waarschijnlijkheid onvoldoende meegenomen in de veiligheidsmaatregelen. Het volledig wegvallen van de productiecapaciteit van Pergen is door Shell niet als mogelijk scenario onderkend.

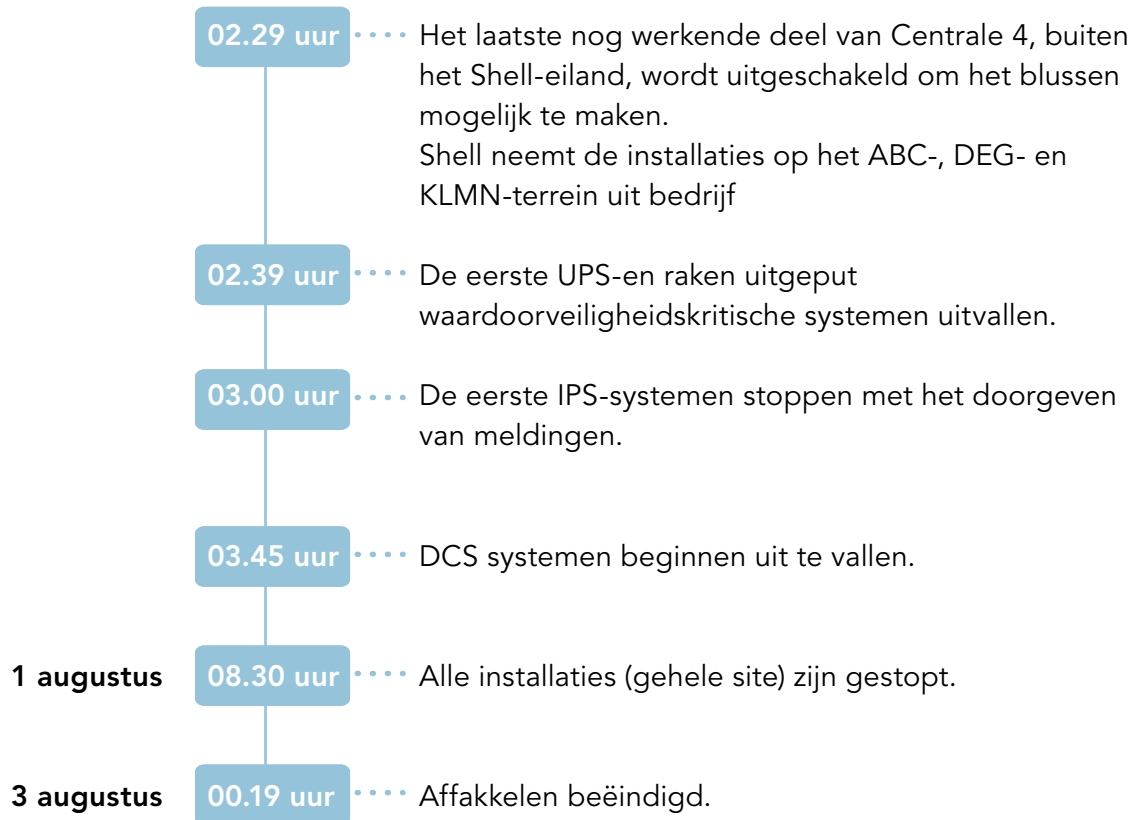
De installaties op het Shell-terrein zijn door het IPS stilstand gebracht, maar doordat veiligheidskritische systemen uitvielen of geen meldingen meer doorgaven, had Shell hierover geen volledig overzicht. Mede daardoor kon Shell niet uitsluiten dat eigen personeel, maar ook de aanwezige hulpverleners die op het terrein aanwezig waren, risico's liepen.

⁴⁵ Versluis et.al. *Journal of Hazardous Materials: The EU Seveso regime in practice: From uncertainty blindness to uncertainty tolerance*, Volume 184, issue 1-3, december 2010, pagina 627-631.

⁴⁶ Ortwin Renn, 2005, *International Risk Governance Council, White paper on Risk governance: Towards an integrative approach*.

TIJDLIJN STROOMSTORING





INZAGETABEL

Reacties op het conceptrapport

Een conceptversie van dit rapport is, zoals bepaald in de Rijkswet Onderzoeksraad voor veiligheid, voorgelegd aan de betrokken partijen. De volgende partijen is gevraagd het rapport te controleren op feitelijke onjuistheden en onduidelijkheden:

- Shell Nederland Raffinaderij B.V. in Pernis
- Air Liquide Industrie B.V. in Pernis

Air Liquide heeft geen feitelijke onjuistheden of onduidelijkheden in het rapport geconstateerd. De binnengekomen reacties zijn daarom uitsluitend van Shell. De reacties zijn op de volgende manier verwerkt:

- Correcties van feitelijke onjuistheden, aanvullingen op detailniveau en redactioneel commentaar heeft de Raad (voor zover relevant) overgenomen. De betreffende tekstdelen zijn in het eindrapport aangepast;
- Als de Onderzoeksraad reacties niet heeft overgenomen, wordt toegelicht waarom de Raad daartoe heeft besloten.

Alle reacties en de toelichtingen daarop zijn opgenomen in een tabel die is te vinden op de website van de Onderzoeksraad voor Veiligheid (www.onderzoeksraad.nl).

**Bezoekadres**

Lange Voorhout 9
2514 EA Den Haag
T 070 333 70 00
F 070 333 70 77

Postadres

Postbus 95404
2509 CK Den Haag

www.onderzoeksraad.nl