



**FANC**

FEDERAAL AGENTSCHAP VOOR  
NUCLEAIRE CONTROLE

**RAPPORT**

**BENCHMARK  
NUCLEAIRE  
VEILIGHEIDSVEREISTEN**

**IN BINNEN- EN  
BUITENLAND**

Maart 2025

## Inhoudstafel

Inhoudstafel .....	2
Afkortingen & begrippen .....	3
1. Inleiding en scope .....	5
2. Regelgeving & omzetting van WENRA 'Safety Reference Levels for Existing Reactors' .....	7
2.1. WENRA .....	7
2.2. België .....	7
2.3. Duitsland .....	8
2.4. Frankrijk .....	9
2.5. Nederland .....	9
2.6. Zwitserland .....	10
3. Reglementaire aanpak voor de sleutelonderwerpen .....	11
3.1. Vliegtuigval .....	11
3.2. Aardbeving .....	17
3.3. Gedeelde systemen .....	22
3.4. Automatisch/autonoom functioneren .....	25
4. Overzicht van de gekende status voor reactoren in België en het buitenland .....	29
4.1. Vliegtuigval .....	29
4.2. Aardbeving .....	33
4.3. Gedeelde systemen .....	36
4.4. Automatisch/autonoom functioneren .....	38
5. Conclusie .....	41
Annex A – Karakteristieken van de beschouwde reactoren .....	44

---

## Document History Log

Revisie	Datum revisie	Beschrijving van de wijziging
0	2025-03-31	Initiële versie

## Afkortingen & begrippen

ANVS	Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming, Nederlandse nucleaire veiligheidsautoriteit
ARBIS	Koninklijk besluit van 20/07/2001 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende stralingen
ASNR	Autorité de Sûreté Nucléaire et de Radioprotection, Franse nucleaire veiligheidsautoriteit
AtG	Atomgesetz, Duitse wet
Bel V	Technisch filiaal van het FANC
BMUV	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, Duitse federale nucleaire veiligheidsautoriteit
ENSI	Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat, Zwitserse nucleaire veiligheidsautoriteit
FANC	Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle
KB VVKI	Koninklijk besluit van 30/11/2011 houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties
KEV	Kernenergieverordnung, Zwitserse ordonnantie
KTA	Kerntechnische Ausschuss, Duitse commissie
LTO	Long Term Operation, langetermijuitbating
Ontwerpbasis	De reeks omstandigheden en gebeurtenissen waarmee rekening is gehouden, initieel en met inbegrip van upgrades, overeenkomstig vastgestelde criteria, op zodanige wijze dat de installatie weerstand kan bieden aan die gebeurtenissen zonder dat de vergunde grenswaarden worden overschreden bij de geplande werking van de veiligheidssystemen. Analyses binnen de ontwerpbasis moeten conservatief zijn en beschikken over marges.
Ontwerpuitbreiding	De reeks omstandigheden en gebeurtenissen die complexer of ernstiger zijn dan diegene die deel uitmaken van de ontwerpbasis. Deze omstandigheden kunnen worden veroorzaakt door meerdere initiërende gebeurtenissen, meerdere falingen, zeer onwaarschijnlijke gebeurtenissen of kunnen gepostuleerde omstandigheden zijn. Analyses binnen de ontwerpuitbreiding mogen gebruik maken van meer flexibelere en minder conservatieve methodes dan voor de ontwerpbasis.
Overschrijdingsfrequentie van $10^{-4}/10^{-5}$ per jaar	Een gebeurtenis (e.g. aardbeving) die gemiddeld gezien in een periode van 10.000 jaar ( $10^{-4}$ per jaar) / 100.000 jaar ( $10^{-5}$ per jaar) éénmaal voorkomt. De gebeurtenis met een overschrijdingsfrequentie van $10^{-5}$ per jaar is zwaarder dan die van $10^{-4}$ per jaar.

PSR	Periodic Safety Review, periodieke veiligheidsherziening die minstens elke 10 jaar dient te gebeuren
PWR	Pressurized Water Reactor, drukwaterreactor
RSK	Reaktor-Sicherheitskommission, Duits adviesorgaan
SiAnf	Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke, Duitse richtlijn
SUR	Système d'Ultime Repli, noodstelsel in Tihange 1
SURe	SUR étendu, bijkomend uitgebreid noodstelsel in Tihange 1
VOBK	Handreiking voor een veilig ontwerp en het veilig bedrijven van kernreactoren, Nederlandse richtlijn
WENRA	Western European Nuclear Regulators' Association
WENRA SRLs	WENRA Safety Reference Levels, referentieniveaus van WENRA
Probabilistische analyse	Methode om de veiligheid of prestaties van een systeem te evalueren door rekening te houden met onzekerheden en kansen in de invoerparameters & modellen en om becijferde risicoschattingen te bekomen.
Deterministische analyse	Methode waarbij een enkele numerieke waarde wordt gebruikt voor sleutelparameters (zonder rekening te houden met de kans), wat resulteert in één enkele uitkomst. Het is een methode waarbij je uitgaat van een specifiek vast scenario en via vooraf bepaalde aannames en regels het resultaat berekent.

## 1. Inleiding en scope

België beschikt op zijn grondgebied over 7 kernreactoren die opgericht zijn voor de productie van elektriciteit. Het gaat om 4 reactoren op de site van de kerncentrale van Doel en 3 reactoren op de site van de kerncentrale van Tihange. Deze reactoren zijn allen van het type PWR (*Pressurized Water Reactor*, drukwaterreactor). Bij het ontwerp en de bouw van deze reactoren beschikte België niet over een nationale regelgeving met uitgebreide veiligheidsvereisten voor nucleaire installaties. Daarom werd ervoor gekozen om buitenlandse (hoofdzakelijk Amerikaanse) veiligheidsregels en -normen in acht te nemen. Mettertijd kwamen er nieuwe inzichten en evoluties in veiligheidsregels en -normen en in ontwerpprincipes, waardoor het specifieke ontwerp van elke reactor afhangt van het tijdstip waarop hij werd gebouwd.

De oprichtings- en exploitatievergunning werd voor elke reactor dan ook afgeleverd op basis van de gekozen veiligheidsregels en -normen die vastgelegd zijn in het 'veiligheidsrapport' van de reactor. Daarna gebeurde er, zoals in alle Europese landen verplicht is, elke tien jaar een periodieke veiligheidsherziening (PSR, *Periodic Safety Review*), met als doel de nucleaire veiligheid van de installaties diepgaand te evalueren ten opzichte van de normen en standaarden van dat moment, en waar nodig verbeteringsmaatregelen te implementeren.

