

Een blik in de bol...



Inhoud

INTRODUCTIE

Voorwoord Directeur en
Beleidsverklaring

2



ONTWERP

Ontwerpeigenschappen
van de kerncentrale

4



VEROUDERINGSBEHEER

Veroudering van materialen
en technologie

24



VEILIGHEIDSCULTUUR

Waarborgen van niveau,
gedrag en prestaties

28



ONDERHOUD

Onderhouds-
strategie

12



BEDRIJFSVOERING

Wijze waarop de centrale
wordt bediend

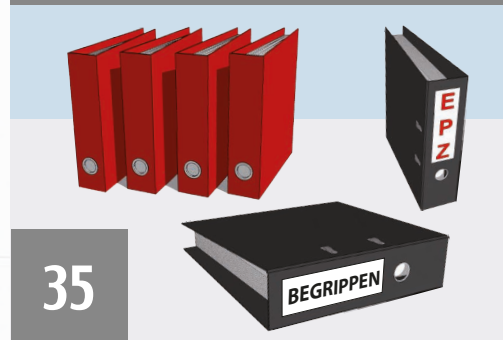
18



WOORDENBOEK

Omschrijving van gebruikte woorden
en afkortingen

35



CONTACT

Contact-
en bezoekersinformatie

36



Introductie

Voorwoord Directeur



Wij maken veilig, schone klimaatneutrale stroom voor ruim 1.100.000 gezinnen

De kerncentrale Borssele behoort tot de veiligste kerncentrales ter wereld. Dat klinkt misschien vreemd voor een centrale die in 1973 in bedrijf kwam. Toch zal de kerncentrale tot 2034 (het jaar waarin hij uit bedrijf gaat) qua veiligheid in de wereldtop blijven.

Dat garandeer ik als directeur van EPZ, de exploitant van de kerncentrale. **Wij werken veilig, of wij werken niet.**

Er zijn talrijke mechanismes en waarborgen die er voor zorgen dat zowel de installatie als de organisatie voortdurend verbeterd worden. De kerncentrale en de organisatie worden telkens als er nieuwe technieken of andere inzichten zijn, aangepast aan de laatste stand van zaken. Hierdoor hebben we de kerncentrale sinds 1973 duizend keer veiliger gemaakt.

De veiligheid van de kerncentrale wordt in stand gehouden door drie veiligheidsfuncties die hierna uitgebreid worden belicht:

1. het onder alle omstandigheden kunnen beheersen van de kettingreactie van kernsplijting.
2. het onder alle omstandigheden kunnen insluiten van radioactiviteit en straling in de gebouwen van de kerncentrale.
3. het onder alle omstandigheden kunnen koelen van de splijtstof.

Hiervoor beschikt de kerncentrale over een veelheid aan systemen. Als het ene systeem (of voorziening) faalt, neemt het andere het over. Dit noemen we redundantie: veiligheden zijn overvloedig aanwezig.

Daarnaast onderhouden wij onze veiligheidscultuur met behulp van externe deskundigen en toezichthouders. Onze aandacht voor de veiligheid zal en mag niet verslappen. Ook onze veiligheidscultuur kent tal van waarborgen die ons alert houden.

Met de beoordelingen door onze toezichthouders en door onze deelname aan internationale kennisdeling en ervarings-uitwisseling blijven wij veilig.

Zo willen wij tot 2034 blijven bijdragen aan veilige en klimaat-neutrale elektriciteitsopwekking. Deze publicatie legt uit hoe.

Carlo Wolters, directeur EPZ

Beleidsverklaring Nucleaire Veiligheid Kerncentrale Borssele

*Bij EPZ staat veiligheid voorop. Ons handelen is erop gericht om mens en omgeving minimaal te belasten.
Om hier inhoud aan te geven hanteren wij daarbij drie uitgangspunten:*

Veiligheid is onze eerste prioriteit

- Veiligheid heeft de hoogste prioriteit en gaat altijd voor de productie;
- Veiligheid is zichtbaar aanwezig in al onze werkzaamheden;
- We streven naar een hoog niveau van organisatorische kennis, kunde en techniek;
- Wij ontwikkelen en bevorderen voortdurend onze veiligheidscultuur.
- Wij zijn voorbereid om schadelijke gevolgen van ongewenste gebeurtenissen te voorkomen of te beperken.

Veiligheid is streven naar uitmuntendheid door continu verbeteren

- Wij werken volgens de nieuwste inzichten en vergelijken ons veiligheidsniveau met de beste praktijken en de nieuwste internationale normen en richtlijnen;
- Wij leren van eerdere ervaringen. Wij evalueren onze eigen en internationale incidenten en voeren de verbeterpunten uit;
- In onze installatie zijn systemen maximaal beschikbaar en brengen we afwijkingen tot een minimum terug;
- Wij houden ons aan de regels en vergunningseisen die gelden voor onze kerncentrale;
- Onze aandacht is gericht op het oplossen van afwijkingen; niet op het aanwijzen van schuldigen.

Veiligheid is een pro-actieve houding

- Onze kernwaarden bepalen ons gedrag en wij spreken elkaar daarop aan;
- Tijdens ons werk denken wij na over de risico's en organiseren we de werkzaamheden op dusdanige wijze dat een fout niet tot een incident leidt;
- Wij leggen transparant verantwoording af over de veiligheid van onze installaties en onze manier van werken;

- Wij nodigen actief uit tot inspecties zowel door de (internationale) overheid als intercollegiaal en werken daar actief aan mee.
- Wij bereiden ons voor op ongewenste gebeurtenissen, opdat wij deze kunnen beheersen en schadelijke gevolgen kunnen voorkomen of beperken.



Directie, medewerkers van EPZ en medewerkers van (onder) aannemers zijn verantwoordelijk voor de uitvoering van dit nucleair veiligheidsbeleid en worden geacht hieraan mee te werken, elkaar hierin te helpen, elkaar er op aan te spreken en omstandigheden die de uitvoering van dit beleid tegenwerken of verstoren te helpen voorkomen en oplossen.

Carlo Wolters, directeur EPZ

Kerncentrale Borssele

De kerncentrale Borssele is gemaakt volgens een veilig ontwerp uit begin jaren zestig: robuust en eenvoudig. De Duitse techniek en de kwaliteit van de bij Borssele toegepaste materialen hebben de veiligheid van dit basisontwerp verder verhoogd. De kerncentrale werd in 1973 operationeel. Iedere tien jaar wordt gekeken wat de stand van techniek aan veiligheidsverbeteringen mogelijk maakt. In 1983, 1993 en 2003 is de veiligheid geëvalueerd en zijn er verbeteringen doorgevoerd. De modificaties uit 1986, 1997, 2006 en na 2013 zorgden voor grotere – achteraf ingebrachte – ontwerpveiligheid. De kerncentrale was al veilig toen zij in 1973 (10^{-3}) in bedrijf ging. Sindsdien is zij duizend keer veiliger gemaakt (10^{-6}).

Reactor

Een drukwaterreactor als in Borssele is een veilig ontwerp. De fysische eigenschappen van de reactor zorgen er voor dat het splijtingsproces vanzelf stabiliseert als parameters te veel afwijken. Bij een te hoog vermogen stijgt de temperatuur in de reactor waardoor, als gevolg van natuurkundige wetten, de splijtingssnelheid vermindert. Het vermogen neemt hierdoor af en de temperatuur daalt. Daar komt geen technische ingreep aan te pas. Kort gezegd komt dit doordat het water en het uranium zodanige fysische eigenschappen hebben dat het kernsplijtingsproces afremt als de temperatuur hoger wordt. Zo'n eigenschap noemt men een inherent veilige eigenschap. Het kernsplijtingsproces is daardoor zeer stabiel en eenvoudig te beheersen. Ook de bediening kan daardoor eenvoudig blijven, wat de kans op storingen verkleint.

Zolang de kern onder water blijft, kan daaraan geen schade ontstaan die leidt tot een onveilige situatie. Voor koeling en afscherming is er altijd water voorhanden. Dit wordt gewaarborgd door de verderop getoonde talrijke (redundante) systemen en buffervoorraden.

Bekijk het productieproces in de video op: www.blikindebol.nl/ontwerp/#animatie

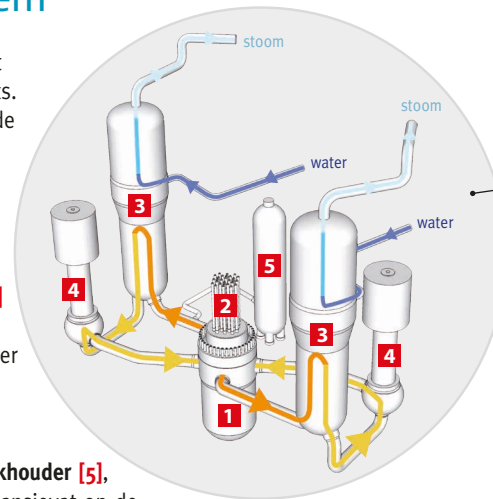
Regelstaven

Het reactorvermogen wordt geregeld door aan het water in de reactor het neutronen-absorberende borium toe te voegen. Het veranderen van de concentratie is een langzaam proces. Snelle veranderingen in het reactorvermogen gebeuren met de zogenaamde **regelstaven** [2]. Deze hangen boven in de **reactor** [1] en worden door operators in de regelzaal bediend. Als ze in de kern zakken, absorbeert het staaftmateriaal neutronen. Het reactorvermogen neemt dan af.

De regelstaven hangen in een constructie boven de kern. Ze worden 'vastgehouden' door zeer gevoelige 'elektromagneten'. Die laten los als zij daarvoor een bevel krijgen of als parameters afwijken van wat normaal is. Zodra de 'handen' loslaten zorgt zwaartekracht ervoor dat de regelstaven in de kern vallen. De neutronen worden geabsorbeerd en het kernsplijtingsproces stopt onmiddellijk.

Primair systeem

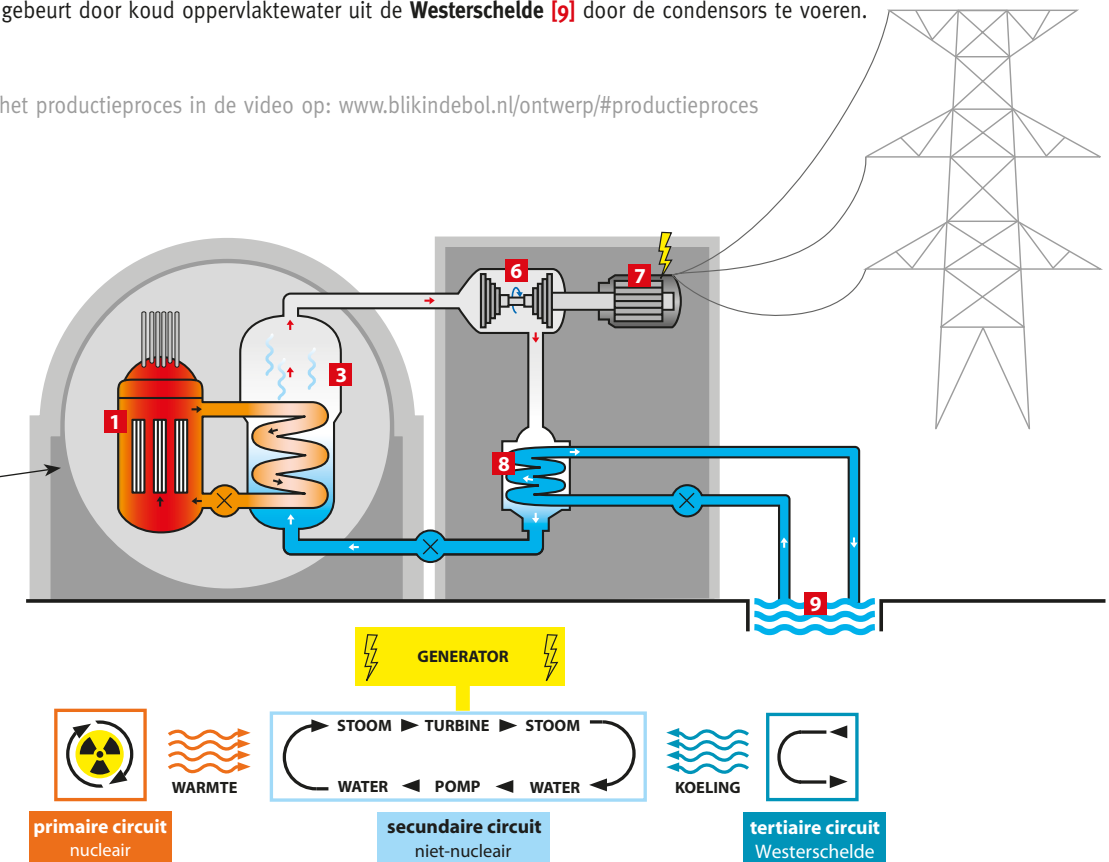
In de **reactor** [1] vindt het kernsplijtingsproces plaats. Dat wordt beheerst met de **regelstaven** [2]. Koelmiddel zorgt voor de afvoer van warmte naar de **stoomgenerator** [3] en keert via de **hoofdkoelmiddelpomp** [4] terug naar de reactor. Het koelmiddel staat onder hoge druk waardoor het niet gaat koken. Drukverschillen worden opgevangen door de **drukhouder** [5], vergelijkbaar met het expansievat op de c.v.-installatie thuis.



Productieproces

Veilig afgeschermd door staal en beton bevindt zich in het hart van onze kerncentrale de **kern** [1]. Hierin wordt warmte geproduceerd. Die ontstaat door het splijten van uranium- of plutoniumkernen, de splijtstof. De warmte wordt opgenomen door water van de primaire (nucleaire) kringloop dat onder hoge druk circuleert door het **reactorvat** [1]. Met de warmte wordt stoom gemaakt in de secundaire (niet-nucleaire) kringloop van de **stoomgenerator** [3]. De stoom drijft een **turbine** [6] aan. Die zit op een as die een **generator** [7] aandrijft. De stroom die de generator opwekt wordt aan het elektriciteitsnet geleverd. De stoom wordt in een **condensor** [8] gecondenseerd tot water. Dat koelen gebeurt door koud oppervlaktewater uit de **Westerschelde** [9] door de condensoren te voeren.

Bekijk het productieproces in de video op: www.blikindebol.nl/ontwerp/#productieproces



De veiligheidsbarrières

De kerncentrale heeft een vijftal veiligheidsbarrières die mens en milieu beschermen tegen radioactieve ongelukken. In het ontwerp is alles er op gericht om onder alle procesomstandigheden radioactiviteit binnen de veiligheidsbarrières te houden.

