
Ontwerpveiligheid van de reactoren Doel-1 en Doel-2



Veiligheidsanalyse volgens de methode van de Borssele Benchmark Commissie

door Stichting Laka, 17 januari 2016

De veiligheid van de kernreactoren Doel-1 en Doel-2

Ontwerpveiligheidsevaluatie kernreactoren Doel-1 en Doel-2 volgens de methodiek van de Borssele Benchmark Commissie

In 2006 is vastgelegd dat de Nederlandse kerncentrale Borssele bij de 25% veiligste kerncentrales van Europa, de Verenigde Staten en Canada moet blijven behoren om open te mogen blijven tot 2033. Dit rapport beschrijft hoe aan de hand van de methode die voor deze veiligheidsbenchmark is ontwikkeld de relatieve ontwerpveiligheid van de Belgische kernreactoren Doel-1 en Doel-2 kan worden bepaald.

De voorwaarde om bij de 25% veiligste kerncentrales te moeten behoren, is vastgelegd in het Borssele Convenantⁱ. Dit convenant is in 2006 is gesloten tussen de Nederlandse Rijksoverheid en de elektriciteitsbedrijven EPZ, Essent en het Zeeuwse Delta – de eigenaren van kerncentrale Borssele. Om vast te stellen of Borssele aan de voorwaarden van het Convenant voldoet, is in 2008 de Borssele Benchmark Commissie in het leven geroepen. Deze Commissie, waarvan twee leden door EPZ, Essent en Delta, twee door de Rijksoverheid en de voorzitter gezamenlijk zijn benoemdⁱⁱ, moet iedere vijf jaar de veiligheid van de kerncentrale evalueren.

In haar eerste Benchmark-rapport dat in 2013 uitkwam, concludeert de Commissie unaniem dat Kerncentrale Borssele “overtuigend behoort tot de groep van 25% veiligste watergekoelde en watergemodereerde reactoren in de EU, VS en Canada”ⁱⁱⁱ. Deze conclusie wordt door de eigenaren van kerncentrale Borssele, de Minister van Economische Zaken en door de Tweede Kamer, het Nederlandse Parlement, aanvaard. Het volgende benchmarkrapport wordt in 2018 verwacht.

In de benchmark evaluatie wordt de veiligheid van Kerncentrale Borssele vergeleken met die van ongeveer 250

andere kernreactoren in Europa, de Verenigde Staten en Canada – de zogenaamde 'benchmarkset'. In haar rapport geeft de Commissie een algemene beschrijving van de door haar gehanteerde methode en werkwijze. Zo gebruikt de Commissie voor haar evaluatie behalve openbare gegevens ook gegevens die vertrouwelijk ter beschikking zijn gesteld. Dit op voorwaarde dat de waardering van een afzonderlijke installatie niet uit het rapport van de Commissie te herleiden is^{iv}.

In haar rapport beschrijft de Commissie de door haar gehanteerde methode: Men heeft twee veiligheidsevaluaties verricht; één van het reactorontwerp en één van de bedrijfsvoering. Om aan de voorwaarden van het Borssele Convenant te voldoen moet volgens de Commissie een installatie bij de top-25% van beide evaluaties behoren.

Zonder beschikking te hebben over de door de Benchmarkcommissie gebruikte gegevens, is het lastig gebleken om de *bedrijfsvoeringsevaluatie* van de Commissie te repliceren^v. Het lijkt echter wel mogelijk om aan de hand van de door de Benchmarkcommissie beschreven methode de *veiligheidsevaluatie* van reactorontwerpen te herhalen. Daarop gaan we in dit rapport dan ook verder in.

Veiligheidsevaluatie van een reactorontwerp volgens de Benchmarkcommissie

De Benchmarkcommissie beschrijft haar

methode voor de veiligheidsevaluatie van

een reactorontwerp in hoofdstuk 3 van het in 2013 verschenen rapport^{vi}. De methode komt er op neer dat men vier ontwerpaspecten met grote veiligheidsrelevantie voor een kernreactor heeft geselecteerd, waaraan vier afzonderlijke waarderingen zijn toegekend.