De *Western European Nuclear Regulators' Association* (WENRA) bestaat o.a. uit de veiligheidsautoriteiten van alle lidstaten van de Europese Unie waar kerncentrales in uitbating zijn, zoals het FANC. In de periode 2006-2008 publiceerde WENRA een selectie van '*Safety Reference Levels for existing reactors*' (WENRA SRLs). Bij de toenmalige benchmark bleek dat in België de meerderheid van de WENRA SRLs nageleefd werden op het terrein, maar dat ze niet expliciet in de regelgeving stonden. Aangezien de veiligheidsautoriteiten die lid zijn van WENRA zich ertoe verbonden hebben om de nodige initiatieven te nemen voor een harmonisatie van hun reglementair kader op basis van de WENRA SRLs, startte het FANC een regelgevend initiatief op dat geleid heeft tot het koninklijk besluit van 30 november 2011 houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties (KB VVKI).

Sinds de originele publicatie van de WENRA SRLs, heeft WENRA deze verder aangepast. Zoals in 2014, om rekening te houden met de lessen die werden getrokken uit het nucleair ongeval in Fukushima-Daiichi (ten gevolge van de onderzeese aardbeving nabij Sendai en de daaropvolgende tsunami op 11/03/2011). De meest recente aanpassing van de WENRA SRLs dateert van 2020. Het KB VVKI is ook telkens aangepast om rekening te houden met de herziene WENRA SRLs.

Het regeerakkoord van de federale regering, zoals gepubliceerd op [belgium.be](http://belgium.be), stelt in het hoofdstuk Energie dat het FANC gevraagd wordt om een rapport aan te leveren om de veiligheidsvereisten voor nucleaire installaties in België te vergelijken met deze in landen met vergelijkbare technologie. Deze vraag werd door de voogdijminister van het FANC, minister van Binnenlandse Zaken Bernard Quintin, formeel gesteld aan het FANC per brief dd. 26/02/2025. Om aan deze vraag te voldoen, heeft het FANC een selectie gemaakt van landen om mee te vergelijken. Hierbij werden de volgende criteria gehanteerd:

- Aanwezigheid van reactoren met vergelijkbare technologie, van het type PWR, die gebouwd zijn in dezelfde periode als de eerste generatie van Belgische reactoren (Doel 1&2 en Tihange 1);
- Beschikbaarheid van voldoende publiek toegankelijke informatie omtrent de veiligheidsvereisten voor reactoren om een vergelijking mogelijk te maken;
- Lidmaatschap van de veiligheidsautoriteit bij WENRA.

Op basis van deze criteria werden **Duitsland, Frankrijk, Nederland** en **Zwitserland** geselecteerd om in dit rapport vergeleken te worden.

Deze landen hebben net als België de WENRA SRLs omgezet in hun nationaal reglementair kader (of zijn hier nog mee bezig). Niet elk land heeft daarbij voor dezelfde aanpak gekozen. Een beknopte samenvatting van het reglementair kader en de wijze waarop de WENRA SRLs daar in rekening zijn gebracht, is daarom gegeven in *§2 - Regelgeving & omzetting van WENRA 'Safety Reference Levels for Existing Reactors'*.

Bij de omzetting van de WENRA SRLs (van 2014) in de Belgische regelgeving in 2020, werden er bijkomende specifiek Belgische veiligheidsvereisten en verduidelijkingen opgenomen, zoals de weerstand tegen vliegtuigval, gedeelde systemen en automatisch/autonoom functioneren. Deze vormen, samen met de weerstand tegen aardbevingen, belangrijke gekende inhoudelijke aandachtspunten op vlak van ontwerp voor een potentiële verdere uitbating van de eerste generatie van Belgische reactoren. Daarom wordt de regelgeving over deze vier 'sleutelonderwerpen' voor alle geselecteerde landen besproken in *§3 - Reglementaire aanpak voor de sleutelonderwerpen*.

Omdat een vergelijking tussen verschillende landen niet steeds eenduidig mogelijk is op basis van enkel de regelgeving, verwijst dit rapport ook naar de huidige status voor specifieke reactoren. De gekozen reactoren omvatten voor België zowel de eerste generatie reactoren (**Doel 1&2** en **Tihange 1**) als de meest recente reactoren (**Doel 4** en **Tihange 3**). Voor de andere landen koos het FANC als meest relevante reactoren<sup>1</sup>, **Gravelines** (Frankrijk), **Borssele** (Nederland) en **Beznau 1** (Zwitserland). Ter informatie is in *Annex A - Karakteristieken van de beschouwde reactoren* een overzicht gegeven van enkele basisgegevens voor deze reactoren. Deze status, voor zover gekend door het FANC en zijn filiaal Bel V, wordt gegeven voor dezelfde vier 'sleutelonderwerpen' en is samengevat in *§4 - Overzicht van de gekende status voor reactoren in België en het buitenland*.

Dit rapport kwam tot stand dankzij de medewerking van collega's van het FANC, van het technisch filiaal Bel V en van de buitenlandse veiligheidsautoriteiten BMUV (Duitsland), ASNR (Frankrijk), ANVS (Nederland) en ENSI (Zwitserland). Per land heeft het FANC eerst een beschrijving gemaakt van de reglementering en de situatie van de gekozen reactor op basis van o.a. de verslagen voor de 'Convention on Nuclear Safety', de stresstestverslagen (uitgevoerd na het ongeval in Fukushima-Daiichi), uitwisselingen binnen WENRA en andere publieke documenten. Deze voorstellen werden voor elk land overgemaakt aan de betrokken veiligheidsautoriteiten (i.e. BMUV, ASNR, ANVS, ENSI) voor feedback, samen met enkele vragen. De ontvangen opmerkingen en antwoorden<sup>2</sup> zijn meegenomen bij het finaliseren van het rapport.

Bij de redactie van dit rapport werd verzekerd dat het geen vertrouwelijke of geheime informatie bevat. Aspecten betreffende nucleaire beveiliging werden ook buiten de scope van dit rapport gehouden.

---

<sup>1</sup> Er bestaat geen Duitse reactor die opgeleverd is mid-jaren 70 en die tot recent uitgebaat werd. Daarom is er geen Duitse reactor weerhouden.

<sup>2</sup> Een meer uitgebreide beschrijven van het Duitse reglementair kader (met een focus op de weerstand tegen aardbevingen en vliegtuigval) en de uitgevoerde analyses en veiligheidsmaatregelen in de nasleep van het ongeval in Fukushima-Daiichi, werd door de BMUV ter beschikking gesteld aan het FANC. Er kon slechts een ingekorte en vereenvoudigde versie van deze beschrijving opgenomen worden in dit rapport. De BMUV heeft benadrukt dat deze meer uitgebreide beschrijving geconsulteerd moet worden om een volledig en compleet beeld van de Duitse situatie te bekomen.