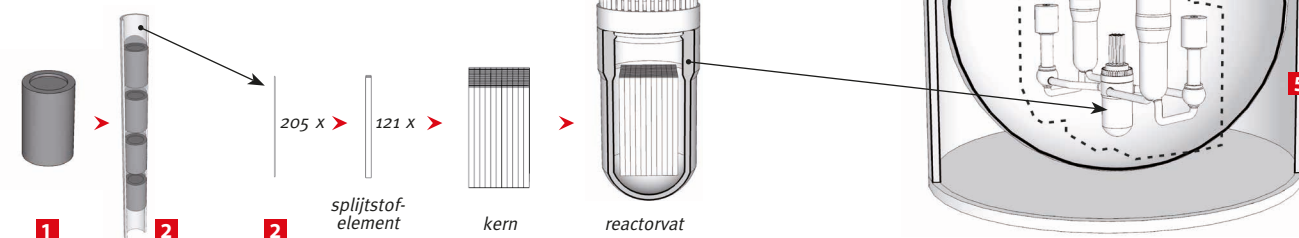
Barrière 1: Spleijstoftablet [1]

Het spleijstoftablet, gesinterd als porselein, is de eerste barrière. De radioactiviteit blijft voor ongeveer negentig procent opgesloten in de matrix van de spleijstof (uraniumoxide). Alleen de zeer vluchtige stoffen (edelgassen, jodium, cesium) verlaten de spleijstoftablet.

Barrière 2: Spleijstofstaaf [2]

De spleijstoftabletten zitten opgestapeld in een hermetisch gesloten buis van zirconium: gas- en vloeistofdicht. De spleijstofstaaf houdt de meeste vluchtige radioactieve stoffen binnen.

De kern bestaat uit spleijstoftabletten opgesloten in spleijstofstaven. Een bundel van 205 spleijstofstaven vormt samen een spleijstofelement. Hiervan zitten er 121 in de reactor. De kern zit opgesloten in het primair systeem, een gesloten circuit van dikke stalen pijpen, buizen, pompen en drukvaten. Het primaire systeem zit in gebunkerde ruimtes binnen het containment, een luchtdichte stalen bol. Om deze totale nucleaire installatie staat een betonnen gebouw waarvan de bolvormige bovenkant het meest in het oog springt. Het is onmogelijk om van buitenaf in één gecoördineerde actie alle vijf de barrières te doorbreken om zo een nucleaire lozing te bewerkstelligen.



Barrière 3: Primair systeem [3]

Het primaire systeem is een gesloten circuit waarin koelmiddel (geconditioneerd water) wordt rondgepompt. Dit water van circa 320°C staat onder een druk van 155 bar zodat het niet gaat koken. Vandaar de naam 'drukwaterreactor'. Het primair systeem (reactorvat, leidingen, stoomgeneratoren) bestaat uit sterk overgedimensioneerde (centimeters dikke) stalen onderdelen van de hoogste kwaliteit. Radioactieve stoffen kunnen hier niet uit. Het primair systeem zit in gebunkerde ruimtes. Het beton zorgt voor stralingsbescherming tijdens bedrijf en voor bescherming van de installatie voor onheil van binnenuit en buitenaf.

Barrière 4: Containment [4]

Het primaire systeem zit opgesloten in een centimeters dikke stalen bol. Die zorgt ervoor dat radioactiviteit bij een incident niet naar buiten ontsnapt. De bol is een sterke luchtdichte constructie en kan interne gas- en stoomexplosies opvangen. Zo worden bij ongelukken emissies uit het primaire systeem tegengehouden.

Barrière 5: Reactorgebouw [5]

Alle systemen zitten opgesloten in het reactorgebouw, van buiten herkenbaar aan de kenmerkende betonnen koepel. Het gebouw vormt de laatste fysieke barrière tussen de radioactieve stoffen in de kern en het milieu. Andersom is het betonnen gebouw de eerste barrière voor onheil van buitenaf op weg naar de kern.

Voorkomen van nucleaire lozingen

De ventilatieschacht van de kerncentrale wordt ten onrechte vaak 'schoorsteen' genoemd. Hier wordt behandelde (gefilterde) lucht uit de binnenruimte geventileerd.

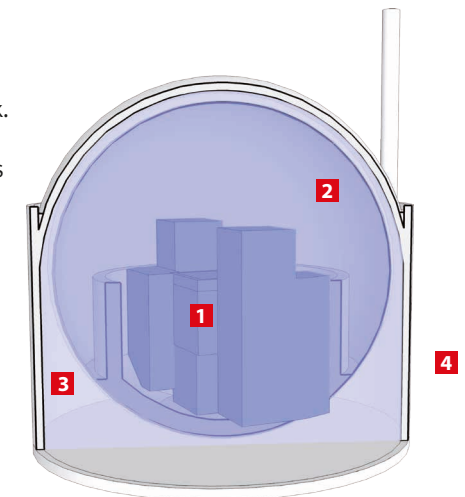
Binnen het containment van de kerncentrale heerst onderdruk. Bij lekkage stroomt dus altijd lucht van buiten naar binnen. De onderdruk wordt permanent gemeten. Luchtbehandelinginstallaties zorgen voor de onderdruk en ventileren hun overtollige (gefilterde) binnenlucht op de ventilatieschacht. Deze lucht wordt voortdurend gecontroleerd op radioactiviteit. Van de ene naar de andere ruimte passeren medewerkers een luchtsluis. De ruimtes rond het primaire systeem (met de grootste onderdruk) zijn hermetische gesloten en niet toegankelijk tijdens normaal bedrijf. Zo wordt voorkomen dat eventuele radioactieve gasen en verontreinigingen ongemerkt buiten de centrale kunnen komen.

Voorkomen waterstofexplosie

Borssele beschikt binnen het containment (gesloten stalen bol) over een systeem dat waterstof als het ontstaat direct omzet in water. Dit systeem is passief, het heeft geen elektriciteit of aansturing nodig om te functioneren. Het werkt dus onder alle omstandigheden. In recombinatoren zorgt een katalysator (platina) voor een beheerste chemische reactie, zodat er geen explosieve situatie kan ontstaan.

Drukstaffeling

- [1] De grootste onderdruk heerst direct rond het primair systeem.
- [2] Daarna volgt de overige ruimte binnen de stalen bol met iets minder onderdruk.
- [3] Vervolgens komt de ruimte tussen betonnen koepel en stalen bol met weer iets minder onderdruk.
- [4] Omgevingsdruk.



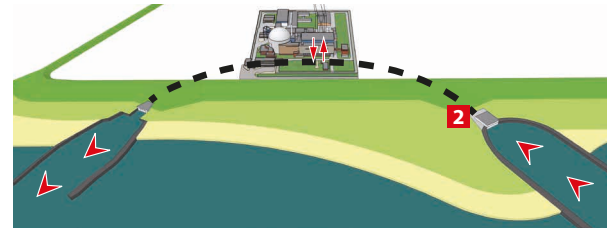
Ontwerp

Koeling

Of een kerncentrale nu in bedrijf is of stilligt voor onderhoud: de splijtstof in een drukwaterreactor moet altijd onder water staan. Dat is nodig om de (rest-)warmte die de splijtstof door radioactief verval zelf produceert af te voeren en om de radioactieve straling af te schermen. Zolang de kern is bedekt met water, is er sprake van een beheersbare situatie.

Er zijn meerdere systemen en watervoorraden die los van elkaar en onder alle omstandigheden er voor zorgen dat de kern bedekt blijft met water. Daarnaast zijn er systemen die zekerstellen dat onder alle omstandigheden de warmte van de kern kan worden afgevoerd. Deze systemen vullen elkaar aan of nemen het van elkaar over.

De kerncentrale heeft twee **hoofdkoelmiddelpompen [1]**. Deze pompen laten tijdens bedrijf koelmiddel circuleren door het primair systeem. Als beide pompen uitvallen wordt de reactor automatisch afgeschakeld en komt er een proces van natuurlijke circulatie op gang met voldoende capaciteit om de vervalwarmte van de kern af te voeren. Zonder pompen, zonder technische ingrepen, gewoon op grond van fysische eigenschappen. Dit is een belangrijke passief veilige eigenschap van het ontwerp van de kerncentrale Borssele.



Tijdens normaal bedrijf en onderhoud:

Als de kerncentrale elektriciteit produceert, wordt de waterstoomcyclus gekoeld met water uit de Westerschelde, opgepompt door de **koelwaterinlaat [2]**.

Koelen gebeurt in de **condensors [3]** waarin oppervlaktewater ervoor zorgt dat stoom weer condenseert tot water waarna de stoomcyclus opnieuw start. In feite is dit koelcircuit geen onderdeel van het veiligheidssysteem maar een onderdeel van de elektriciteitsproductie.

Als de elektriciteitscentrale stilligt, moet de kern toch worden gekoeld voor de afvoer van restwarmte. De kettingreactie is gestopt, maar door radioactief verval produceert de kern nog altijd warmte. Het hoofdkoelmiddel voert deze warmte af via het **tussenkoelsysteem [4]** naar dubbel uitgevoerde koelwaterleidingen met water uit de Westerschelde. Deze koelketen van drie, door warmtewisselaars gescheiden,

kringen is dubbel uitgevoerd en voert de vervalwarmte van de reactor af naar de Westerschelde bij normale en storingssituaties. Deze twee systemen zorgen er dus voor dat warmte uit de kern kan worden afgevoerd.

Voor het (onwaarschijnlijke) geval dat Westerscheldewater niet beschikbaar is, heeft EPZ in 1997 een back-up aangebracht dat gebruik maakt van 8 putten naar het zoute grondwater. Met behulp van krachtige ondergrondse pompen kan zout grondwater opgepompt worden om de vervalwarmte af te voeren.



Tijdens verlies van koelwater door lekkage:

Vanuit deze **tanks [5]** wordt bij een lek in het primaire circuit water aangevuld. Dit water is om de kern onder water te houden. De voorraad is 700 kubieke meter groot en kan op 2 manieren worden aangesproken: onder hoge druk (110 bar) met een klein debiet of onder lage druk (8 bar) met een groot debiet, afhankelijk van de waterbehoefte. (Groot lek groot debiet, klein lek klein debiet). Deze tanks behoren tot het oorspronkelijke ontwerp en staan al sinds begin van de productie (1973) opgesteld.

In de bol staan **4 watertanks (2x2) [6]** opgesteld. Bij drukverlies in het primaire systeem (wat duidt op een lek) gaat dit water automatisch stromen als de druk in het primaire systeem lager wordt dan 25 bar. In totaal bevatten de tanks 86 kubieke meter water. Ook dit systeem stamt uit 1973.

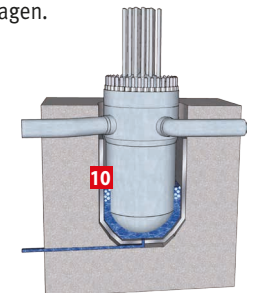
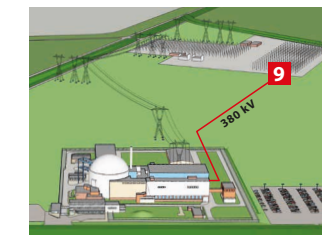
Als beide watervoorraden zijn uitgeput, betekent dit dat er bijna 780 kubieke meter water de bol ingevoerd is. Onder de bol zijn in 1973 **pompen [7]** aangebracht die dit water terugvoeren naar de reactor.

Na het kernongeluk in Harrisburg (USA, 1979) zijn in 1984 op enige afstand van het reactorgebouw twee extra gebunkerde watervoorraden (2 x 200 kubieke meter) aangebracht met eigen **noodstroomvoorziening [8]** plus nog eens 400 kubieke meter water voor onafhankelijke voedingswatervoorziening voor de stoomgeneratoren.

Na het ongeluk in Tsjernobyl kreeg de veiligheidscultuur en de bediening van het proces veel aandacht en werden tal van verbeteringen en waarborgen doorgevoerd.

Na Fukushima is er meer aandacht voor situaties van onvoorstelbare catastrofale omvang. Er wordt rekening mee gehouden dat de volledige Nederlandse infrastructuur is weggevaagd en de maatschappij is ontwricht zodat hulp van buitenaf extreem moeilijk is:

- Er is een nieuwe, extra 380 kV aansluiting gemaakt op het **landelijk elektriciteitsnet [9]**.
- Er zijn extra koelmogelijkheden van het splijtstofopslagbassin gemaakt.
- Er komt een mogelijkheid voor externe vatkoeling. In noodomstandigheden kan water in de **loze ruimte tussen het reactorvat en de betonnen insluiting [10]** worden gebracht.
- Er zijn extra hulpmiddelen zoals mobiele pompen eeggagaten aangeschaft die op verschillende plekken in de kerncentrale kunnen worden aangesloten.
- Door het aanleggen van grotere, verspreide en op verschillende manieren toegankelijke diesel- en watervoorraden, is de tijd dat de kerncentrale zonder het hulp van buitenaf kan stellen, verlengd tot veertien dagen.



Ontwerp

Noodstroom

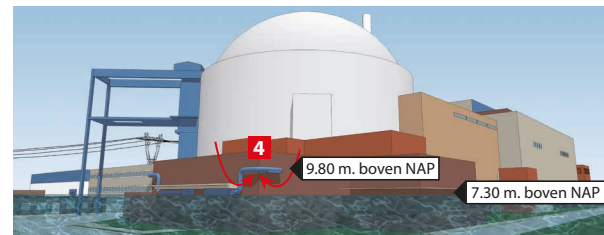
De kerncentrale produceert elektriciteit en gebruikt tegelijkertijd ook zelf elektriciteit voor het bedienen van de installatie. Om zeker te stellen dat de kern te allen tijde met water bedekt blijft en de vervalwarmte wordt afgevoerd, zijn actieve componenten nodig zoals pompen die worden aangedreven met elektriciteit. Daarom zijn tal van (redundante) noodstroomvoorzieningen aangelegd.

De kerncentrale betreft elektriciteit van het **landelijk elektriciteitsnet [1]** voor de bediening van haar eigen systemen. Omdat de elektriciteitsvoorziening kan wegvallen, zijn er meerdere aansluitingen. Hoogspanningsmasten verbinden de kerncentrale met het openbare 150 kV elektriciteitsnet. Ondergrondse kabels verbinden de kerncentrale met het 380 kV landelijk koppelnets. Er kan van twee verschillende landelijke elektriciteitsnetten stroom worden betrokken.

Rond de kerncentrale staan drie identieke **dieselcentrales [2]** van 5 MW. Elk van deze drie dieselcentrales is sterk overgedimensioneerd en kan in zijn eentje voorzien in de elektriciteitsbehoefte voor het afvoeren van de vervalwarmte.

De diesels uit het oorspronkelijke ontwerp zijn in 1997 vervangen door grotere diesels die in verschillende gebouwen staan. Deze diesels worden vanaf 2017 gereviseerd.

In 1986 zijn twee extra **noodstroomdiesels [3]** in gebunkerde gebouwen aangebracht. Deze dieselcentrales van 1 MW kunnen elk afzonderlijk de kerncentrale in een veilige toestand houden. In 2006 is de overstromingsveiligheid vergroot van 7.30 meter boven NAP door de luchtinlaat van **'snorkels' [4]** te voorzien op een hoogte van 9.80 meter boven NAP.



Als extra noodstroommaatregel bovenop alle andere heeft EPZ een mobiel diesel-aggregaat van 1 MW voor de bediening van de centrale en verschillende kleine mobiele aggregaten voor het bedienen van kleinere hulpsystemen.



Reserveregelzaal

De kerncentrale gaat door de automatische bediening bij incidenten altijd veilig uit bedrijf en naar een veilige toestand. Als de regelzaal (met wacht personeel) niet meer beschikbaar is, kan het afschakelingsproces vanuit een reserveregelzaal (1997) worden gestuurd. Een reserve wacht ploeg volgt de automatische bediening van de kerncentrale en bewaakt de veilige toestand. Zonodig kan worden ingegrepen.