Deze vier ontwerpaspecten zijn:

- Redundantie en diversiteit van veiligheidssystemen;
- Ontwerp van de insluitingconstructie;
- Beschikbaarheid van gebunkerde

veiligheidssystemen;

- Beheerssystemen voor ernstige ongevallen.^{iv}

Iedere reactor in de benchmarkset kreeg voor elk van deze aspecten een waardering tussen 0 en 3 punten. Een installatie kon voor deze vier aspecten samen dus minimaal 0 en maximaal 12 punten scoren.

Uit het Benchmarkrapport blijkt dat alle kernreactoren in de benchmarkset 4 of meer punten scoren, en dat de bulk van de reactoren minder dan 8 punten scoort (Grafiek 1).



Grafiek 1: Verdeling kernreactoren over de veiligheidsbenchmark^{vi}

Installaties met meer dan 6 punten (ongeveer 60 installaties) behoren volgens deze analyse qua ontwerp tot de 25% veiligste kernreactoren. Kerncentrale Borssele scoorde 9 punten. Conform de afspraken die de Benchmarkcommissie heeft gemaakt met exploitanten, zijn de scores van overige installaties niet bekendgemaakt. De vier geëvalueerde ontwerpaspecten zijn echter bekende

concepten uit de nucleaire industrie, waardoor het mogelijk is om aan de hand van openbaar beschikbare informatie over de ontwerpaspecten, alsnog de score op ontwerpveiligheid van individuele installaties vast te stellen.

Hieronder wordt dit gedaan voor de Belgische kernreactoren Doel-1 en Doel-2.

Ontwerpveiligheidsevaluatie Doel-1 en Doel-2

Redundantie en diversiteit van veiligheidssystemen:

REDUNDANCY AND DIVERSITY		
	PWR / PHWR	BWR
1	2 x 100% ¹⁾ or less redundancy in emergency core cooling system; No diversity in auxiliary feedwater system	No redundancy in high pressure coolant injection; 2 x 100% or 3 x 50% in low pressure coolant injection; 1 x 100% in core spray
2	More than 2 x 100% redundancy in emergency core cooling system; No diversity in auxiliary feedwater system OR 2 x 100% redundancy in emergency core cooling system; Diversity in auxiliary feedwater system	Redundancy, no diversity in high pressure coolant injection; 4 x 50% or 3 x 100% in low pressure coolant injection; 1 x 100% in core spray OR No redundancy in high pressure coolant injection; 4 x 50% or 3 x 100% in low pressure coolant injection; 2 x 100% in core spray
3	More than 2 x 100% redundancy in emergency core cooling system; Diversity in auxiliary feedwater system	Redundancy and diversity in high pressure coolant injection; 4 x 50% or 3 x 100% in low pressure coolant injection; 2 x 100% in core spray

1) 2 x 100% redundancy implies that one of two system parts is sufficient to fulfil the required function.
4 x 50% redundancy implies that two of the four available system parts are sufficient to fulfil the required function.

Scoretabel 1: Redundantie en diversiteit van veiligheidssystemen^{vi}

Reactoren Doel-1 en Doel 2 beschikken over:

- 2x100% or less redundancy in emergency core cooling system;
- Geen “Diversity in auxiliary feedwater system” gevonden^{vii}

Ze scoren zodoende 1 punt op “Redundantie en diversiteit van veiligheidssystemen”

Beschikbaarheid van gebunkerde veiligheidssystemen:

BUNKERED SYSTEMS	
1	Bunkered systems withstanding conventional hazards of natural and human origin.
2	Bunkered systems withstanding conventional hazards and with limited resistance against modern threats.
3	Bunkered systems withstanding both conventional and modern threats.

Scoretabel 2: Gebunkerde systemen^{vi}

Het splijtstofcontainergebouw bij kerncentrale Doel is niet gebunkerd:

Dry storage in metallic dual purpose casks in a non-bunkered concrete building at the Doel site^{viii}

De kerncentrale Doel (reactoren 1-4) krijgt dus 0 punten voor “Beschikbaarheid van gebunkerde veiligheidssystemen”.