## 2. Regelgeving & omzetting van WENRA 'Safety Reference Levels for Existing Reactors'

### 2.1. WENRA

Binnen de WENRA-groepering van veiligheidsautoriteiten was begin de jaren 2000 een werkgroep actief die streefde naar een verdere harmonisatie van de aanpak in de Europese landen op het gebied van nucleaire veiligheid. De term 'harmonisatie' betreft zowel de regelgeving als de implementatie op het terrein en werd gedefinieerd als: *"no substantial differences between countries from the safety point of view in generic formally issued national safety requirements, and in the resulting implementation on the Nuclear Power Plants"*.

De werkzaamheden van deze werkgroep hebben geleid tot de selectie van een reeks referentieniveaus voor de veiligheid van de bestaande kernreactoren. De eerste versie van deze referentieniveaus of WENRA SRLs werd in 2008 gepubliceerd. De oorsprong van de WENRA SRLs is te vinden in de talrijke veiligheidsrichtlijnen en -normen die het Internationaal Atoomenergieagentschap (IAEA) heeft uitgegeven. Deze WENRA SRLs hebben enkel betrekking op de bestaande reactoren voor elektriciteitsproductie.

De leidinggevende personen van de veiligheidsautoriteiten die lid zijn van WENRA hebben zich ertoe verbonden de nodige initiatieven te nemen voor een harmonisatie van hun reglementair kader op basis van de WENRA SRLs en te verzekeren dat deze op het terrein geïmplementeerd werden.

Wat de omzetting van de WENRA SRLs betreft, heeft elk land een zekere vrijheid om te bepalen hoe dit gebeurt (op niveau van wetten, decreten, richtlijnen, ...). Bepaalde landen waar reeds een uitgewerkt kader van veiligheidsvoorschriften bestond, kozen ervoor om deze te amenderen of uit te breiden waar nodig. Andere landen kozen ervoor om een nieuw algemeen kader van veiligheidsvoorschriften te ontwikkelen waarin alle referentieniveaus werden opgenomen. Deze SRLs zijn dan ook opgesteld als minimale vereisten voor bestaande reactoren, waarbij elk land nog de vrijheid heeft om een eigen aanpak en bijkomende eisen te hanteren indien ze dat noodzakelijk vindt om zijn bevolking te beschermen.

Een belangrijk principe voor WENRA bij de omzetting in het reglementair kader is dat deze vereisten steeds formeel moeten worden vastgelegd op een publieke en transparante manier en dat ze ook generiek moeten zijn voor alle betrokken exploitanten (d.w.z. dat het opnemen van een dergelijke vereiste via de vergunning of het veiligheidsrapport niet volstaat).

### 2.2. België

In België wordt het reglementair kader voor nucleaire veiligheid gevormd door de FANC-wet (wet van 15 april 1994 betreffende de bescherming van de bevolking en van het leefmilieu tegen de uit ioniserende stralingen voortspruitende gevaren en betreffende het Federaal Agentschap voor Nucleaire Controle) en de uitvoeringsbesluiten hiervan. Voor nucleaire veiligheid zijn dat het ARBIS (koninklijk besluit van 20 juli 2001 houdende algemeen reglement op de bescherming van de bevolking, van de werknemers en het leefmilieu tegen het gevaar van de ioniserende stralingen) en het KB VVKI (koninklijk besluit van 30 november 2011 houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties).

Aanvullend hierop kan het FANC reglementen opstellen voor technische onderwerpen, voor zover dit voorzien is in een KB of een wet. Deze technische reglementen zijn bindend. Ten slotte brengt het FANC, net als zijn filiaal Bel V, niet-bindende nota's en richtlijnen uit. Die verduidelijken de verwachtingen en/of beschrijven een aanpak die door de veiligheidsautoriteit aanvaardbaar wordt geacht.

Alle WENRA SRLs zijn op bindende wijze omgezet naar de Belgische regelgeving via (voornamelijk) het KB VVKI. Dit nieuwe koninklijk besluit werd opgesteld rekening houdend

met de structuur en thema's van de WENRA SRLs. Hierbij werd een onderscheid gemaakt tussen generieke voorschriften (die geldig zijn voor alle nucleaire installaties van klasse I) en specifieke voorschriften enkel geldig voor de 'vermogensreactoren'. Later werd dit KB VVKI nog uitgebreid met specifieke voorschriften voor opslaginstallaties voor radioactief afval en verbruikte kernbrandstof, onderzoeksreactoren, ...

De ontwikkeling van deze nieuwe regelgeving gebeurde steeds in overleg met de betrokken exploitant, die opmerkingen kon geven over de voorgestelde vereisten. De exploitant moest ook een praktisch actieplan voorstellen om de naleving van de (nieuwe) vereisten te verzekeren. Aangezien bepaalde voorschriften een link hebben met het ontwerp van de installaties, zijn daar ook op een pragmatische manier de nodige overgangstermijnen voor voorzien. Deze overgangstermijnen lopen in de regel tot de volgende periodieke veiligheidsherziening van de reactor (e.g. 2015 voor Doel 1&2 en Tihange 1 wat betreft de eerste voorschriften van het KB VVKI van 2011).

Bij de omzetting van de 2014-herziening van de WENRA SRLs in het KB VVKI (in 2020) werd er bewust voor gekozen om enkele aanvullende vereisten toe te voegen gerelateerd aan de specifieke situatie in België, alsook om bepaalde minder duidelijke en/of ambigue eisen te verduidelijken of te herformuleren (zie bespreking in §3 - *Reglementaire aanpak voor de sleutelonderwerpen*). Deze keuze voor aanvullende vereisten werd gemaakt om ervoor te zorgen dat de oudste reactoren het veiligheidsniveau van de meest recente Belgische reactoren zouden benaderen. De overgangperiode die daarvoor voorzien was, liep opnieuw tot de volgende periodieke veiligheidsherziening (i.e. 2025 voor Doel 1&2 en Tihange 1).

### 2.3. Duitsland

De Duitse kernenergiewet, de AtG (*Atomgesetz, Atomic Energy Act*) stipuleert dat een vergunning enkel verleend kan worden indien de nodige voorzorgsmaatregelen, volgens de huidige stand van de wetenschap en technologie, zijn getroffen tegen schade die wordt veroorzaakt door de oprichting en de werking van de installatie.

De BMUV (i.e. de Duitse federale nucleaire veiligheidsautoriteit) brengt richtlijnen uit. Die zijn niet rechtstreeks bindend voor de nucleaire installaties. Echter, door ze in rekening te brengen in de vergunning of bij besluit van de regionale nucleaire veiligheidsautoriteit, kunnen deze richtlijnen wel bindend worden.