Extreme externe invloeden

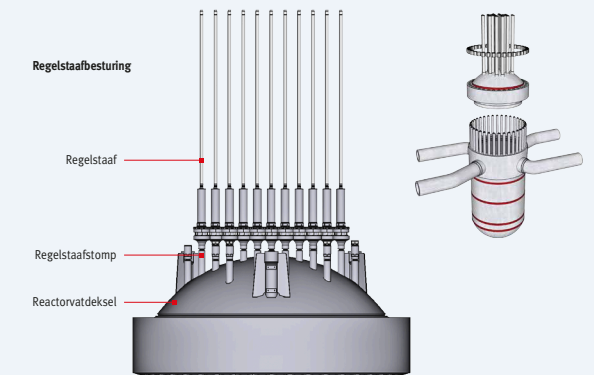
De kerncentrale beschikt over technische hulpmiddelen en voorzieningen die beschermen tegen extreme omstandigheden:

- Het overstromingspeil van vitale onderdelen is 9.80 meter boven NAP (overstroming 1953: 4.55 meter boven NAP);
- Gaswolk-detectie en -ontsteking op de dijk tegen ontsnapte gaswolken (LPG) afkomstig van de scheepvaart;
- Aantoonbare aardbevingsbestendigheid van vitale installatieonderdelen;
- Vliegtuigbestendigheid door een veelheid aan barrières en geografische spreiding van vitale installatie-onderdelen;
- Aanwezigheid van de EPZ crashtender (brandweerwagen) voor het bestrijden van extreme vloeistofbranden.

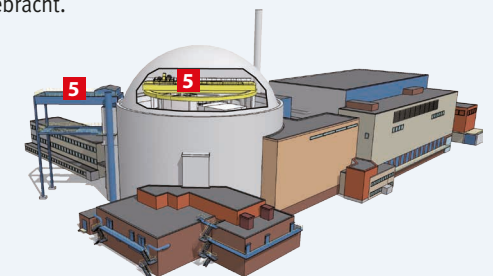


Recente veiligheidsinvesteringen

In de afgelopen jaren zijn allerlei grotere en kleinere componenten uit het oorspronkelijk ontwerp vervangen. In 2017 is een nieuw Reactor Control & Limitation System (RCLS) geïnstalleerd. Dit RCLS regelt en begrenst de kernsplijting in de kerncentrale.



De hijsveiligheid is verder verbeterd. Binnen en buiten de centrale zorgen **zware kranen [5]** voor de afvoer van de zware transportcontainers die gebruikte (radioactieve) splijtstofelementen bevatten. Om de kans op hijsongelukken verder te verkleinen, zijn extra veiligheidsvoorzieningen aangebracht.



Onderhoud

Onderhoudsprogramma kerncentrale



Dagelijks verrichten in de kerncentrale meer dan honderd mensen onderhoudswerk of inspecties. Het ‘onderhoudsboekje’ is opgesteld op basis van ervaringsregels en een methode die mogelijke faalwijzen en hun effecten analyseert: Failure Mode & Effect Analysis (FMEA).

Omdat de kerncentrale sinds 1973 in bedrijf is, is er veel bekend over het gedrag van de installatie. Ook is vanaf het begin van de productie de conditie van vitale componenten gemonitord. Op basis van deze kennis en ervaring kan EPZ uitspraken doen over de wenselijkheid van onderhoudswerkzaamheden. De veiligheid van de kerncentrale is leidend bij onderhoudsbeslissingen, economische overwegingen zijn daaraan ondergeschikt.

Alle onderhoudsactiviteiten worden aangestuurd vanuit een geautomatiseerd onderhoudsbeheerssysteem. Dit genereert het plan voor preventief onderhoud. Daarnaast worden correctief onderhoud en modificaties ingepland.

Onderhoud en veiligheid

Per veiligheidsrelevante component is bekeken welke vormen van falen er zijn en wat de effecten daarvan zijn op de veiligheid (FMEA). De kans op falen maal het gevolg daarvan levert het risico op. Op basis van dit risico worden onderhoudsmaatregelen bepaald.

EPZ maakt daarbij actief gebruik van de techniek van de Probabilistische Safety Analysis (PSA). Via deze ‘living PSA’ – ook wel Safety Monitor genoemd – wordt het effect bepaald van onderhoudshandelingen op de kernsmeltfrequentie. Als er (meerdere) veiligheidsrelevante componenten uit bedrijf worden

genomen, neemt de kernsmeltfrequentie enigszins toe. EPZ hanteert een strenge bedrijfslimiet voor preventief onderhoud. Op deze manier blijft de organisatie doordrongen van de veiligheidsconsequenties van onderhoud.

Bedrijfstoestand	Kernsmelt-frequentie	Bedrijfslimiet
theoretisch haalbare kernsmelt-frequentie tijdens vermogensbedrijf	1 keer per 435.000 jaar	
theoretisch haalbare kernsmelt-frequentie inclusief gepland onderhoud	1 keer per 415.000 jaar	3 procent verhoging ten opzichte van theoretisch haalbare kernsmeltfrequentie
1 productiejaar met alle praktische bedrijfs-toestanden	1 keer per 400.000 jaar	7 procent verhoging ten opzichte van theoretisch haalbare kernsmeltfrequentie

Uitvoering onderhoud

Uitvoering van onderhoud is met waarborgen omgeven. Het geautomatiseerde onderhoudsbeheerssysteem stuurt preventief onderhoud en inspecties aan via een weekplanning. Operators die storingen of afwijkingen signaleren tijdens bediening of rondgangen melden correctief onderhoud aan in dit systeem. Van voorgenomen onderhoud wordt een dossier aangelegd. In deze werkmap is in kaart gebracht welk onderhoud er wordt gepleegd, gevolgd door instructies voor de medewerker. Belangrijk onderdeel is de risico-inventarisatie waarbij gekeken is naar procesrisico’s en naar ARBO- en omgevingsrisico’s (milieu). Uitvoering van nucleaire werkzaamheden gebeurt volgens het ALARA-principe: de opgelopen dosis moet As Low As Reasonably Achievable zijn. De kwaliteit en de veiligheid worden geborgd door (wettelijke) voorschriften en procedures. Er is een ‘vergunningenstelsel’

waarmee de uitvoering wordt gevolgd zodat er veilig gewerkt wordt. Nucleaire werkzaamheden worden volgens procedures uitgevoerd, gecontroleerd en geëvalueerd.

Tijdens de jaarlijkse ‘stop’, als de centrale uit bedrijf gaat om splijtstof te wisselen, wordt ‘stopgebonden’ onderhoud uitgevoerd. Dit werk wordt gedurende het productiejaar voorbereid en binnen enkele weken door honderden (interne en externe) technici uitgevoerd.

Voordat een onderhoudsklus wordt uitgevoerd, wordt een startwerkbespreking gehouden waarin alle betrokkenen het werk nog een keer doornemen. Dit is het moment om kritische vragen te stellen en eventuele onduidelijkheden weg te nemen. De werkvergunning, verstrekt door de chef van de wacht, wordt gecontroleerd.

Tenslotte wordt op de werkplek nog een last-minute risico check gehouden om te controleren of alle omstandigheden kloppen met de afspraken. Daarna gaan de onderhoudsmensen aan de slag op basis van een checklist. Daarin zijn vaste controlemomenten opgenomen. Soms is expliciete controle of toestemming van een verantwoordelijke nodig voor er verder gewerkt mag worden.

Effectiviteit van veilig onderhoud

Als onderhoudswerk wordt opgeleverd, volgen twee soorten afnamebeproevingen. De ‘statische’ herkwalificatie: een beoordeling aan de hand van metingen. Daarna volgt een functionele test door het component gecontroleerd in bedrijf te nemen. Via analyse en evaluaties werkt EPZ aan continue verbetering van de onderhoudsprestatie.

Maintenance engineers voeren analyses uit op prestatie-indicatoren zoals:

- Mean Time between Failure, gemiddelde tijd tussen falen,

- een methode om de betrouwbaarheid van onderdelen te vergelijken;
- Toename kernsmeltfrequentie, het effect van onderhoud op de veiligheid;
- Mean Time to Repair, de gemiddelde duur van een reparatie, inclusief oproeptijden en aanlevertijden van reserve-onderdelen.

Evaluaties gaan aan de hand van vragen als: wat ging goed en wat kon beter? Wat is er aangetroffen en wordt er vervolg-onderhoud verwacht? De bevindingen worden vastgelegd en bijzonderheden doorgecommuniceerd naar de verantwoordelijken.

- Door deze gestructureerde aanpak ontstaat overzicht van waar verbetering mogelijk is, daarna volgen maatregelen, zoals:
- aanpassing van bedieningsinstructies;
 - aanpassing werkwijze bij onderhoud;
 - aanpassing van de installatie;
 - verbeteren van vaardigheden van medewerkers.

Reservedelen beheer

EPZ houdt voor kritische installatiedelen reserve-onderdelen op voorraad. Cruciale onderdelen van veiligheidsvoorzieningen, pompen, bedieningsinstallaties worden gecontroleerd beheerd. Ook de verouderingsprocessen worden beheerst. EPZ weet dus niet alleen wat aanwezig is, maar ook wat de conditie van het reservedeel is.



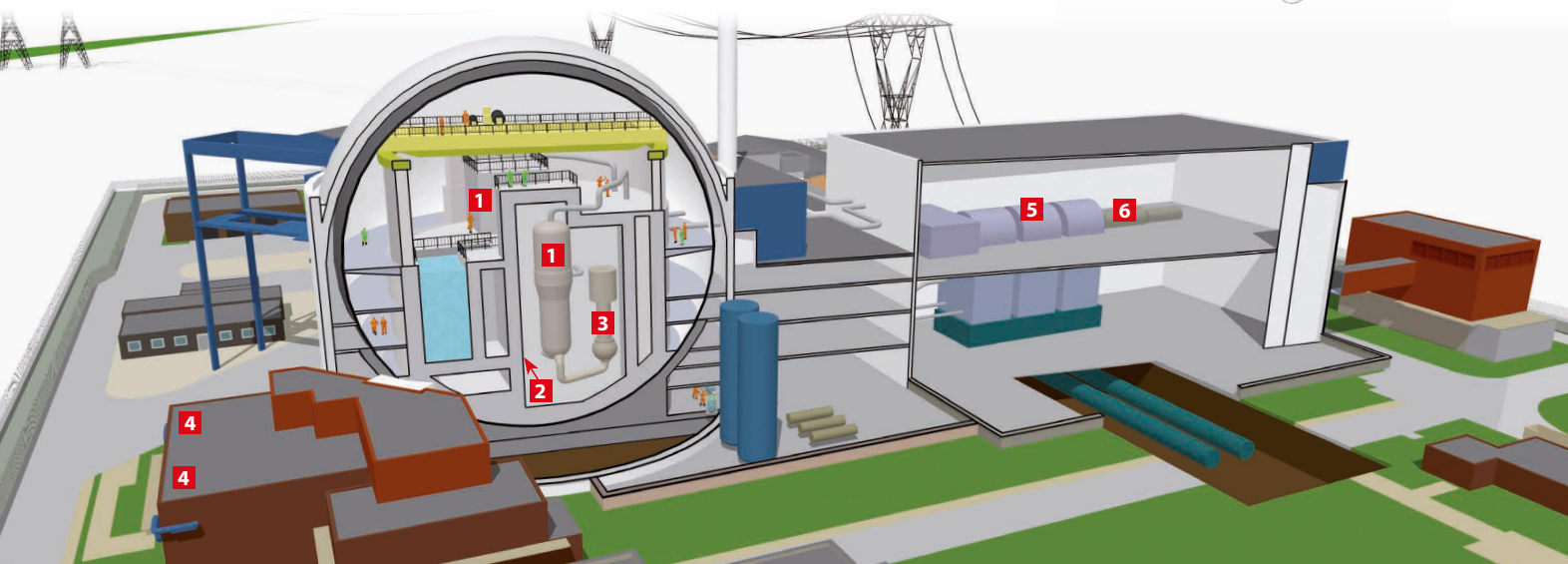
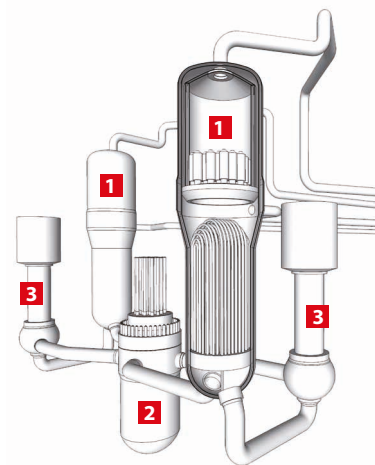
Onderhoud

Voorgeschreven inspecties

De kerncentrale Borssele wordt tot 2034 in bedrijf gehouden. EPZ heeft aangetoond dat dit veilig kan, waarna de overheid vergunning heeft verleend. In de vergunning is een dertigtal extra inspecties voorgeschreven waarmee de integriteit van de installatie tot 2034 wordt bewaakt (In Service Inspections). Zo zijn het reactorvat en het deksel al nauwkeurig onderzocht op haarscheurtjes, dit wordt periodiek herhaald. Ook worden las- en boutverbindingen en zwaar belaste onderdelen in het primaire (nucleaire) systeem periodiek geïnspecteerd. Dat gebeurt visueel, bijvoorbeeld met onderwatercamera's en met wervelstroom of ultrasoonstechniek. De inspecties worden uitgevoerd door een gespecialiseerde firma. De resultaten worden beoordeeld door de overheid.

De stoomgeneratoren

De twee **stoomgeneratoren** [4] zijn immense warmtewisselaars die duizenden pijpen bevatten. Hier wordt warmte uit het primaire systeem overgedragen aan de stoomcyclus waarmee elektriciteit wordt gemaakt. De conditie van de stoomgeneratoren wordt permanent gemonitord op lekken naar buiten. Eén keer in de drie jaar worden alle pijpen in de stoomgenerator met wervelstroommetingen gecontroleerd op wanddikte en scheurvorming. Als een pijp niet aan de norm voldoet, wordt hij afgedopt. In de afgelopen jaren is circa twee procent afgedopt. De stoomgeneratoren zijn tot 115 procent overgedimensioneerd, het afstoppen heeft dus geen invloed op het rendement of de veiligheid.



Het reactorvat

Het **reactorvat** [2] is de enige component van de kerncentrale die vrijwel niet te vervangen is. Door het gebruikte materiaal en de vrijwel onafgebroken productie (constante temperatuur) is dit vat in optimale conditie. Elke vijf jaar wordt het vat met camera's visueel geïnspecteerd. Lasnaden, materiaalovergangen en aansluitingen van het primaire systeem worden met ultrasoon- en röntgentechniek nauwkeurig onderzocht op onvolkomenheden, zoals een beginnend scheurtje of wanddikte-afname. Afhankelijk van belangrijkheid en belasting zijn de inspectie-intervallen van installatiedelen vastgesteld, maar elke tien jaar is het volledige systeem ten minste één keer geïnspecteerd. Dit programma wordt periodiek geëvalueerd en met de toezichthouder Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) afgestemd.

Onderhoud noodstroomdiesels

De drie grote 5 MW **noodstroomdiesels** [4] die in 1997 werden geplaatst, worden vanaf 2017 gereviseerd. Voor dat doel is er één nieuwe aangeschaft, waarna de andere drie om de beurt in revisie gaan. Zo kan de kerncentrale toch permanent beschikken over de volledige noodstroomcapaciteit.