Ontwerp van de insluitingconstructie:

CONTAINMENT	
1	Pressure suppression containment (all types) or full pressure dry single containment
2	Full pressure double wall containment
3	Full pressure double wall containment capable to withstand a crash of an aircraft

Scoretabel 3: Veiligheidsinsluiting^{vi}

De insluitingconstructies van de Kernreactoren Doel worden als volgt omschreven:

Apart from the Doel 1 & 2 units, in which the primary containment is a metal sphere, the primary containment of all other units is a prestressed concrete structure with on the inside a steel liner. The secondary containment is in reinforced concrete at all units.^{ix}

Met betrekking tot de weerstand bij het neerstorten van een vliegtuig:

Eenheden 1 en 2 van Doel werden ontworpen conform de eenheden die op dat moment wereldwijd werden gebouwd, wat betekent dat er in het ontwerp van Doel 1 en 2 geen rekening werd gehouden met een vliegtuigval^x

De reactoren Doel-1 en Doel-2 krijgen hiermee 2 punten voor het ontwerp van de insluitingconstructie.

Beheerssystemen voor ernstige ongevallen:

SEVERE ACCIDENT MANAGEMENT	
1	Monitoring, use of existing means, no plant specific SAMGs.
2	Monitoring, use of existing means following plant specific SAMGs.
3	SAMGs and dedicated hardware or modified existing hardware.

Scoretabel 4: Beheerssystemen voor ernstige ongevallen^{vi}

Er bestaan centrale-specifieke beheerssystemen/richtlijnen voor ernstige ongevallen

(Severe Accident Management guidelines) voor de kerncentrales Doel en Tihange:

[T]he paper also describes the content of the 'Severe Accident Management Guidelines' developed by Tractebel for the Tihange NPPs and for the Doel NPPs.^{xi}

Met betrekking tot de “modified and existing hardware”: hier worden de volgens de Benchmarkcommissie onder andere de volgende systemen onder verstaan:

- “Connections of the station grid to adjacent stations”;

Kerncentrale Doel bestaat uit vier reactoren; Wij nemen derhalve aan dat Doel-1 en Doel-2 hier voldoende scoren.

- “Feed and bleed”-capability;

Niet expliciet benoemd gevonden voor reactoren Doel-1 en Doel-2

- “Cavity flooding”;

In Doel, the reactor cavity will be flooded before vessel failure as the reactor cavity geometry should allow for quenching the corium into a coolable geometry at the bottom of the cavity. Provided that long-term continuous cavity flooding is ensured after vessel failure, basemat melt-through is believed to be avoidable.^{xii}

- “Filtered venting”;

Currently, no [Filtered Containment Venting System] in any Belgian NPP but in the 4 Doel NPPs: non-filtered containment venting possible through manual opening/closure of containment isolation valves^{xiii}

- “Passive autocatalytic recombiners”;

By the end of 1998, all seven Belgian plants will be equipped with [Passive Autocatalytic Recombiner]s.^{xiv}

Uit het rapport van de Benchmarkcommissie wordt niet 100% duidelijk of alle benoemde hardware aanwezig dient te zijn voor deze score. Omdat de installaties Doel-1 en 2 kennelijk over drie (/vier) van de vijf genoemde systemen beschikken, menen we daarom dat er voldoende “modified and existing hardware” voor ernstige ongevallen aanwezig is.

Hiermee hebben de reactoren Doel-1 en Doel-2 voor “Beheerssystemen voor ernstige ongevallen” 3 punten gekregen.