De BMUV heeft de SiAnf (*Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke, Safety Requirements for Nuclear Power Plants*) uitgebracht; dat is een dergelijke richtlijn met veiligheidsvereisten voor kerncentrales. De SiAnf bevat de fundamentele en overkoepelende veiligheidsvereisten die dienen om dergelijke voorzorgsmaatregelen volgens de huidige stand van de wetenschap en technologie (cfr. de AtG) te verduidelijken. Bij het opstellen van de SiAnf werden de WENRA SRLs in overweging genomen en de meeste van deze referentieniveaus zijn hier dan ook in opgenomen (al is een deel van de WENRA SRLs afgedekt in andere regelgeving).

De SiAnf laat wel ruimte voor interpretatie, wat kan leiden tot problemen bij het ontwerp en de technische uitvoering in de praktijk. Daarom heeft de BMUV verduidelijkende interpretaties uitgebracht bij de SiAnf. Die interpretaties moeten de leemten opvullen en zo een uniforme uitvoering van de veiligheidseisen mogelijk maken.

De onderliggende regelgeving omvat naast de richtlijnen van de BMUV ook de publicaties van de adviesorganen (de RSK, SSK en ESK) en de KTA-veiligheidsnormen. De aanbevelingen en standpunten van de adviesorganen worden door de BMUV gepubliceerd, waardoor de Duitse

autoriteiten er rekening moeten houden in hun beslissingen. De KTA-normen vertalen de algemene vereisten van de SiAnf in concrete technische bepalingen. De KTA (*Kerntechnische Ausschuss*) is een commissie bestaande uit deskundigen die de fabrikanten en uitbaters van nucleaire installaties, de technische veiligheidsorganisaties en de nucleaire veiligheidsautoriteiten (zowel federaal als regionaal) vertegenwoordigen. KTA-normen worden ontwikkeld op basis van consensus binnen de KTA en kunnen alleen van kracht worden met toestemming van de nucleaire veiligheidsautoriteiten. KTA-normen zijn op zich niet bindend, maar spelen in Duitsland een belangrijke rol bij de vergunningverlening en het toezicht op kerncentrales. Ze worden daarbij beschouwd als een anticiperend deskundigen-oordeel, waarbij normaliter het respecteren van de KTA-norm ook impliceert dat de huidige stand van de wetenschap en technologie gevolgd wordt. Vanwege het hogere detailniveau binnen KTA-normen worden sommige WENRA SRLs ook afgedekt door KTA-normen.

#### 2.4. Frankrijk

Het reglementair kader voor nucleaire veiligheid in Frankrijk wordt in eerste instantie gegeven door de *Code de l'environnement* en het *Arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base* (INB-besluit). Daarnaast kan ASNR (i.e. de Franse nucleaire veiligheidsautoriteit) zelf ook technische reglementen opstellen, die bindend worden na de goedkeuring ervan door de Franse regering. De ASNR-reglementen verduidelijken en detailleren voornamelijk de bepalingen uit het INB-besluit. Een deel van de WENRA SRLs zijn opgenomen in deze bindende ASNR-reglementen.

Daarnaast ontwikkelt ASNR richtlijnen (*guides*) over verschillende technische onderwerpen. Deze richtlijnen zijn niet bindend. Ze bevatten aanbevelingen om de veiligheidsdoelstellingen te verduidelijken, geven verwachtingen van ASNR en beschrijven werkwijzen die als geschikt beschouwd worden om de naleving van de regelgeving te garanderen. Ze worden dan ook voornamelijk toegepast bij het vergunningsproces (voor nieuwe reactoren) en bij veiligheidsbeoordelingen (zoals de PSR bij bestaande reactoren).

Vroeger werden dergelijke richtlijnen opgenomen in zogenaamde 'fundamentele veiligheidsvoorschriften' (*Règles fondamentales de sûreté, RFS*), die vergelijkbaar zijn met de *guides de l'ASNR*. De *RFS* blijven nog wel van toepassing, maar zullen geleidelijk aan vervangen worden door de *guides de l'ASNR*.

De WENRA SRLs werden, voor zover ze nog niet waren afgedekt door andere regelgeving, opgenomen in *guides de l'ASNR*. Verschillende *guides de l'ASNR* worden momenteel ook herzien om rekening te houden met de wijzigingen in WENRA SRLs.

#### 2.5. Nederland

De Kernenergiewet (Kew) vormt in Nederland de basis voor het reglementair kader voor nucleaire veiligheid. Die wordt aangevuld met besluiten, ministeriële regelingen en ANVS-verordeningen, zoals de 'Ministeriële regeling nucleaire veiligheid kerninstallaties'. Dit reglementair kader is opgesteld om tot een regelgeving gebaseerd op doelstellingen te komen en gebruikt enkel in uitzonderlijke gevallen prescriptieve veiligheidsvereisten.

De ANVS (i.e. de Nederlandse nucleaire veiligheidsautoriteit) ontwikkelt ook richtlijnen die niet bindend zijn. Deze richtlijnen weerspiegelen de verwachtingen van de ANVS, geven een verduidelijking van de bindende regels en beschrijven werkwijzen die als toereikend beschouwd worden om de naleving van de regelgeving te garanderen. Hiervan kan worden afgeweken, als (minstens) een gelijkwaardig niveau van nucleaire veiligheid bereikt wordt.

Een dergelijke richtlijn is de 'Handreiking VOBK' (Handreiking voor een veilig ontwerp en het veilig bedienen van kernreactoren), die bestemd is voor nieuwe installaties. De WENRA SRLs werden (net als andere referenties) bij de opmaak van de VOBK in rekening gebracht. Het is op basis van de voorschriften in de VOBK dat nieuwe vergunningsaanvragen beoordeeld worden. Daarnaast wordt voor bestaande installaties bij een periodieke veiligheidsherziening (PSR) de VOBK ook gebruikt als referentie bij de evaluatie van de installatie.

Daarnaast is een deel van de WENRA SRLs ook afgedekt door de bindende regelgeving (Ministeriële regeling nucleaire veiligheid kerninstallaties). Rekening houdend met de bestaande praktijk, waarbij in de vergunning verwezen wordt naar specifieke richtlijnen om deze bindend te maken, is er voor de bestaande reactor in Borssele een vergunningsaanpassing gebeurd om de andere WENRA SRLs (uit de 2014-herziening van de WENRA SRLs) op te nemen als vergunningsvoorwaarde.