Belangrijke componenten voorzien van trillingsmetingen

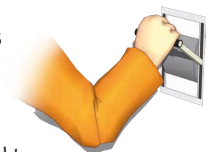
De twee **hoofdkoelmiddelpompen** [3] zijn preventief voorzien van trillingsmetingapparatuur. Als het trillingspatroon verandert, duidt dat op lagerspeling of onbalans en wordt alarm gegeven. Ook de **turbine** [5] en de **generator** [6] zijn uitgerust met trillingsapparatuur, dit zijn voor de nucleaire veiligheid geen

direct relevante componenten. In de installatie worden op vitale onderdelen ook handmatige trillingsmetingen uitgevoerd. De gemeten karakteristieken worden vergeleken met opgeslagen referentiegegevens. Als de resultaten daarvoor aanleiding geven, wordt er preventie onderhoud gepleegd.



Functietests

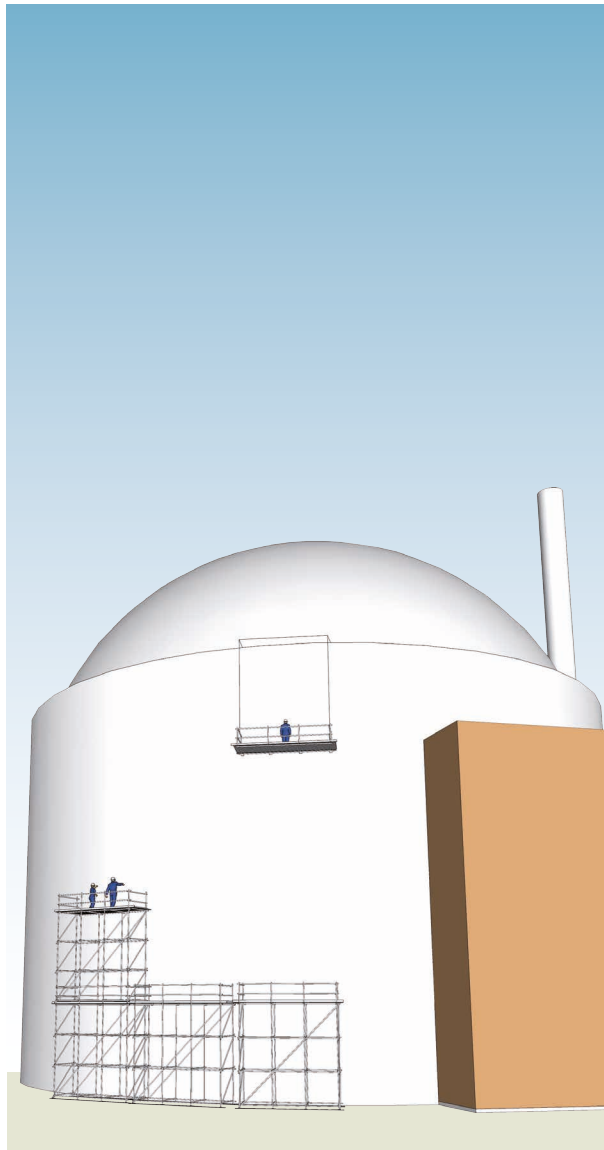
Dagelijks, wekelijks, jaarlijks of driejaarlijks worden (redundante) systemen gecontroleerd op hun functioneren. Hiervoor zijn draaiboeken en procedures opgesteld. Als er afwijkingen worden ontdekt, worden systemen gekalibreerd, gerepareerd, gereviseerd of vervangen. Denk bij deze inspecties aan temperatuurmeters, meetwaarden-omvormers. Kloppen de gemeten waarden en corresponderen ze met de doorgegeven signalen?



Geluidsdetectie

Op verschillende strategische plekken op het primaire systeem is geluidsdetectie aangebracht. Hiermee kan EPZ onder meer losse delen in het systeem detecteren. Sensoren zitten op of in de buurt van drukvaten, leidingen en bewegende componenten. Zodra een afwijkend geluid wordt waargenomen, wordt uitgezocht wat dit veroorzaakt en wat dit betekent voor de veilige productie. Alarmering is real time: gemeten geluid wordt meteen geanalyseerd en vergeleken met referentiewaarden.





Containment

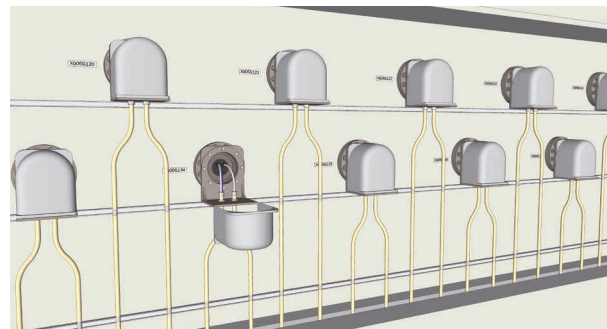
De stalen bol waarin het primaire systeem van de kerncentrale zit opgesloten, wordt iedere tien jaar op lektheid beproefd. De bol wordt op 1 bar overdruk gebracht en gedurende vele uren wordt het drukverloop gemonitord. De drukproef is voor het laatst in 2016 met succes uitgevoerd.

Ook de betonnen koepel wordt periodiek geïnspecteerd, iedere vijftien jaar volgt groot onderhoud. Dat is voor het laatst in 2016 uitgevoerd.

Lekdetectie

Periodiek worden de doorvoeringen van meet- en regelapparatuur in de bolwand getest op dichtheid. Dit gebeurt met heliumdetectie.

Helium, een klein atoom, wordt in een apparaat of component gebracht. Aan de buitenzijde controleert apparatuur of helium naar buiten lekt.



Stralingsbescherming

EPZ heeft in een paar jaar stap voor stap de bedrijfsinterne dosislimiet verlaagd. Hierdoor worden radiologische medewerkers gedwongen bij alle werkzaamheden stelselmatig na te denken over het terugdringen van hun stralingsbelasting. Door effectieve planning en voorbereiding en met behulp van de afdeling stralingsbescherming is de gangbare stralingsdaglimiet van 500 microSievert met een factor 10 verlaagd naar 50 microSievert.

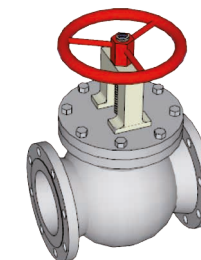


De wettelijke jaarlimiet is 20 milliSievert. EPZ houdt zich aan een bijna 7 keer lagere bedrijfslimiet van 3 milliSievert gemiddeld over vijf jaar.

Onderhoud aan componenten

De kerncentrale bevat ongeveer 900 kleppen waarmee processen, zoals injectie-systemen en (veiligheids)koelsystemen, geregeld worden.

De kwaliteitseisen ten aanzien van het onderhoud aan deze kleppen zijn rechtevenredig met de veiligheidsrelevantie. Met andere woorden: voor onderhoud aan kleppen in de nucleaire kringloop gelden strengere eisen dan voor kleppen in de stoomkringloop.

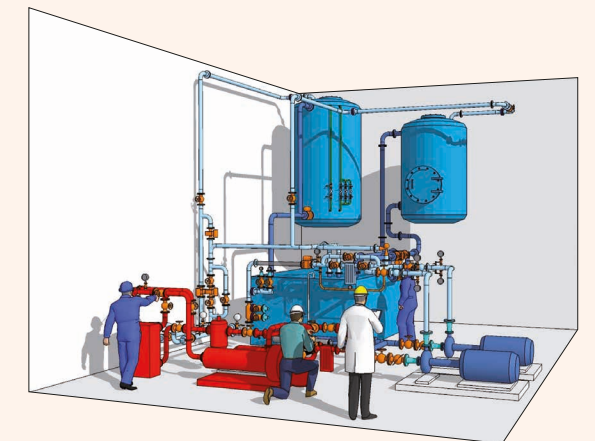


Werkpraktijksimulator

In de werkpraktijksimulator is een deel van de installatie nagebouwd als trainingsomgeving waarin verschillende situaties geoefend worden. Door de gesimuleerde installatie wordt water rondgepompt, er zitten filters, afsluiters, pompen en het nodige aan meet- en regeltechniek in. De installatie heeft dezelfde onderdelen, kleuren en kenmerken als in de kerncentrale.

In de werkpraktijksimulator kan de hele werkpraktijk getraind worden van de werkvoorbereiding tot en met de uitvoering en de nabespreking. De trainingsmogelijkheden zijn enorm. Van het lopen van een eenvoudige controle-ronde tot het ontdekken van een stralingshotspot of het uitvoeren van allerlei werkzaamheden. In plaats dat operators in een klaslokaal aanhoren wat je doet als je een olie lekkage tegenkomt, worden zij geconfronteerd met een 'echte' olie lekkage. Er zijn ongeveer tachtig van dit soort variabelen ingebouwd die in verschillende combinaties getraind kunnen worden.

De werkpraktijksimulator levert een bijdrage aan het verminderen van het aantal storingen die het gevolg zijn van menselijk handelen gerelateerd aan de werkpraktijk.



Bedrijfsvoering

De regelzaal

Op de regelzaal heerst rust en orde zodat het regelzaalpersoneel de volledige aandacht op het proces kan richten. Vergaderingen (wachtoverdracht, teambesprekingen) zijn functioneel.

Voor een onder alle omstandigheden veilige bediening zijn hier vier wachtmedewerkers aanwezig: één Wachtingenieur, één Plaatsvervangend Wachtingenieur en twee Hoofdwerktuigkundigen. Deze vier hebben specifieke taken. Daarom is de ruimte verdeeld in kwadranten, bemand door een operator met eigen taken en verantwoordelijkheden. Bij deze verantwoordelijkheden horen eigen instrumenten en in één geval ook documenten. Alles wat hij nodig heeft, vindt de betreffende Hoofdwerktuigkundige in zijn kwadrant. Dat voorkomt geloop en bevordert de rust en het overzicht. De documenten zijn geconcentreerd bij de Plaatsvervangend Wachtingenieur. Alle benodigde informatie zoals procedures en technische informatie staat op papier maar is ook digitaal beschikbaar.

De wachtploeg

De kerncentrale is een continubedrijf, de bediening vindt plaats vanuit de regelzaal die in ploegendiensten wordt bemand. EPZ stelt hoge eisen aan de medewerkers die vanuit de regelzaal de kerncentrale bedienen. Zij zijn geschoold op minimaal HBO-niveau en geselecteerd op eigenschappen als stressbestendigheid en het werken in teamverband.

Op het moment van indiensttreding krijgt het wachtpersoneel een fulltime opleiding van 1,5 jaar. Daarvan worden tien weken doorgebracht op de simulator in het Duitse Essen. Op deze simulator worden allerlei gewone en ongewone praktijk-omstandigheden nagebootst. Verder krijgen operators nog eens vier weken theoretisch onderwijs in kernfysica bij NRG in Petten. Ook is er praktijk-onderwijs in de vorm van stages bij verschillende bedrijfs-onderdelen. Na anderhalf jaar volgt een examen onder toezicht van de toezichthouder Autoriteit Nucleaire Veiligheid en

Stralingsbescherming (ANVS). Wie slaagt, krijgt een bevoegdheid voor twee jaar, dan volgt een herbeoordeling. Gedurende hun hele carrière worden operators doorlopend geschoold. Vier weken per jaar volgen ze een ‘opfrustraining’ waarvan er twee worden doorgebracht op de simulator. Bij promotie volgt bij iedere carrièrestap opnieuw een fulltime opleiding die tot een jaar kan duren.

Buiten de regelzaal, in de installatie, zijn Werktuigkundigen aan het werk. Zij worden aangestuurd vanuit de regelzaal. Zij werken in de installatie, hebben een afgeronde technische MBO-opleiding gevolgd en een fulltime bedrijfsopleiding van zes maanden.

Alle medewerkers (op de regelzaal en in de installatie) beschikken over de benodigde skills & tools, vastgelegd in documenten zoals ‘Human Performance Tools’ en de ‘Management Verwachtingen’. Deze worden voortdurend aangepast aan nieuwe inzichten, er is controle op het onderhouden van kennis en vaardigheden.

met alle procedures. Die beschrijven de normale gang van zaken. Plus de procedures die gelden onder bijzondere omstandigheden.

Op een speciaal paneel volgt de Plaatsvervangend Wachtingenieur de kritische veiligheidsfuncties van de kerncentrale. Denk hierbij aan de condities in het primaire systeem, de functionaliteit van het containment en de omstandigheden in de reactor.

Hoofdwerktuigkundigen

Een **Hoofdwerktuigkundige [3]** houdt in zijn kwadrant toezicht op het reactorbedrijf van de kerncentrale. Hij controleert de automatische bediening tijdens normaal bedrijf. Tijdens storingen handelt hij volgens voorgeschreven procedures en controleert het verloop van de afwikkeling van de storing. Als dat nodig is (en wordt voorgeschreven), grijpt hij in.

Een andere **Hoofdwerktuigkundige [4]** houdt vanuit zijn kwadrant toezicht op de elektriciteitsproductie met de turbine en de generator van de kerncentrale. In principe is dit het niet-nucleaire gedeelte van de bedrijfsvoering tijdens normaal bedrijf. Tijdens storingen handelt hij volgens de voorgeschreven procedures en controleert het verloop van de afwikkeling van de storing. Als dat nodig is (en wordt voorgeschreven) grijpt hij in.