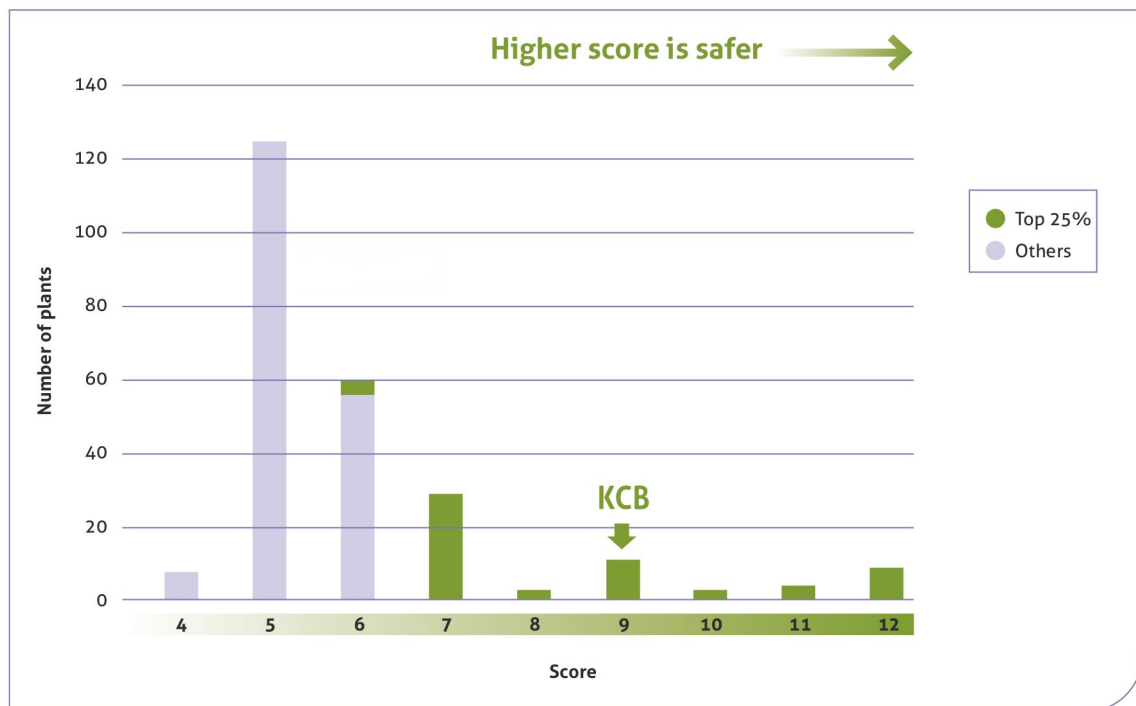
Totale score reactoren Doel-1 en Doel-2:

Redundantie en diversiteit van veiligheidssystemen	1
Beschikbaarheid van gebunkerde veiligheidssystemen	0
Ontwerp van de insluitingconstructie	2
Beheerssystemen voor ernstige ongevallen	3
Score ontwerpveiligheid Doel-1 en Doel-2	6

Positie van Doel-1 en Doel-2 in de Benchmarkset

Volgens de Benchmarkcommissie zaten er “ongeveer” 250 kernreactoren in de benchmarkset. In grafiek 1 tellen wij er inderdaad 252. In deze veiligheidsevaluatie

konden maximaal 12 punten worden toegekend. De Benchmarkcommissie geeft dit weer in de volgende geanonimiseerde grafiek.



Grafiek 2: Distribution of plant scores and top 25% group for design safety^{vi}

In deze grafiek zien we dat de Benchmarkcommissie iets apart doet: Een deel van de reactoren die 6 punten scoren zijn ingedeeld bij de top-25% – deze zijn groen. Een ander deel van de reactoren met 6 punten is lichtgrijs gemarkeerd – dus deze zitten volgens de Benchmarkcommissie kennelijk niet bij de top-25%.

Op zich is dit voor het benchmarkrapport niet verkeerd, omdat men voor het Benchmarkrapport alleen geïnteresseerd was in de relatieve positie van Kerncentrale Borssele. Deze scoort met 9 punten inderdaad in de top-25% van deze ontwerpveiligheidsevaluatie.