De aanpassingen voor de recentste herziening van de WENRA SRLs zijn nog lopende. De ANVS zal de komende tijd ook kijken naar een meer systematische implementatie van de WENRA SRLs. Voor nu beoordeelt de ANVS of de individuele SRLs al zijn geïmplementeerd binnen het Nederlandse stelsel, bijvoorbeeld in regelgeving, een vergunningsvoorschrift, of in een handreiking (zoals het VOBK). Indien dit niet zo is, worden de relevantie en toegevoegde waarde van de SRL beoordeeld, waardoor er eventueel voor kan worden gekozen om die specifieke SRL te verankeren.

## 2.6. Zwitserland

Het reglementair kader voor nucleaire veiligheid in Zwitserland bevat in eerste instantie de kernenergiewet (KEG, *Kernenergiegesetz* SR 732.1) en de kernenergieordonnantie (KEV, *Kernenergieverordnung* SR 732.11). Die bepalen onder meer de basisprincipes en schrijven voor om bij het ontwerp en tijdens de uitbating preventieve en beschermende maatregelen te nemen in overeenstemming met internationaal aanvaarde beginselen. Hierbij is er ook een verplichting om de installatie aan te passen, niet enkel in de mate die nodig is, maar ook voor zover verdere verbetering wenselijk is. Daarnaast zijn er verschillende ordonnanties, die meer gedetailleerde verplichtingen opleggen en ook bindend zijn, zoals de ordonnantie SR 732.112.2 over externe bedreigingen.

Ten slotte vaardigt ENSI (i.e. de Zwitserse nucleaire veiligheidsautoriteit) richtlijnen uit, ofwel op basis van een expliciete delegatie in een ordonnantie, ofwel in zijn hoedanigheid als nucleaire veiligheidsautoriteit. Deze richtlijnen concretiseren wettelijke vereisten en beogen een uniforme implementatie mogelijk te maken. Ze verduidelijken ook de huidige stand van de wetenschap en technologie. Deze richtlijnen zijn bindend onder de beperking van evenredigheid. ENSI kan in individuele gevallen afwijkingen toestaan, indien (minstens) een gelijkwaardig niveau van nucleaire veiligheid bereikt wordt.

De beoordeling van de toepassing van de reglementaire vereisten gebeurt als onderdeel van de PSR. De geïdentificeerde afwijkingen op het reglementair kader kunnen vervolgens leiden tot aanpassingen die vereist zijn voor een verdere uitbating.

Door middel van nieuwe richtlijnen of de aanpassing van bestaande richtlijnen implementeert ENSI de WENRA SRLs, voor zover deze nog niet afgedekt zijn in de bestaande regelgeving. Bij de opmaak en herziening van de ENSI-richtlijnen is een screening van internationale richtlijnen (WENRA, IAEA) verplicht. De aanpassingen voor de recentste herziening van de WENRA SRLs zijn nog lopende, maar zijn reeds grotendeels voltooid.

### 3. Reglementaire aanpak voor de sleutelonderwerpen

#### 3.1. Vliegtuigval

De WENRA SRLs stipuleren dat de externe bedreigingen (natuurverschijnselen en menselijke activiteiten die onbedoeld een bedreiging voor de site kunnen vormen) geïdentificeerd moeten worden en hierbij dient vliegtuigval ook inbegrepen te zijn. Vervolgens moeten er, op basis van een site-specifieke risicobeoordeling, voorvallen gedefinieerd worden voor de ontwerpbasis. Hierbij moet een overschrijdingsfrequentie worden gebruikt die niet hoger mag zijn dan  $10^{-4}$  per jaar. Ongeacht de waarschijnlijkheid moet er in de ontwerpbasis sowieso rekening worden gehouden met een accidentele vliegtuigval.

Dat betekent wel, volgens de WENRA SRLs, dat het type vliegtuig dat in de ontwerpbasis in rekening wordt gebracht, moet voldoen aan een waarschijnlijkheidscriterium. Dat criterium is gelinkt aan de kans op vliegtuigval en niet aan de kans op een onaanvaardbare radioactieve lozing (wat in sommige landen wel een criterium is). De WENRA SRLs bepalen verder niet het type of de categorie van het vliegtuig. Als het waarschijnlijkheidscriterium geen ander type vliegtuig oplegt, kan ook een klein recreatief vliegtuig als referentie worden genomen.

Extract WENRA SRLs – Issue TU: External Hazards

#### **TU2. Identification of external hazards**

TU2.1 All external hazards that might affect the site shall be identified, including any related hazards (e.g. earthquake and tsunami, accidental aircraft crash with consequential aircraft fuel fire)<sup>89</sup>. Justification shall be provided that the compiled list of external hazards is complete and relevant to the site.

TU2.2 The list of external hazards from which identification as stated in TU2.1 is conducted shall at least include

(...)

- Accidental aircraft crash;

(...)

(...)

#### **TU4. Definition of the design basis events for external hazards**

TU4.1 Design basis events<sup>91</sup> shall be defined based on the site specific hazard assessment.

TU4.2 The exceedance frequencies of design basis events shall be low enough to ensure a high degree of protection with respect to external hazards. An exceedance frequency not higher than  $10^{-4}$  per annum<sup>92</sup>, shall be used for the design basis events. Where it is not possible to calculate these frequencies with an acceptable degree of certainty, an event shall be chosen and justified to reach an equivalent level of safety.

(...)

For accidental airplane crashes and explosion blast waves a design basis event shall be defined to ensure a minimum protection of the plant.

<sup>92</sup> According to the current practices, several WENRA countries require a value lower than  $10^{-4}$  per annum for human induced and some also for natural hazards

#### *3.1.1. België – vliegtuigval*

De wijziging van het KB VVKI in 2020 legt op dat in de ontwerpbasis sowieso het neerstorten van zowel een commercieel vliegtuig als een militair vliegtuig moet worden meegenomen, ongeacht de overschrijdingsfrequentie. Bestaande reactoren moeten hieraan voldoen via de uitvoering van hun PSR-actieplan (wat wil zeggen bij een LTO). Er is wel enige flexibiliteit (zoals minder conservatieve veronderstellingen en methodes) voorzien in het KB om het beschermingsniveau aan te tonen indien vliegtuigval nog niet in rekening was genomen in de ontwerpbasis. Dit gaat specifiek over een accidentele vliegtuigval. Een intentionele vliegtuigval

behoort niet tot de scope van het KB VVKI. Desalniettemin vormt de bescherming tegen accidentele vliegtuigval tegelijkertijd ook een bescherming tegen intentionele vliegtuigval.