Wachingenieur (Wing)

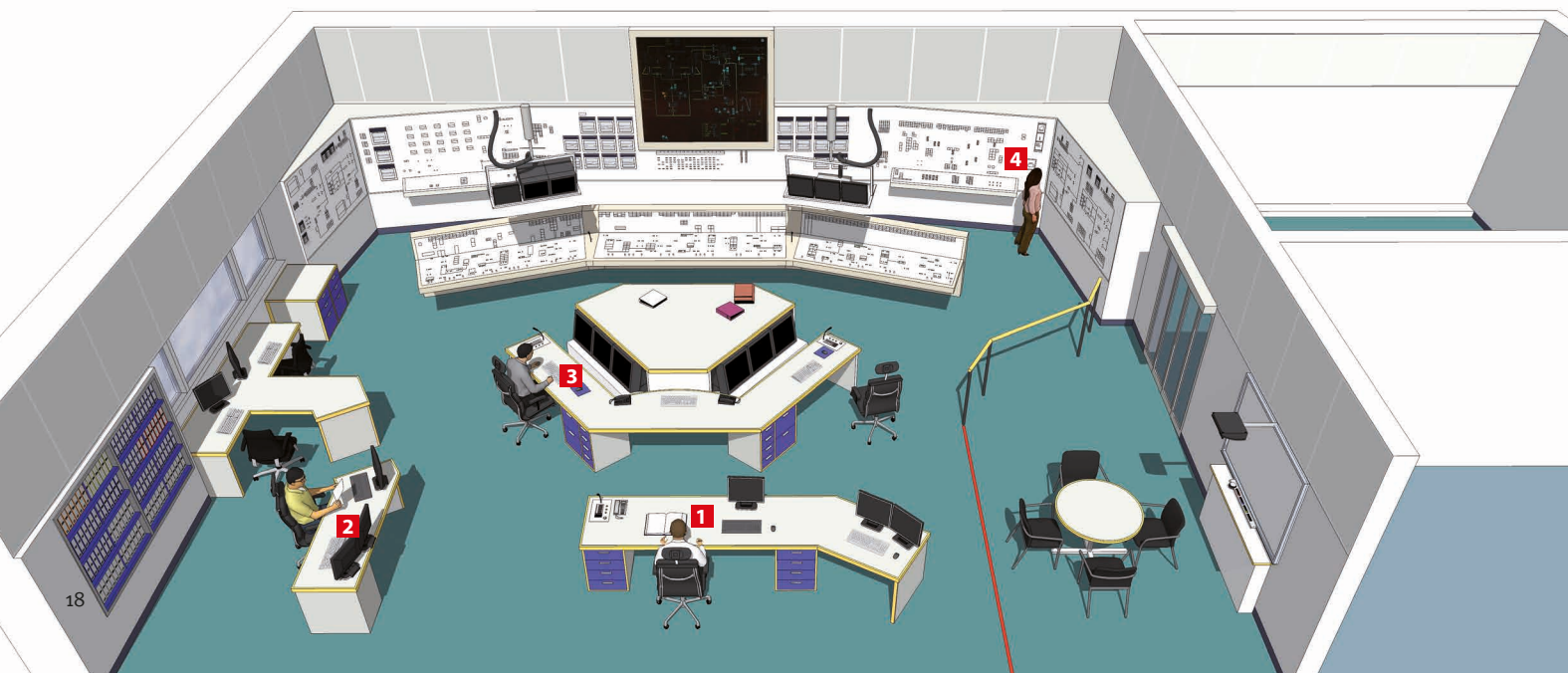
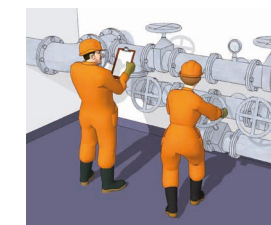
Houdt overzicht op de (procedurele) gang van zaken rond de bedrijfsvoering. Is verantwoordelijk voor de (nucleair) veilige en economische bedrijfsvoering tijdens zijn wacht. Bij storingen en bijzondere omstandigheden neemt de **Wachingenieur [1]** de juiste maatregelen met betrekking tot de reactorveiligheid en coördineert de acties in en rond de installatie.

Plaatsvervangend Wing

Neemt een onafhankelijke positie in en toetst de dagelijkse gang van zaken aan de hand van de procedures. Achter de **Plaatsvervangend Wachtingenieur [2]** staat een bibliotheek

Werktuigkundigen

De Werktuigkundigen worden aangestuurd vanuit de regelzaal. De Werktuigkundigen controleren de installatie en voeren (bedienings-)instructies, tests en inspecties uit.



Bedrijfsvoering

Brandweer

De bevelvoerder is een fulltime professioneel en gediplomeerd brandweerman. Uit de wachtploeg van de kerncentrale en de beveiligingsorganisatie is een eerste aanvalsploeg samengesteld met medewerkers die Rijksgediplomeerd brandweerman zijn. Na maximaal tien minuten is ook de brandweer van de veiligheidsregio aanwezig.

Voor extreme branden beschikt EPZ over een crashtender, een schuimblusvoertuig dat ook op vliegvelden wordt gebruikt.



Alarmstaf

Met één knop kan de Wachtingenieur de alarmstaf bij elkaar roepen. Achttien functionarissen met uiteenlopende disciplines zijn volgens een schema van consignatiediensten direct oproepbaar.

Na een alarm komt de alarmstaf bijeen onder leiding van de geconsigneerde Site Emergency Director (SED). Die trekt op dat moment alle verantwoordelijkheden en bevoegdheden van de bedrijfsleiding naar zich toe voor de acties die nodig zijn. De bediening van de kerncentrale blijft de verantwoordelijkheid van de Wachtingenieur die hierover met de Site Emergency Director communiceert. De SED zorgt voor de afwikkeling van het alarmplan.

De alarmstaf heeft een duidelijke taakverdeling. Er wordt een beleidsteam geformeerd en er wordt een contactpersoon bij de overheid geplaatst. Aan de hand van draaiboeken, procedures en informatiestromen wordt een indeling gemaakt: hoe ernstig is de betreffende storing en welke maatregelen horen daarbij? Er wordt via het nationaal noodnet contact gelegd met de hulpdiensten en de overheid. Voor de afhandeling van ernstige incidenten zijn goede afspraken gemaakt met de overheid. Er wordt regelmatig geoefend, ook op het gebied van terreurbestrijding.



De 'noodstop-knop'



Het kernsplijtingsproces is bij bijzondere omstandigheden met één druk op de knop te stoppen. De regelstaven vallen dan in de reactor, de neutronen die de kernsplijting op gang houden, worden geabsorbeerd en de kettingreactie stopt onmiddellijk. Ook de automatische bediening kan besluiten tot een ReaktorSchnell-Abschaltung (RESA) als bepaalde parameters of gebeurtenissen dat nodig maken. Handmatige bediening van de 'noodstop' is dus niet noodzakelijk.

Reserve wachtploeg

In extreme gevallen kan een reserve wachtploeg worden opgeroepen. Er is een reserve regelzaal van waaruit de bediening van de kerncentrale kan worden overgenomen als de normale regelzaal niet meer beschikbaar is.

Operating experience

De collega's in de wachtploegen worden bijgestaan door een ondersteunende afdeling die elders op het complex is gehuisvest. Die biedt ondersteuning bij operationele vragen. Medewerkers zijn fulltime bezig met het verbeteren van processen, procedures en storingsanalyses. Eigen storingen worden geanalyseerd en gedocumenteerd. Ook internationale storingen bij collega-kerncentrales worden bekeken op hun relevantie voor de eigen operations en vervolgens geanalyseerd. Op deze manier wordt operationele ervaring voortdurend verbeterd en actueel gehouden. Zo kan op storingen worden geanticipeerd en hun aantal geminimaliseerd. Als er toch storingen optreden, wordt ervan geleerd. De opgedane kennis wordt vervolgens weer internationaal gedeeld.

Procedures

EPZ kiest het beste van twee werelden:

- De hardware is van Duitse makelij en het beste dat op het gebied van kerntechnologie te krijgen was en is. De Duitse technologie gaat uit van de automatische bediening van de kerncentrale die menselijk ingrijpen tot een minimum beperkt.
- De procedures voor de bediening zijn van Amerikaanse origine. De Amerikaanse filosofie gaat er vanuit dat de mens altijd moet kunnen ingrijpen als de situatie dat vereist. Wanneer en hoe is nauwgezet vastgelegd in procedures. Kern van de zaak is dat de medewerkers altijd over de juiste informatie beschikken, de automatische bediening voortdurend controleren en alleen bij vooraf gedefinieerde situaties op een voorgeschreven manier ingrijpen.

Kortom: de kerncentrale kan zonder menselijk ingrijpen veilig worden afgeschakeld, maar als het nodig is, zal de mens ingrijpen. Voor elke situatie geldt dat de kerncentrale altijd in een veilige toestand zal worden gebracht: automatisch of manueel.

Werkdiscipline

De wachtploeg werkt met:

1. **Het vier ogen principe:** beslissingen of acties onderneem je nooit alleen.
2. **Specifieke communicatietechnieken:** hoe en wanneer geef je een instructie, hoe communiceer je hierop terug.
3. **Start-werk-besprekingen:** voor je iets besluit of uitvoert, neem je vooraf door wat de bedoeling is en wat het resultaat moet zijn. Dit is het moment om onduidelijkheden weg te nemen of kritische vragen te stellen.
4. **Zelfcontrole:** je controleert altijd het resultaat van je eigen werk en communiceert hierover met je collega's.
5. **Situatiebewustzijn:** medewerkers zijn getraind om zich voortdurend bewust te zijn van het resultaat van handelingen of beslissingen.
6. **Rust op de regelzaal:** de Wachtingenieur ziet erop toe dat er rust en orde heerst op de regelzaal.

Onderhoudsstop

Een reactorkern blijft altijd restwarmte produceren, ook als de reactor uit bedrijf wordt genomen. De splijtstof in de reactor blijft door radioactief verval toch warmte maken, ook als de kettingreactie (kernsplijting) is gestopt.

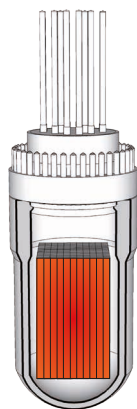
De kern moet dus ook tijdens een 'stop' worden gekoeld. Aan de ene kant dient koelwater om straling af te schermen, aan de andere kant wordt de overvloedige warmte ermee afgevoerd. Dus ook als de hoofdsystemen worden opengemaakt, zijn er hulpsystemen in bedrijf die worden bediend vanuit de regelzaal.

De kerncentrale heeft meerdere koelsystemen (zie ontwerp, pagina 8) die los van elkaar functioneren. Deze koelsystemen gaan nooit gelijktijdig uit bedrijf. Welke koel- of andere hulpsystemen op welk moment beschikbaar moeten zijn, ligt vast in de technische specificaties van de centrale.

Een 'stop' wordt altijd zorgvuldig voorbereid. Dat is economisch voordelig (zo kort mogelijk) maar ook een veiligheidskwestie omdat een balans moet worden gevonden tussen maintenance en operations eisen. Altijd is daarbij de veiligheid leidend. De verantwoordelijkheid voor de nucleaire veiligheid ligt tijdens een 'stop' bij de afdeling splijtstofwissel.

Maatregelen voor nog meer veiligheid

Er wordt permanent gekeken naar internationale veiligheidsinzichten en de stand van de techniek bij collega-kerncentrales. Elke tien jaar voert EPZ een groot onderzoek uit om te bezien welke mogelijkheden er zijn om de veiligheid van de centrale



nog verder te vergroten. Dergelijke onderzoeken in 1983, 1993, 2003 en 2013 hebben geleid tot aanpassingen die de kerncentrale telkens zo'n tien keer veiliger maakten. Zo zijn iedere tien jaar verbeteringen doorgevoerd waardoor de kerncentrale nu duizend keer veiliger is dan in 1973.

Op basis van uitkomsten van de audits door het IAEA en de internationale vakorganisatie voor kerncentrales WANO, wordt de organisatie voortdurend verbeterd. De nieuwste inzichten op het gebied van Human Performance worden ingebracht en toegepast zodat de veiligheidscultuur permanent wordt onderhouden en getoetst. Lessons learned en best practices uit de hele wereld worden getoetst op meerwaarde voor Borssele en daarna overgenomen.

Conservative & Operational Decision Making

In de regelzaal geldt de regel dat besluiten conservatief genomen worden. Regelzaalmedewerkers zullen bij afwijkingen de kerncentrale altijd terugbrengen in een toestand die zij kennen door het volgen van vaste procedures.

Bij bijzondere operationele omstandigheden maakt EPZ gebruik van speciale besluitvormingstechnieken.

Bij storingen of afwijkingen bij onderhoud komt een vaste groep specialisten (of hun plaatsvervangers) bij elkaar om op een goed controleerbare wijze besluiten te nemen.

Zij onderzoeken en vergelijken gegevens vanuit verschillende invalshoeken. Vervolgens leggen zij oorzaak-gevolg relaties en identificeren oplossingen en alternatieve oplossingen. Daarna wordt een afgewogen besluit genomen.



Simulator

Naast de werkpraktijksimulator voor onderhoudsmedewerkers, heeft EPZ ook een simulator op de Kraftwerkschule in Essen (Duitsland) waar regelzaalmedewerkers de bediening van de kerncentrale trainen. Alle gewone en ongewone proces-omstandigheden komen aan de orde zodat operators goed voorbereid zijn.

Simulatortrainingen zijn niet vrijblijvend, een operator kan zijn kwalificatie verspeken bij slechte prestaties.

De KCB regelzaalsimulator speelt een cruciale rol bij de opleiding van het regelzaalpersoneel van de kerncentrale. Naast normale bedrijfsvoering wordt in de simulator vooral geoefend als voorbereiding op ongewenste gebeurtenissen door storingen en incidenten. De regelzaalsimulator brengt op elk moment iedere gewenste praktijksituatie binnen bereik en – minstens zo belangrijk – ook ongewenste. De regelzaalsimulator werd vanaf 1997 operationeel.

Na de oplevering zijn steeds kleinere en grote modificaties uitgevoerd. Hierdoor wordt steeds zo goed mogelijk de actuele toestand van de kerncentrale gesimuleerd. Zo is bijvoorbeeld de turbineregeling gewijzigd bij de installatie van een nieuwe turbine in 2007.



Verouderingsbeheer

Verouderingsmanagement

Borssele blijft langer in bedrijf dan tijdens de bouw werd beoogd. Met internationale richtlijnen is aangetoond dat dit veilig kan. Deze richtlijnen zijn opgesteld door het Internationaal Atoomagentschap in Wenen (IAEA), ook de Nederlandse ANVS was daarbij betrokken. Het IAEA organiseerde speciale ‘peer reviews’ gericht op centrales die bezig zijn met bedrijfsduurverlenging. Borssele werd in dit kader regelmatig gereviewd. In 2013 is de vergunning om door te mogen produceren tot 2034 definitief geworden.

Verouderingsbeheersing bij EPZ concentreert zich zowel op technologische veroudering als op materiaaldegradatie. Na verloop van tijd treedt materiaaldegradatie op door het langdurig gebruik (fysische veroudering). Daarnaast evolueert technologie waardoor ‘oude’ technologie niet meer behandeld wordt op de scholen en universiteiten. Beide fenomenen kunnen reden zijn om te moderniseren. Nu de centrale twintig jaar langer in bedrijf blijft, is opnieuw bewezen dat de veroudering met alle waarborgen ook tot 2034 wordt beheerst. In veel gevallen was dit relatief eenvoudig: het ontwerp gaat van veel zwaardere

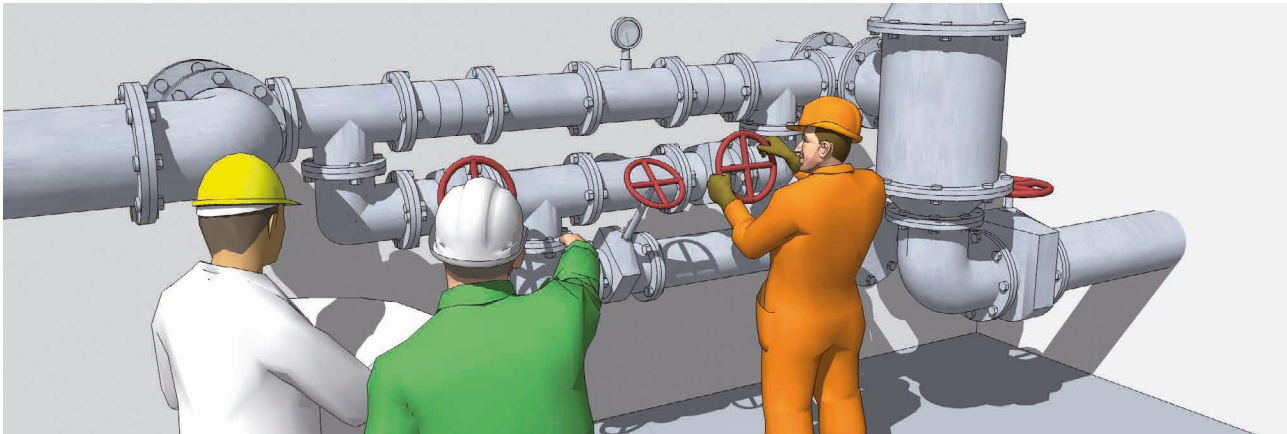
belastingen uit dan die in de praktijk optraden. In sommige gevallen werden er metingen en berekeningen verricht. In alle gevallen is met zekerheid aangetoond dat de integriteit van de componenten ook tot minstens 2034 gehandhaafd blijft.