Echter, aangezien reactoren Doel-1 en Doel-2 met 6 punten zijn gewaardeerd moeten we vaststellen of deze nu wel of niet bij de 25% veiligste kernreactoren uit de benchmarkset behoren.

Volgens de *kwartielenanalyse* is het zogenaamde 'derde kwartiel' de mediaan

Conclusie

De kernreactoren Doel-1 en Doel-2 zitten volgens de methode van de Benchmarkcommissie *niet* bij de veiligste vijfentwintig procent veiligste kerncentrales in de ontwerpveiligheidsanalyse.

Een kernreactor dient volgens de Benchmarkcommissie in zowel de ontwerpveiligheidsevaluatie als voor de bedrijfsvoeringsevaluatie tot de vijfentwintig procent veiligste kernreactoren van de

van de tweede helft van de waarnemingsgetallen. In dit geval is dat 6.^{xv}

Met andere woorden: De grens van 75% ligt precies bij rating 6. Alleen reactoren met een rating *hoger dan 6* zitten boven het derde kwartiel, dwz. bij de top-25%.

benchmarkset te behoren om tot de vijfentwintig procent veiligste kernreactoren van Europese Unie, de Verenigde Staten van Amerika en Canada te behoren.

De kernreactoren Doel-1 en Doel-2 behoren daarmee niet tot de vijfentwintig procent veiligste kernreactoren van Europese Unie, de Verenigde Staten van Amerika en Canada.

Bronnen

- i [Convenant Kerncentrale Borssele](#), Goes, 16 juni 2006: "EPZ zorgt ervoor dat de KCB blijft behoren tot de vijfentwintig procent veiligste watergekoelde en watergemodereerde vermogensreactoren in de Europese Unie, de Verenigde Staten van Amerika en Canada."
- ii In 2008 is de heer W.K. Wiechers aangesteld als voorzitter van de Borssele Benchmark Commissie. In 2014 werd hij opgevolgd door de heer P. Nabuurs.
- iii [De veiligheid van de kerncentrale Borssele](#), Samenvatting en conclusies, Borssele Benchmark Commissie, september 2013.
- iv Cf. correspondentie van Laka met de voorzitter van de Benchmarkcommissie, 2015.
- v Zie berichtgeving uit 2013 op <http://www.laka.org/nieuws/2013/kerncentrale-borssele-en-de-ucl-factor-2098/>
- vi Zie [The Safety of Borssele Nuclear Power Station](#), hoofdstuk 3: Evaluation of Design Safety.
- vii [Rapport Weerstandstesten Kerncentrale Doel](#), 31 oktober 2011 – "De reactor in Doel 1&2 kan desnoods gekoeld worden door de AFW-turbopomp." (p. 62), dwz er is één AFW-systeem, en dus geen diversiteit.
- viii IAEA: [Safety And Engineering Aspects Of Spent Fuel Storage](#), 1994, p. 31
- ix [National report of Belgium to the Sixth Meeting Of The Contracting Parties To The Convention On Nuclear Safety](#) p. 96, augustus 2013
- x [Rapport Weerstandstesten Kerncentrale Doel](#), aanvullend rapport 'Man-made events', 31 oktober 2011.
- xi [Severe Accident Management Measures Introduced in Belgian NPP's](#), Workshop on the implementation of severe accident management measures; Wuerenlingen (Zwitserland); 10-13 september 2001
- xii [Sixth Convention on Nuclear Safety](#): Questions Posted to Belgium, antwoord op vraag 25, juni 2014
- xiii [Severe Accident Activities in Belgium](#), dia 19, presentatie bij de IAEA door BelV, oktober 2013
- xiv [Introduction to severe accidents](#), p. 11, AIB Vinçotte Nuclear, 27 november 1997
- xv Dr. Aart: Statistiek » [Spreidingsbreedte en kwartielen](#), geraadpleegd op 16 januari 2016.

Stichting Laka
Ketelhuisplein 43
1054 RD Amsterdam

020 - 616 8294

info@laka.org
www.laka.org

Stichting

LAKA

Analyseert, informeert en activeert