Deze vereiste (die dus verder gaat dan de WENRA SRLs) heeft als doel om het beschermingsniveau tegen vliegtuigval van de oudste reactoren te doen evolueren naar een veiligheidsniveau dat aansluit bij dat van de meest recente Belgische reactoren. Hierbij werden in 2020 bij de omzetting van de 2014 WENRA SRLs de volgende argumenten gebruikt:

- Voor Doel 3, Doel 4, Tihange 2 en Tihange 3 was er reeds bij het ontwerp rekening gehouden met het neerstorten van een commercieel vliegtuig, dit was niet het geval voor Doel 1&2 en Tihange 1, waarvoor geen enkel vliegtuig in rekening gebracht was.
- Door de toenmalige nabijheid van de militaire luchthaven van Bierset bij Tihange, werd er bij het ontwerp van Tihange 2 en Tihange 3 rekening gehouden met het neerstorten van een militair vliegtuig, dit was niet het geval voor de andere reactoren.
- De militaire luchthaven van Bierset is uitgegroeid tot de commerciële luchthaven Liège Airport, met zowel passagiers- als cargovluchten (maar geen militaire vluchten meer).
- Er is een algemene stijging van het aantal vluchten sinds de bouw van de reactoren.

Deze doelstelling sluit aan bij het uitgangspunt van het FANC dat nucleaire regelgeving moet evolueren volgens het principe van continue verbetering. Specifiek zorgt deze vereiste ervoor dat het beschermingsniveau voor vliegtuigval voor alle reactoren op één site richting hetzelfde niveau moet gaan.

Voor nieuwe installaties, zoals de nieuwe gebouwen voor de opslag van bestraalde splijtstof die gebouwd zijn op de sites van de kerncentrales van Doel en Tihange, is er een FANC-richtlijn (ref. 2014-03-18-RK-5-4-4-EN). Deze richtlijn stelt dat het neerstorten van een commercieel en militair vliegtuig in de ontwerpbasis moet zitten van zodra de kans van neerstorten op de installatie groter is dan  $10^{-6}$  per jaar. Kleinere vliegtuigen (e.g. recreatief) moeten steeds in de ontwerpbasis zitten.

#### Extract KB VVKI – Artikel 21/1 Externe bedreigingen

##### **21/1.1 Identificatie van en bescherming tegen externe bedreigingen**

Alle natuurverschijnselen en menselijke activiteiten die onbedoeld een bedreiging voor de site kunnen vormen, moeten worden geïdentificeerd, met inbegrip van de secundaire verschijnselen die eruit kunnen voortvloeien.

(...)

De externe bedreigingen veroorzaakt door menselijke activiteiten omvatten op zijn minst:

- accidentele vliegtuiginslagen;

(...)

(...)

##### **21/1.3 Ontwerpbasisvoorvallen voor de externe bedreigingen**

Op basis van de analyse van de geselecteerde externe bedreigingen, worden de ontwerpbasisvoorvallen bepaald.

De overschrijdingsfrequentie die gehanteerd wordt voor de keuze van de ontwerpbasisvoorvallen t.a.v. deze bedreigingen/een bedreiging is voldoende laag om een hoge mate van bescherming te waarborgen. Ze is lager of gelijk aan  $10^{-4}$  per jaar.

(...)

Om een minimale bescherming te garanderen, omvatten de voorvallen die in de ontwerpbasis zijn geselecteerd, onder meer:

- het neerstorten van een commercieel lijnvliegtuig en van een representatief militair vliegtuig;

(...)

##### **21/1.4 Bescherming tegen ontwerpbasisvoorvallen**

(...)

Wanneer er in de ontwerpbasis geen rekening werd gehouden met het neerstorten van een representatief commercieel of militair vliegtuig, dan kunnen er alternatieve methodes worden gebruikt om een afdoend beschermingsniveau aan te tonen: (...)

Extract Verslag aan de Koning van 19 februari 2020 – 2. Inhoud van het besluit

### iii. Overige aanvullende voorschriften

(...)

- a) Er moet in de ontwerpbasis rekening worden gehouden met het neerstorten van representatieve militaire en commerciële vliegtuigen (artikel 20.3).

Een “representatief” vliegtuig heeft de kenmerken van een “gemiddeld” type vliegtuig dat over de sites vliegt. Het gaat dus niet over een extreem of een overkoepelend model, maar over toestellen die volgens de huidige luchtvaartstatistieken het vaakst over en in de nabijheid van de sites blijken te vliegen.

(...)

Extract Richtlijn 2014-03-18-RK-5-4-4-EN - 3.1. Determination of the aircraft crash probability and categorization

#### 3.1.1. Categories of aircraft

Aircrafts should be categorized in one of the following three categories:

- General aircraft: local air traffic with masses up to 5.7 tons<sup>2</sup> (maximum take-off weight) such as aircraft for leisure, helicopters and small civil aircrafts;
- Large-commercial aircraft: other civil aircraft notably medium and large civil aircraft for national and international commercial flights;
- Military aircraft: all military aircrafts.

(...)

(...)

#### 3.1.8. Categorization as ACL-1 and ACL-2

As a general rule, a crash associated with a certain aircraft category is categorized as ACL-1 if the overall annual crash probability for that category,  $P_{cat}$ , exceeds  $10^{-6}$  per year. If the overall annual crash probability is lower, it should be categorized as ACL-2.

ACL-1 must always contain the general aircraft category. An assessment may not be needed if one of the other two categories is also categorized under ACL-1 as these categories envelope the general category.

(...)

#### 3.1.2. Duitsland – vliegtuigval

De SiAnf vereist het opnemen van vliegtuigval in de ontwerpbasis. Hierbij wordt er deterministisch een belastingscurve opgelegd, die in de SiAnf ook bepaald is. Deze belasting komt overeen met een specifiek militair vliegtuig (type Phantom F4E) en is site-onafhankelijk. Hiervoor werd gekozen vanwege een hoog aantal ongevallen met militaire vliegtuigen. Er moeten geen andere vliegtuigen, zoals commerciële vliegtuigen, in rekening worden genomen. Hierbij valt op te merken dat de vereisten in de SiAnf omtrent fysieke scheiding en ruimtelijke spreiding van deelsystemen een intrinsieke bescherming kunnen bieden tegen vliegtuigval. Deze vereisten kunnen ervoor zorgen dat deelsystemen voldoende ver van elkaar staan, zodat ze niet gelijktijdig getroffen kunnen worden door zo'n ongeval.

Ten slotte wordt in de richtlijn voor de PSR een lijst van gebeurtenissen gegeven, waarvoor een deterministische en probabilistische benadering moet worden gevolgd. Deze lijst omvat ook locatie-specifieke externe civiele impacts, waarbij er verwezen wordt naar gedetailleerdere aanbevelingen voor een probabilistische beoordeling voor o.a. vliegtuigval. De probabilistische beoordeling is niet verplicht voor reactoren die ontworpen zijn om te weerstaan aan vliegtuigval conform de SiAnf en zich niet bevinden nabij militaire oefengebieden.