Verouderingsproblemen voorkomt EPZ door beheersmaatregelen te nemen: regelmatig preventief onderhoud, het uitvoeren van inspecties om de status van een component te bepalen en vooral ook de installatie zodanig bedrijven dat er zo min mogelijk verouderingbelasting optreedt. Tenslotte worden verouderde componenten vervangen.

AMAT Review

Op verzoek van de toezichthouder Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) kan een Ageing Management Assessment Team (AMAT) van het IAEA bij EPZ langs komen voor een beoordeling van de stand van zaken.

AMAT levert zo nodig suggesties waarmee de verouderingsbeheersing verder verbeterd kan worden.



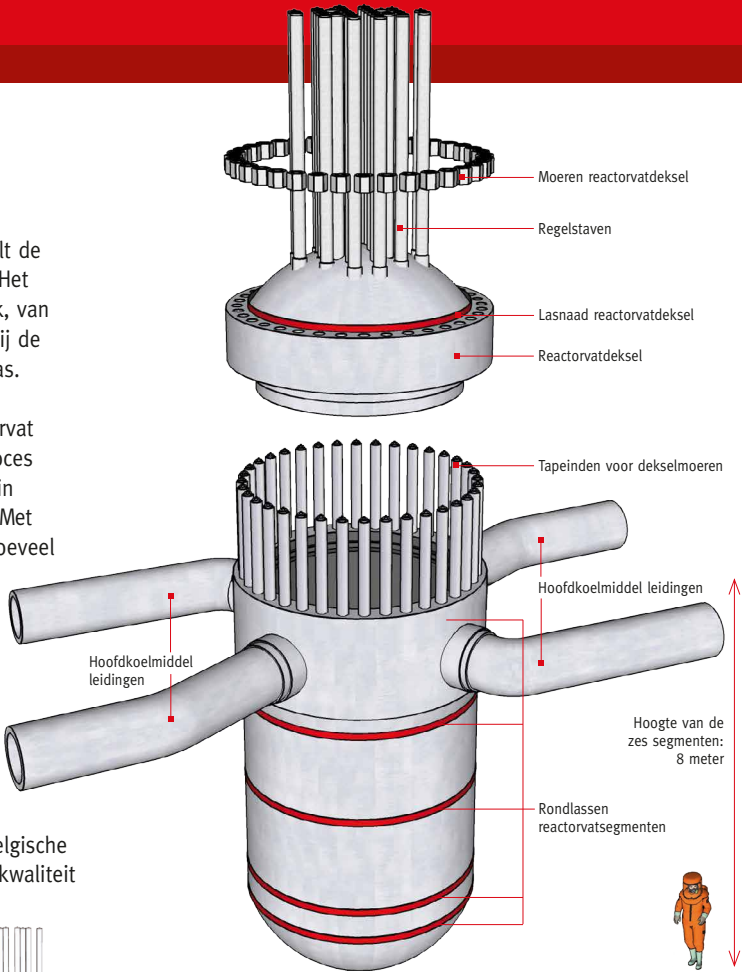
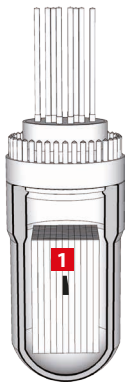
Reactorvat

Omdat het reactorvat vrijwel niet te vervangen is, bepaalt de kwaliteit ervan de levensduur van de hele kerncentrale. Het vat van Borssele is van gemiddeld twintig centimeter dik, van hoogwaardig staal en behoort tot de beste ter wereld. Bij de bouw is het beste materiaal gebruikt dat voorhanden was.

Door de inwerking van neutronenstraling kan een reactorvat zijn elasticiteit verliezen (breukgevaar). Dit mogelijke proces wordt door EPZ nauwgezet gevolgd. Tijdens onderhoud in 2010 zijn er staalmonsters van het reactorvat genomen. Met de analysesresultaten kan nauwkeurig worden bepaald hoeveel neutronenstraling het vat tot nu toe heeft opgelopen.

Door continubedrijf zijn in het Borssele-vat veel minder temperatuurwisselingen opgetreden dan voorzien. Ook is door slim beheer van de kern de neutronenstraling op het reactorvat minder geweest dan bij de bouw werd verondersteld. Hierdoor is bedrijf tot 2034 is geen enkel probleem. Bij gelijk-blijvende belasting zou het vat zelfs meer dan honderd jaar mee kunnen. In 2012 is door de problemen in de Belgische kerncentrales een uitgebreid onderzoek geweest naar de kwaliteit van het Borssele-staal. Die is na veertig jaar productie nog steeds beter dan nieuw zou worden geëist.

In 2007 zijn voor een verouderingsonderzoek **onbestraalde staalmonsters [1]** van het reactorvat rondom de kern geplaatst. Op deze plek zorgt extra hoge neutronen- en temperatuurbelasting voor versnelling van het verouderingsproces. Zo kan in de toekomst gekeken worden om aan te tonen dat het reactorvat tot 2034 veilig is. In 2018 is deze proef klaar en volgen uitspraken over het jaar 2034 en eventueel daarna.



Technische specificaties

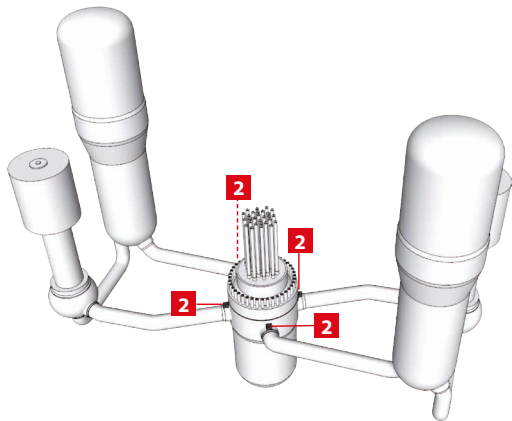
Volume	: 72 m ³
Gewicht deksel	: 45.000 kg
Totaal gewicht	: 230.000 kg
Hoogte zonder deksel	: 8 m
Hoogte met deksel	: 10 m
Binnendiameter	: 3,81 m
Wanddikte	: 18 tot 36,5 cm

Verouderingsbeheer

Primair circuit

Het primair circuit koelt de kern. Als er een leidingbreuk optreedt, valt de kernkoeling weg. Om dit te voorkomen wordt er jaarlijks geïnspecteerd met ultrasoon en röntgenonderzoek aan lasnaden en materiaalovergangen.

In 1997 zijn er 'lek-voor-breek-maatregelen' genomen. In geval van degradatie van een leiding zal er lekkage optreden die gedetecteerd wordt met lekdetectiesystemen. De centrale kan in dat geval veilig uit bedrijf genomen worden. De centrale is zodanig ontworpen dat zelfs als een leiding toch breekt, de afschakeling en kernkoeling toch verzekerd zijn.



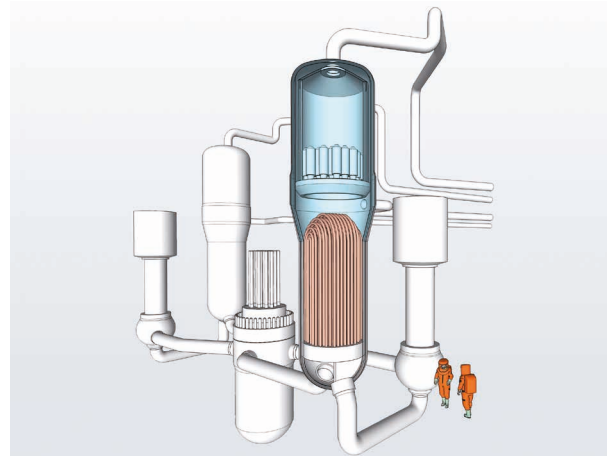
Vitale plekken in het primaire circuit zijn vanaf 2010 voorzien van **thermokoppels [2]** die belastingswisselingen ten gevolge van temperatuursveranderingen registreren. Met deze gegevens kunnen 'real time' uitspraken worden gedaan over vermoeiing van het primaire circuit.



Stoomgenerator

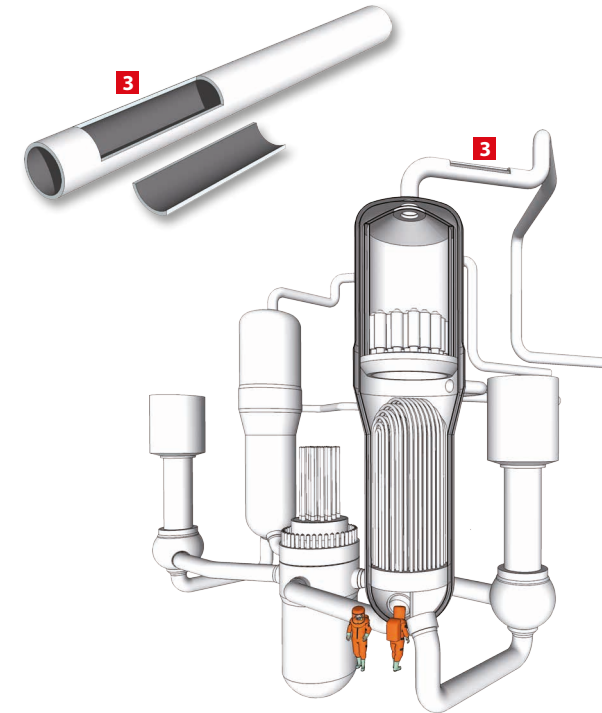
In de stoomgenerator wordt de warmte uit de primaire kringloop overgedragen op de water/stoom-kringloop waarmee elektriciteit wordt gemaakt. Via duizenden pijpjes wordt primaire warmte overgedragen aan het secundaire systeem. Een groot deel van de pijpjes wordt elke drie jaar één voor één geïnspecteerd. Bij te grote afwijkingen worden pijpjes afgestopt en nemen andere pijpjes de taak over. De stoomgenerator van Borssele is overgedimensioneerd, de marge is ruim voldoende voor productie tot 2034.

Ook de twee stoomgeneratoren behoren tot de wereldtop. Bij de meeste drukwatercentralen zijn of zullen de stoomgeneratoren vervangen worden vanwege scheurvorming door spanningscorrosie. Deze scheurvorming ontstaat door de inwerking van het primaire water op de stoomgeneratorpijpen die gemaakt zijn van een Nickel-legering. Bij de meeste centrales zijn de pijpen gemaakt van Inconel 600 waarvan gebleken is dat het gevoelig is voor spanningscorrosie. De stoomgeneratoren van Borssele zijn gemaakt van Incolloy 800 dat niet gevoelig is voor spanningscorrosie.



Om corrosie in de secundaire (niet-nucleaire) systemen te voorkomen, wordt in de water/stoom-kringloop deminwater met chemische toevoeging gebruikt. Aanvankelijk werd fosfaatchemie gebruikt, maar dat leidde tot een verhoogde kans op schade aan de **stoomgeneratorpijpjes [3]**.

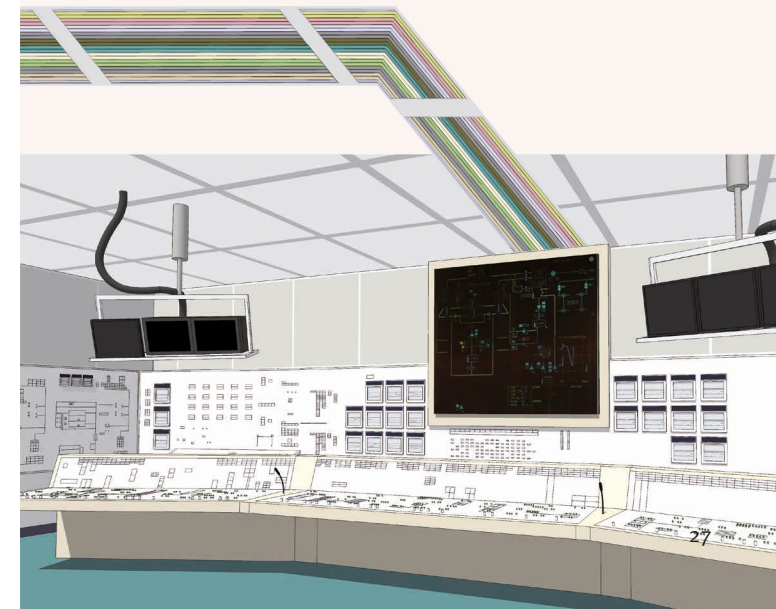
Na de vervanging van de stalen condensors door titanium-exemplaren werd het mogelijk over te stappen op AVT-chemie (All Volatile Treatment). Door deze maatregel werd het corrosieproces in de stoomgeneratoren gestopt. Door uitgebreid periodiek onderzoek aan de pijpjes hebben we dit kunnen bevestigen.



Apparaten en bekabeling

Ongevalbestendige meet- en regelcomponenten (EMR-componenten) moeten ook in ongevalssituaties goed functioneren. Door langdurige blootstelling aan straling en temperatuur kan isolatiemateriaal verbrossen wat de kans op storing verhoogt. Deze veroudering van apparatuur en bekabeling wordt beheerst.

Er is meetapparatuur aangebracht die gedurende één of meerdere jaarcyclus de omgevingscondities meet. Met deze informatie kan vanuit een 'restlevensduur-database' de restlevensduur van de EMR-componenten worden bepaald. Componenten en kabels die niet meer tot 2034 voldoen, zijn of worden in de komende jaren vervangen.



Veiligheidscultuur

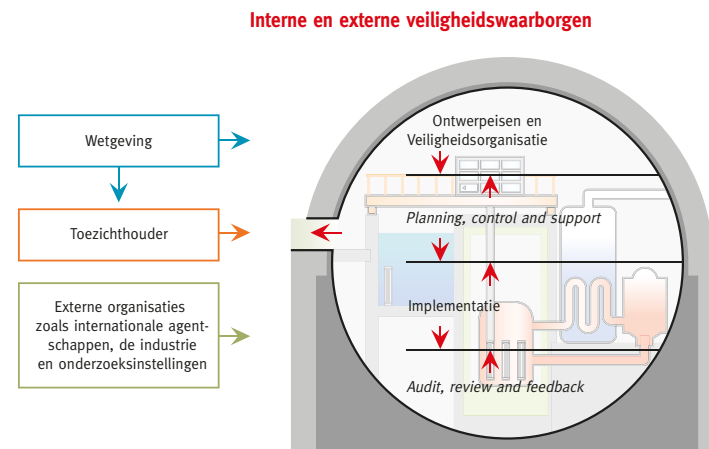
We werken veilig of we werken niet

De veiligheid van een kerncentrale wordt mede bepaald door de veiligheidscultuur in de organisatie. De manier waarop mensen zich (veilig) gedragen is van invloed op het minimaliseren van veiligheidsrisico's. Binnen en buiten de organisatie zijn er waarborgen die veilig werken mogelijk maken, stimuleren en aansporen tot een proces van continu verbeteren. In- en extern is er toezicht, binnen de organisatie zijn medewerkers gewend om elkaar aan te spreken op veilig werken.

De veiligheidsprincipes in de kerncentrale zijn gebaseerd op de IAEA Safety Standards. Alles is daarbij ondergeschikt gemaakt aan de bescherming van mens en milieu tegen nucleaire risico's. Dit geldt ten aanzien van de installaties, gebruik van materialen en de processen. Alle maatregelen zijn gericht op het voorkomen van ongelukken en gebeurtenissen die leiden tot een ongecontroleerde situatie, escalatie van een situatie of tot radioactieve emissies.

Veiligheid is bij Borssele gesystematiseerd:

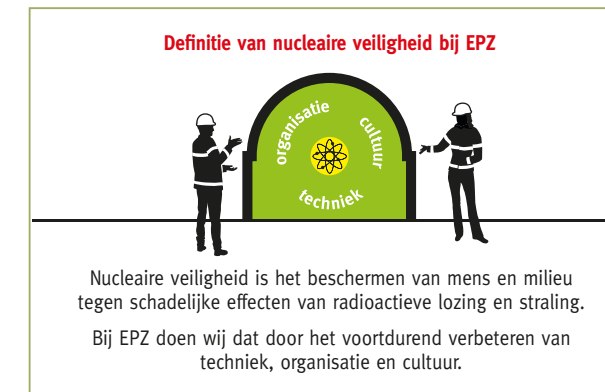
- Er wordt gewerkt op basis van internationale normen;
- Deze regels zijn in procedures uitgewerkt en vastgelegd;
- Er wordt praktisch getraind op gedrag en het juist hanteren van de regels;
- Er wordt bij (internationale) collega's gekeken naar best practices, kennis wordt uitgewisseld;
- Er is op de werkvloer toezicht (zowel intern als extern) op de naleving en de prestaties. Geregeld komen toezichthouders en internationale auditteams naar Borssele;
- Deze inspecties zijn niet vrijblijvend. De regels en werkwijze worden verbeterd als inzichten veranderen of tekortkomingen worden signaleerd.



Verder is ook de 'zachte' kant van de veiligheidscultuur zoveel mogelijk tastbaar gemaakt door 'Management Expectations' vast te leggen. Voor iedereen is toegankelijk (en begrijpelijk) gemaakt wat wordt verwacht. Elke medewerker is aanspreekbaar op zijn of haar verantwoordelijkheid ten aanzien van de nucleaire veiligheid. Er wordt hierop geschoold en gecoacht, individueel en in teamverband.

Voortdurend verbeteren kerncentrale Borssele

Een kerncentrale is een installatie die werkt met een proces dat grote gevolgen kan hebben als het niet wordt beheerst. Het besef hiervan is bij de exploitant alom aanwezig, het leidt tot een speciale verantwoordelijkheid: het garanderen van optimale bescherming van mens en milieu tegen de mogelijk schadelijke gevolgen van kernsplijting. Deze verantwoordelijkheid wordt samengevat in het begrip Nucleaire Veiligheid.



Risico en veiligheid

Centraal staan de begrippen risico en veiligheid. Bij een kerncentrale is het risico de kans om te overlijden of ziek te worden door blootstelling aan straling. Dit risico willen we voortdurend verminderen door de kans op blootstelling aan straling steeds verder te verkleinen.

Daarvoor verrichten de industrie, de overheid en de wetenschap samen een enorme inspanning. Dit gebeurt met een gamma aan maatregelen: wettelijke, technische, infrastructurele en gedragsbeïnvloeding. De motor hierachter zijn risicotolerantie (hoeveel risico we willen verdragen) en risicoperceptie (hoe we tegen risico's aankijken ofwel onze veiligheidsbeleving). Dit zijn dynamische fenomenen; ze veranderen voortdurend.

Kijk voor verandering van risicotolerantie bijvoorbeeld naar het verkeer: grote risico's die we vroeger heel gewoon vonden, worden nu niet meer geaccepteerd. In 1972 bedroeg het aantal verkeersslachtoffers 3.000 per jaar. Nu zijn er ongeveer 650 verkeersslachtoffers per jaar, terwijl het verkeer vele malen intensiever is geworden. Afgenomen risicotolerantie is de motor geweest voor het nemen van maatregelen om de risico's voortdurend te verminderen.

Net als in het verkeer is de risicotolerantie met betrekking tot de nucleaire industrie voortdurend afgenomen. Dit is de motor voor het voortdurend veiliger maken van onze kerncentrale. Net als risicotolerantie is ook risicoperceptie ofwel de beleving van veiligheid een dynamisch fenomeen. Zo is de samenleving in de loop der jaren ook anders gaan kijken naar de veiligheid rond een kerncentrale. Niet alleen het mogelijke aantal slachtoffers is de basis voor het nemen van maatregelen die risico's verkleinen, maar ook de effecten op de maatschappij als geheel. Een ongeval in een kerncentrale mag de maatschappij niet ontwrichten en niet tot onaanvaardbare economische en milieugevolgen leiden.

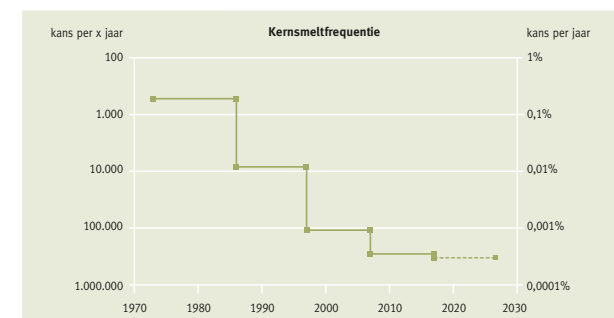
Veiligheid wordt positief beïnvloed door technische ontwikkelingen. Zo maken geavanceerde sensoren en datacommunicatie het autoverkeer steeds veiliger. Zaken als gordels, airbags, bewegingssensoren, constructieve aanpassingen, GPS en andere communicatievormen hebben afgelopen decennia voor steeds meer verkeersveiligheid gezorgd. Omdat onze risicoperceptie mee verandert, voelen we ons tegenwoordig niet veilig meer in een auto uit de zestiger jaren die deze voorzieningen niet heeft. De veiligheid van de kerncentrale groeide op dezelfde manier mee met het (maatschappelijk) belang dat aan risicovermindering werd toegekend.

Veiligheidscultuur

Voortdurend verbeteren veiligheid

Onder druk van het almaar dominanter worden van het risicodenken werden verbeterde techniek en opgedane ervaring decennialang teruggevoerd op de kerncentrale. Daardoor werden risico's stap voor stap kleiner gemaakt. Veiligheid was en is dus nooit 'af' en kan altijd beter. Bij EPZ heet dit proces 'voortdurend verbeteren'. Het resultaat van dit proces is concreet terug te zien in de ontwikkeling van de EPZ-organisatie en de lay-out van de kerncentrale Borssele. Zo nam op alle niveaus de veiligheid toe. De organisatie groeide van circa 130 medewerkers in 1973 naar circa 350 medewerkers nu. Veel van deze extra medewerkers werken aan de veiligheid van de kerncentrale: meer analisten, meer ondersteuning door technische specialisten, meer brandweermensen, grotere wachtploegen, etc. Al deze medewerkers moeten aan veel strengere opleidings- en kwalificatie-eisen voldoen dan in de jaren zeventig.

Ook de lay-out van de installatie is door de decennia heen ingrijpend gewijzigd door het aanbrengen van redundancies, nieuwe barrières en veiligheidssystemen. Als het ene veiligheidssysteem faalt, neemt een andere extra veiligheidsvoorziening het over.



Door alle fysieke en organisatorische maatregelen is de kans op een nucleaire gebeurtenis met effecten op mens en milieu de afgelopen veertig jaar zo'n 1.000 keer kleiner geworden.

Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS)

De ANVS ziet er op toe dat de nucleaire veiligheid en stralingsbescherming in Nederland voldoen aan de hoogste eisen. De ANVS stelt daarvoor regels op, verleent vergunningen, ziet toe op de naleving daarvan en kan handhavend optreden. Door de vorming van de ANVS in 2015 zijn kennis en expertise gebundeld die nodig is om deze taken uit te voeren. De ANVS rapporteert aan de minister van Infrastructuur en Milieu die ieder jaar verslag doet aan de Tweede Kamer. Bij normale bedrijfsvoering is er gemiddeld twee dagen per week een inspecteur van de ANVS aanwezig voor haar toezichthoudende taak. Tijdens de 'stop' is dat dagelijks. De ANVS houdt veelal ter plekke toezicht en controleert het werk. De ANVS kijkt of vergunningen worden nageleefd, of technische specificaties en werkwijzen kloppen en of wijzigingen aan installaties wel mogen worden uitgevoerd. Naast dit technische werk houdt de ANVS ook toezicht op de organisatiestructuren en processen, veiligheidsmanagement, menselijk gedrag, verbetermanagement en de veiligheidscultuur. Ook bij de aan- en afvoer van radioactieve stoffen houdt de ANVS scherp toezicht.

Internationaal Atoomenergieagentschap (IAEA)

Het internationaal toezicht op de kerncentrale is in handen van het Internationaal Atoomenergie Agentschap (IAEA). Er zijn 136 landen lid van het IAEA. Deze autonome organisatie is onderdeel van de Verenigde Naties en ziet toe op veilig en vreedzaam gebruik van kernenergie. Het bureau heeft het recht om inspecties te doen bij nucleaire installaties van de lidstaten. Het IAEA kan ook door de ANVS uitgenodigd worden voor inspecties of een second opinion.

World Association of Nuclear Operators (WANO)

De WANO uit Parijs is de internationale 'brancheorganisatie' van kerncentrales die toeziet op de continue verbetering van de veiligheid in de sector. Bij de WANO zijn alle elektriciteit-

producerende kerncentrales in de wereld aangesloten. Door het organiseren van veiligheidsonderzoeken (Peer Reviews) kijken deskundigen van kernenergiecentrales uit de hele wereld in elkaars installaties. Het doel is om van elkaar te leren door elkaar te beoordelen. Medewerkers van EPZ worden aangemoedigd om zelf ook aan de WANO-missies mee te doen. Regelmatig zijn medewerkers van EPZ voor Peer Reviews bij andere kerncentrales. De deskundigen baseren hun oordeel vooral op waarnemingen in de kerncentrale en interviews met medewerkers. Zij doen aanbevelingen voor verbeteringen. Een Peer Review is een interne aangelegenheid. De 'teamleader' rapporteert de eindconclusie aan het management van de betreffende kerncentrale. Na twee jaar komt er een vervolgonderzoek om te beoordelen wat er met verbeterpunten is gedaan. Op www.epz.nl staat een overzicht van alle WANO-missies.

Tienjaarlijkse Veiligheids-Evaluaties (10EVA's)

Eén van de verplichtingen uit de Kernenergiewetvergunning van Borssele is het houden van tienjaarlijkse veiligheidsevaluaties. Overigens is dit ook een internationaal gebruik. Iedere tien jaar wordt de kerncentrale volledig doorgelicht en beoordeeld aan de hand van State of the Art op het gebied van veiligheid en stralingsbescherming. Voor Borssele geldt dat er inmiddels vier 10EVA's gehouden zijn: in 1983, 1993, 2003 en 2013. Iedere 10EVA wordt na evaluatie en besluitvorming opgevolgd door een modificatieproject. Daarmee blijft de centrale op (internationaal) hoog niveau.

De trend die zichtbaar is in de vier 10EVA's is dat het accent verschuift van hardwarematige verbeteringen naar organisatorische verbeteringen. Iedere 10EVA maakt de centrale veiliger, Borssele is nu veel veiliger dan bij de start in 1973.

Een 10EVA is een vorm van zelfevaluatie waarvan het resultaat wordt beoordeeld door de ANVS die aanvullende onderzoeksvragen kan stellen. Er wordt beoordeeld aan de hand van de geldende (en toekomstige) regelgeving en de (best) beschikbare techniek of organisatie-inzichten. De bevindingen worden vertaald in mogelijke verbeteringen die worden getoetst op hun relevantie en uitvoerbaarheid.

Als hierover overeenstemming is tussen overheid en management van EPZ, wordt een modificatieproject gestart. Het meest ingrijpende was dat van 1997: de kerncentrale is zodanig gemoderniseerd en voorzien van extra veiligheid, dat verdere hardwarematige verbeteringen steeds minder spectaculair zullen worden. Winst is nu vooral nog te boeken op het gebied van Human Performance.

Internationale Kennisdeling

De internationale nucleaire gemeenschap is zeer gericht op kennisdeling. De filosofie is om zoveel mogelijk te leren van elkaars ervaringen. Zowel best practices als storingen en incidenten worden inhoudelijk met elkaar gedeeld. Er zijn nieuwsservices die hierin een belangrijke rol spelen en tal van kernenergiedeskundigen bezoeken internationale conferenties op hun vakgebied.

EPZ doet aan alle initiatieven mee. Ook de bekende organisaties (IAEA, WANO, Europese Commissie) spelen een belangrijke rol in het verzamelen en beschikbaar stellen van kennis en ervaring. De verzamelde 'operating experience' wordt door de EPZ-organisatie geanalyseerd en beoordeeld op de bruikbaarheid ervan voor de eigen bedrijfsvoering. Als bijvoorbeeld in Japan een aardbeving plaatsvindt, stellen Japanse kerncentrales hun ervaring zo snel mogelijk beschikbaar. Vervolgens wordt in Borssele onderzocht wat de effecten op de plaatselijke kerncentrales waren en wat daarvan geleerd kan worden voor de eigen situatie.

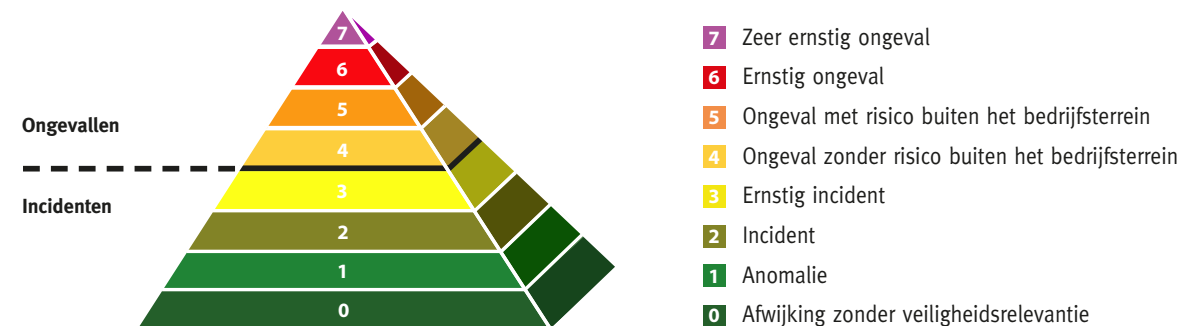
Veiligheidscultuur

INES meldingen

Binnen de nucleaire industrie geldt sinds 1990 de INES-schaal als maatstaf voor storingen en incidenten. De INES-schaal is er voor nucleaire en radiologische gebeurtenissen in kerncentrales; transportgebeurtenissen of gebeurtenissen met radioactieve bronnen in onder meer ziekenhuizen. Zoals de schaal van Richter wordt gebruikt om aardbevingen in te schalen, wordt de INES-schaal internationaal gehanteerd om de ernst van storingen in nucleaire installaties aan te duiden. De INES-schaal kent zeven niveau's, van één tot zeven. Wat daaronder valt, wordt met INES=0 omschreven en heeft geen veiligheidsrelevantie.