Bovendien heeft de RSK (*Reaktor-Sicherheitskommission*) in 2021 zich ook uitgesproken omtrent de val van een commercieel vliegtuig. Hierbij hebben ze besloten dat voor alle Duitse reactoren die toen nog operationeel waren de reactorcooling behouden blijft en er geen lozing van radioactieve stoffen verwacht wordt.

Extract SiAnf - Annex 3 - § 4.2.2.1 Flugzeugabsturz

<b>4.2.2.1</b>	<b>Flugzeugabsturz</b>														
4.2.2.1 (1)	Durch geeignete Maßnahmen und Einrichtungen ist sicherzustellen, dass durch einen Flugzeugabsturz die Sicherheit der Anlage nicht unzulässig beeinträchtigt wird.														
4.2.2.1 (2)	Die durch den Flugzeugaufprall induzierten Erschütterungen sind zu berücksichtigen.														
4.2.2.1 (3)	Die Auswirkungen von Trümmern, Treibstoffbränden, Treibstoffexplosionen und weiteren Folgewirkungen sind zu berücksichtigen, insbesondere: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Treibstoffbrand auf dem Anlagen-gelände,</li> <li>- Explosion von Treibstoff außerhalb von Gebäuden,</li> <li>- Brand oder Explosion von Treibstoff (flüssig oder als Dampf), der durch permanent vorhandene oder durch den Absturz verursachte Öffnungen in Gebäude eingedrungen ist,</li> <li>- Eindringen von Verbrennungsprodukten sowie Ansaugluft mit reduziertem Sauerstoffgehalt infolge von Verbrennungsvorgängen in Lüftungssysteme unter Berücksichtigung der Auswirkungen auf Personalhandlungen, elektrische Einrichtungen und die Dieselgenerator-Zuluft.</li> </ul> <p>Hinweis: Die Schutzwirkungen vorgelagerter Bauwerke dürfen dabei berücksichtigt werden. Der Schutz gegen Flugzeugtrümmer kann bei redundanten Systemen auch durch räumliche Trennung erreicht werden.</p>														
(...)															
4.2.2.1 (5)	Der Auslegung sind folgende Lastannahmen zugrunde zu legen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Stoßlast-Zeit-Diagramm: <table border="1" style="margin-left: 40px;"> <thead> <tr> <th>Stoßzeit [ms]</th> <th>Stoßlast [MN]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>10</td><td>55</td></tr> <tr><td>30</td><td>55</td></tr> <tr><td>40</td><td>110</td></tr> <tr><td>50</td><td>110</td></tr> <tr><td>70</td><td>0</td></tr> </tbody> </table> </li> <li>- Auftrefffläche: 7 m<sup>2</sup> kreisförmig.</li> <li>- Auftreffwinkel: normal auf die Tangentialebene im Auftreffpunkt.</li> </ul>	Stoßzeit [ms]	Stoßlast [MN]	0	0	10	55	30	55	40	110	50	110	70	0
Stoßzeit [ms]	Stoßlast [MN]														
0	0														
10	55														
30	55														
40	110														
50	110														
70	0														

3.1.3. Frankrijk - vliegtuigval

RFS I.2.a vereist voor drie categorieën binnen de luchtvaart (algemene luchtvaart, commerciële luchtvaart en militaire luchtvaart) een risicobeoordeling. Een probabilistische aanpak wordt gebruikt om te bepalen welke vliegtuigen beschouwd moeten worden. Hierbij is het aanvaardingscriterium dat de waarschijnlijkheid voor een onaanvaardbare lozing ten hoogste een grootteorde heeft van 10<sup>-7</sup> per jaar in elke categorie en 10<sup>-6</sup> per jaar voor de drie categorieën samen.

Extract RFS I.2.a

<b>2. Enoncé de la règle</b>
2.1 Trois familles sont distinguées : <ul style="list-style-type: none"> <li>- l'aviation générale (avions de masse inférieure à 5,7 tonnes) ;</li> <li>- l'aviation commerciale;</li> <li>- l'aviation militaire.</li> </ul> <p>Pour chaque site, une évaluation de la probabilité de chute sur chacune des « cibles » définies en 2.2. ci-dessous est effectuée pour chacune des trois familles d'avions ainsi définies. Pour cette évaluation, les formulations introduisent la notion de surface virtuelle du ou des bâtiments</p>

abritant chaque fonction de sûreté: cette surface définit la surface de la cible à prendre en compte et correspond à la surface moyenne probable des projections cylindriques sur le sol, suivant les directions possibles de chute de l'avion, de la surface apparente de ces bâtiments.

(...)

- 2.3 L'ordre de grandeur <sup>(105)</sup> de la probabilité limite pour accepter l'éventualité d'un dégagement inacceptable de substances radioactives à la limite du site, pour chacune des fonctions de sûreté définies ci-dessus, est de :  $10^{-6}$  /an x tranche
- Toutefois, pour tenir compte de la sommation nécessaire des probabilités d'accidents aux conséquences analogues, on se fixe pour chaque famille d'agressions un ordre de grandeur <sup>(105)</sup> limite de la probabilité d'occurrence de l'événement pour chacune des fonctions de sûreté définies ci-dessus, de  $10^{-7}$ /an x tranche.

<sup>(105)</sup> Comme il est d'usage, il s'agit ici de l'ordre de grandeur logarithmique.

### 3. Commentaires

- 3.1 Les caractéristiques de l'aviation en France conduisent à considérer que très généralement - et sous réserve de vérification à effectuer cas par cas - ces règles impliquent la prise en compte de la chute d'un avion de l'aviation générale. Pour cela, il est admis de considérer 2 types d'avions jugés représentatifs des différentes catégories d'avions de l'aviation générale : Cessna 210 monomoteur de 1,5 tonne et Lear Jet 23 bimoteur de 5,7 tonnes. Tous deux sont supposés heurter les installations à 100 m/seconde.

#### 3.1.4. Nederland - vliegtuigval

De handreiking VOBK voor nieuwe reactoren vraagt dat ervoor gezorgd wordt dat de veiligheid van de installatie niet ontoelaatbaar in gevaar wordt gebracht door een vliegtuigval. Er dient zowel een commercieel als een militair vliegtuig in rekening gebracht te worden.

Extract Handreiking VOBK – Annex 2 - §4.2.2.1 Aircraft Crash

- 4.2.2.1 (1) It shall be ensured by suitable protection measures that the safety of the plant will not be inadmissibly impaired by an accidental aircraft crash of both commercial and military aircraft with account taken of present and future characteristics of air traffic.