INES waardenniveau's

De waarde-0 staat voor een afwijkende gebeurtenis zonder veiligheidsrelevantie. De waarden 1, 2 en 3 worden incidenten genoemd. Daarbij zijn er geen gevolgen voor de werknemers of de omgeving. Bij schaal 4 kunnen er veiligheidsrisico's optreden binnen de centrale, bijvoorbeeld door het vrijkomen van radioactieve stoffen binnen de gebouwen. Vanaf schaal 5 kan een ongeval gevolgen hebben voor de directe omgeving van de centrale. Schaal 7 is een zeer ernstig ongeval met een hoge uitstoot van radioactieve stoffen naar de omgeving van de kerncentrale. Fukushima en Tsjernobyl zijn ingedeeld in schaal 7.



Vaker voorkomende storingen

Typische storingen die vaker kunnen optreden, zijn defecten aan reserveveiligheids-systemen die tijdens periodieke testen aan het licht komen. Ook bedrijfsstoringen waarbij de energieproductie korte tijd wordt onderbroken komen voor. Tenslotte zijn er procedurele tekortkomingen die kunnen worden gemeld als storing of incident.

Verantwoordelijkheden van EPZ en de overheid

EPZ onderzoekt zelf bij elke storing wat de oorzaak en de ernst van het gevolg is. Op basis van dit onderzoek doet EPZ een voorstel voor de INES-indeling. EPZ publiceert deze voorlopige INES-meldingen al voor ze definitief zijn.

Het is echter de overheid (de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming) die, op grond van de EPZ-rapportage en op basis van eigen onderzoek, de definitieve INES-beoordeling doet. De Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming ziet er ook op toe, dat verbeteringsmaatregelen naar aanleiding van storingen adequaat worden uitgevoerd. Jaarlijks rapporteert de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming aan de Tweede Kamer over de opgetreden storingen in alle Nederlandse nucleaire installaties.

Wat gebeurt er na een INES-melding?

Bij EPZ richten alle werkprocessen zich op het voorkomen van onveilige situaties. Volgens internationale standaards registreert en analyseert EPZ alle bedrijfservaringen en daarmee ook alle storingen en incidenten. Intern worden medewerkers aangemoedigd om deze incidenten te rapporteren, ook al zijn ze nog zo onbetekenend. Het doel van deze systematische en integrale aanpak is helder: het voortdurend verbeteren van de veiligheid. Want van fouten kun je leren.

EPZ participeert in de World Association of Nuclear Operators (WANO), een organisatie waar vrijwel alle kerncentrales in de wereld bij zijn aangesloten. Binnen WANO worden informatie over INES-meldingen en andere bijzonderheden gedeeld en centraal geanalyseerd. Jaarlijks ontvangt EPZ zo honderden rapporten die allemaal beoordeeld worden op relevantie voor Borssele. Geregeld zendt EPZ zelf ook rapportages aan dit wereldwijde netwerk.

De meeste meldingen in Borssele hebben het karakter van een INES=0 of die hebben geen relevantie voor de veiligheid. Het zwaarste incident (INES=2) werd in 1996 gemeld toen een klep onbedoeld en onopgemerkt bleef open staan. Hierop zijn maatregelen genomen die dit voortaan onmogelijk maken. De algemene trend in Borssele is neerwaarts: aantal en ernst van INES-meldingen bewegen op en neer maar nemen wel af. Alle INES-meldingen staan op www.epz.nl.

Industriële Veiligheidscommissie

De Industriële Veiligheidscommissie (IVC) is een interne commissie van deskundigen uit afdelingen van EPZ die het Management Team van het bedrijf adviseert over de ARBO-veiligheid. Het gaat hier om conventionele veiligheid op de werkvloer, de stralingsbescherming is een verantwoordelijkheid

van de Reactor Bedrijfsveiligheids Commissie (RBVC). ARBO-veiligheid is onderdeel van de veiligheidscultuur op de kerncentrale. Er is immers een directe relatie tussen veilig werken en de nucleaire veiligheid.

Op de werkvloer wordt gecontroleerd op het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen, hierover worden regelmatig bewustwordingscampagnes gevoerd. Tijdens de 'stop' worden bedrijven en individuele medewerkers ook financieel aangemoedigd om veilig te werken. Dit helpt het aantal verzuimongevallen bij EPZ laag te houden.

ARBO-veiligheidskwalificatie medewerkers

Zowel interne als externe medewerkers van EPZ moeten gekwalificeerd zijn voor het uitvoeren van werkzaamheden in de kerncentrale. EPZ ziet er streng op toe dat ook contractors over de juiste papieren beschikken: een geldig VCA-certificaat of een ander voorgeschreven vakdiploma.

Competentiemanagement

Het al in 2008 ingezette 'competentiemanagement' heeft in 2009 concrete vormen aangenomen. Er is een systematiek geïntroduceerd waarmee alle circa 300 medewerkers op de kerncentrale getoetst kunnen worden op circa 200 competenties. De meeste medewerkers moeten voldoen aan minimaal vijf en maximaal vijftien kwalificaties. Gemiddeld blijkt bij EPZ 91 procent van de mensen aan alle voor de functie gestelde eisen te voldoen. Negen procent wordt op onderdelen bijgeschoold als gevolg van indiensttreding, functieveranderingen of het verlopen van certificaten.

Opleidingen



Iemand op de kerncentrale besteedt gemiddeld 18 dagen per jaar aan onderwijs. Het gaat bij EPZ om het opleiden van haar medewerkers én het ontwikkelen van kennis en persoonlijke vaardigheden. Niet alleen voor wat nodig is voor de huidige functie maar ook voor de toekomst. Enkele tientallen medewerkers (nieuw of nieuw in een functie) volgen jaarlijks een praktische opleiding voor de benodigde installatiekennis. Daarnaast worden er jaarlijks meer dan tien 'opfriscursussen' georganiseerd om bestaande kennis op te frissen en nieuwe zaken bij te leren. Bij de opfriscursus zet EPZ ook externe cursusleiders in (bijvoorbeeld van Tractebel, de Nuclear Research & consultancy Group en het Reactor Instituut Delft).

De wachtmedewerkers van de kerncentrale trainen twee keer per jaar één week op de simulator in het Duitse Essen. Hier worden alle mogelijke praktijksituaties nagebootst die in een centrale kunnen plaatsvinden. Voor de kerncentrale gelden simulatortrainingen als een vergunningstechnische verplichting. Naast vakinhoudelijke en procedurele kennis, worden ook andere kwaliteiten getest. Gedragscompetenties zoals analytisch vermogen in stressvolle situaties, samenwerken in groepsverband en communicatieve vaardigheden zijn onderdeel van het lesprogramma. Tijdens de simulatortraining bekwamen de wachtmedewerkers zich extra in de procedures voor in- en uit bedrijfsname. Dit gebeurt normaal alleen tijdens de splijtstofwissel. Dat betekent dat dit dus maar één wacht mee kan maken. Dat is te weinig om routine op te bouwen. Daarnaast oefent de wacht allerlei grotere en kleinere storingen en scenario's in het kader van ernstige ongevallen. Met name het trainen van procedures en de werkdiscipline worden geoefend op de simulator.



Bekijk een video van de training op de simulator:
www.blikindebol.nl/veiligheidscultuur/#video

Voortdurend verbeteren menselijk handelen

Niet alleen techniek bepaalt de veiligheid. Ook de manier waarop de mens met de techniek omgaat, beïnvloedt de veiligheid. EPZ kan op het gebied van Human Performance nog meer veiligheidswinst boeken. Hieronder de belangrijkste aandachtsvelden waarop EPZ zich op dit moment concentreert:

Versterken dienend leiderschap dat niet is gebaseerd op hiërarchie en macht, maar op de bewustwording en ontwikkeling van werknemers. Een dienend leider creëert een (sociaal) veilige leeromgeving waarin medewerkers groeien en optimaal functioneren. Het bijbehorend Human Performance programma laat medewerkers effectief presteren zodat de organisatie betere resultaten behaalt. Dat leidt tot betere overeenstemming tussen management-verwachtingen en prestaties van medewerkers.

En verder:

- Borgen dat de hoge standaards voor onderhoud van kritieke systemen ook worden toegepast op niet-kritieke systemen.
- Borgen dat tijdelijke modificaties in de installatie goed worden gecontroleerd op veiligheid.
- Het verhogen van de snelheid en efficiëntie van de analyse van afwijkende gebeurtenissen in de installatie.
- Het verder versterken van het verantwoordelijkheidsgevoel van het lijnmanagement voor de stralingsveiligheid van hun medewerkers.
- Verdere verbetering van de voorbereiding op stralingsveiligheid van medewerkers in ongevalsomstandigheden en verdere verbetering van de ongevalsprocedures.



10EVA

Tienjaarlijkse veiligheidsevaluatie van de volledige kerncentrale, een (internationale) vergunningverplichting voor kerncentrales.

ALARA

As Low As Reasonable Achievable, geldt de verlaging van opgelopen stralingsdosis door medewerkers.

AMAT

Het Ageing Management Assessment Team van de IAEA.

ANVS

Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming.

AVT

All Volatile Treatment.

Benchmark Commissie

Door de Nederlandse regering ingestelde onafhankelijke internationale commissie van deskundigen die beoordeelt of de kerncentrale Borssele tot de 25 procent veiligste westerse kerncentrales behoort.

Consignatiedienst, geconsigneerd

Direct oproepbaar personeel, uitgerust met communicatieapparatuur, binnen korte afstand van de kerncentrale.

ERBVC

Externe Reactor Bedrijfs Veiligheids Commissie, een externe groep deskundigen. Deze (internationale) groep van deskundigen houdt toezicht en moet voorkomen dat de interne deskundigen een tunnelvisie ontwikkelen.

Failure Mode & Effect Analysis

Een methode die mogelijke faalwijzen en hun effecten analyseert.

GRS

Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit.

IAEA

Het Internationaal Atoom Energie Agentschap van de Verenigde Naties in Wenen.

INES

International Nuclear Event Scale.

IVC

Industriële Veiligheidscommissie.

Kernsmeltfrequentie

Een maat voor de kans dat de kern door oververhitting frequentie beschadigd raakt. Wordt berekend met probabilistische methoden.

Kwartiel

Kwart, vijftienvintig procent van een omschreven hoeveelheid.

Matrix

Geordend systeem van atomen, materiaal.

Mean Time between Failure

Gemiddelde tijd tussen falen, een methode om de betrouwbaarheid van onderdelen te vergelijken.

Mean Time to Repair

De gemiddelde duur van een reparatie, inclusief oproeptijden en aanlevertijden van reserve-onderdelen.

Probabilistisch Safety Analysis (PSA)

De probabilistische veiligheidsanalyse gaat uit dat zelfs onwaarschijnlijke gebeurtenissen (en combinaties daarvan) kunnen voorkomen. Enkelvoudig of meervoudig falen en menselijke fouten worden in relatie gebracht met hun (realistische) kans op optreden.

RBVC

De Reactor Bedrijfsveiligheids Commissie, bestaat uit specialisten en middle-managers uit de eigen organisatie van EPZ. Houdt toezicht op de veiligheid.

Redundant, redundantie

Overvloedig, meervoudig uitgevoerd.

RESA

ReaktorSchnellAbschaltung.

SALTO

Safe Long Term Operation Peer Review team van de IAEA.

SED

Site Emergency Director, leider van de alarmstaf.

(micro)Sievert

Eénheid voor het meten van de stralingsdosis waaraan een mens in een bepaalde periode is blootgesteld.

State of the Art

Vaardigheden en technieken van het hoogstbeschikbare niveau.

WANO

World Association of Nuclear Operators, internationale vakorganisatie, gericht op kennisuitwisseling en verbeteren van (veiligheids)prestaties.

Contact

N.V. Elektriciteits-Produktiemaatschappij Zuid-Nederland EPZ

Bezoekadres:

Zeedijk 32, 4454 PM te Borssele

(Wilhelminahofweg bij gebruik van navigatiesysteem)
Havennummer 8099

Postadres:

Postbus 130, 4380 AC Vlissingen

Telefoon:

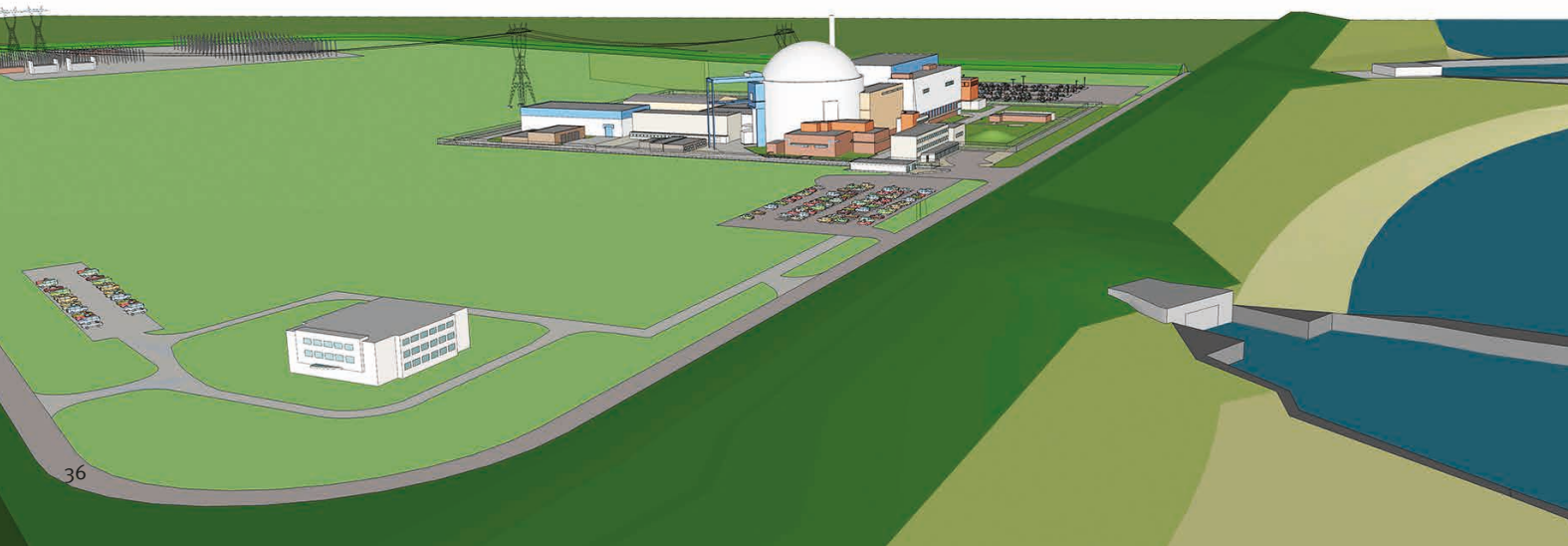
0113 356 000

E-mail:

info@epz.nl

Websites:

www.epz.nl
www.blikindebol.nl



EPZ

**voortdurend
verbeteren**