#### 3.1.5. Zwitserland - vliegtuigval

Vliegtuigval moet meegenomen worden in het ontwerp van Zwitserse reactoren. In dat opzicht moet er zowel rekening worden gehouden met de impact van een militair vliegtuig, dat de maximale puntbelasting vertegenwoordigt, als met de gevolgen van een incident met een commercieel vliegtuig, dat extra schade veroorzaakt door een kerosinebrand. Dit is ook opgenomen in de ordonnantie SR 732.112.2, waarin is bepaald om het vliegtuig (commercieel of militair) in rekening te nemen dat in gebruik is op het moment van de vergunningsaanvraag en dat waarschijnlijk de zwaarste belasting zal veroorzaken.

Daarnaast stelt de richtlijn HSK-R-102 dat vliegtuigval opgenomen moet zijn in de ontwerpbasis. Hierbij wordt er deterministisch een belastingscurve opgelegd. Die is gelijk aan de belastingscurve bepaald in de Duitse regelgeving (SiAnf) (i.e. een specifiek militair vliegtuig).

Extract Verordnung SR 732.112.2 – Art. 5 Gefährdungsannahmen für Störfälle mit Ursprung ausserhalb der Anlage

- 1 Der Gesuchsteller oder der Bewilligungsinhaber hat für folgende Störfälle mit Ursprung ausserhalb der Anlage mindestens die jeweils genannten Auswirkungen zu berücksichtigen und zu bewerten:

(...)

- c. Flugzeugabsturz: durch den Absturz induzierte Erschütterung von Anlageteilen, Treibstoffbrand (inkl. Rauchentwicklung), Explosionen und Trümmerwirkung;

(...)

- 5 Er hat für den Nachweis des ausreichenden Schutzes gegen Flugzeugabsturz den zum Zeitpunkt des Baubewilligungsgesuchs im Einsatz befindlichen militärischen oder zivilen Flugzeugtyp zu berücksichtigen, der unter realistischen Annahmen die grössten Stosslasten auf Gebäude ausübt.

### Extract Richtlijn HSK-R102

#### 3 Annahmen

Für die Auslegung der Bauten gegen den Absturz von Militär- und Verkehrsflugzeugen soll von folgenden Annahmen ausgegangen werden:

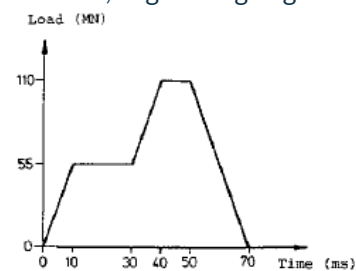
- 3.1 Für die bauliche Dimensionierung soll der Aufprall eines Militärflugzeuges von 20 Mg Masse und 215 m/s Geschwindigkeit mit einer kreisförmigen Aufprallfläche von 7 m<sup>2</sup> angenommen werden.
- 3.2 Der Absturz soll aus beliebiger Richtung angenommen werden. Verhindern angrenzende Gebäude oder Geländeformationen einen Aufprall normal zur Gebäudeoberfläche, so soll der ungünstigste noch mögliche Winkel als massgebend betrachtet werden.
- 3.3 Es soll auch mit dem gleichzeitigen Absturz von Flugzeugtrümmern auf dem Kraftwerksareal gerechnet werden.
- 3.4 Ein Treibstoffbrand soll als Folgeereignis angenommen werden.

#### 4 Auslegung

- 4.1 Dem Nachweis der Standsicherheit sowie der Tragfähigkeit der Bauwerke gegen Biegung, Querkraft und Normalkraft soll das folgende Belastungsdiagramm, beruhend auf Berechnungen beim Aufprall auf eine starre Wand normal zur Oberfläche, zugrunde gelegt werden:

**Last-Zeit-Diagramm**

Zeit (ms)	Last (MN)
0	0
10	55
30	55
40	110
50	110
70	0



(...)

### 3.2. Aardbeving

De WENRA SRLs stipuleren dat de externe bedreigingen geïdentificeerd moeten worden, waarbij aardbevingen (*seismotectonic hazards*) ook inbegrepen moeten zijn. Vervolgens moeten er, op basis van een site-specifieke risicobeoordeling, voorvallen gedefinieerd worden voor de ontwerpbasis. Daarbij moet een overschrijdingsfrequentie worden gebruikt die niet hoger mag zijn dan  $10^{-4}$  per jaar.

Echter, voor locaties met weinig seismische activiteit zou een dergelijke probabilistische bepaling (gekoppeld aan de overschrijdingsfrequentie) van de aardbeving die in rekening gebracht moet worden in de ontwerpbasis leiden tot een zéér laag aardbevingsniveau. Daarom hebben de WENRA SRLs een minimaal niveau gedefinieerd, zijnde een maximale horizontale grondversnelling van minstens 0,1g (wat overeenkomt met  $0,98 \text{ m/s}^2$ ).

#### Extract WENRA SRLs – Issue TU: External Hazards

##### **TU2. Identification of external hazards**

TU2.1 All external hazards that might affect the site shall be identified, including any related hazards (e.g. earthquake and tsunami, accidental aircraft crash with consequential aircraft fuel fire)<sup>92</sup>. Justification shall be provided that the compiled list of external hazards is complete and relevant to the site.

TU2.2 The list of external hazards from which identification as stated in TU2.1 is conducted shall at least include

- Geological hazards;
- Seismotectonic hazards;

(...)

(...)

##### **TU4. Definition of the design basis events for external hazards**

TU4.1 Design basis events<sup>91</sup> shall be defined based on the site specific hazard assessment.

TU4.2 The exceedance frequencies of design basis events shall be low enough to ensure a high degree of protection with respect to external hazards. An exceedance frequency not higher than  $10^{-4}$  per annum<sup>92</sup>, shall be used for the design basis events. Where it is not possible to calculate these frequencies with an acceptable degree of certainty, an event shall be chosen and justified to reach an equivalent level of safety.

For the specific case of seismic loading, as a minimum, a horizontal peak ground acceleration value of 0.1g (where 'g' is the acceleration due to gravity) shall be applied, even if its exceedance frequency would be below  $10^{-4}$  per annum.

(...)

<sup>92</sup> According to the current practices, several WENRA countries require a value lower than  $10^{-4}$  per annum for human induced and some also for natural hazards

#### 3.2.1. België - aardbeving

Het KB VVKI legt op dat seismische belasting in de ontwerpbasis moet zitten. Hierbij moet, zoals bij alle externe bedreigingen, rekening worden gehouden met een overschrijdingsfrequentie die lager of gelijk is aan  $10^{-4}$  per jaar. Er moet echter wel een minimumwaarde van  $0,98 \text{ m/s}^2$  (i.e. 0,1g) genomen worden voor de maximale horizontale grondversnelling.

Bestaande reactoren moeten hieraan voldoen via de uitvoering van hun PSR-actieplan. Hierbij biedt het KB VVKI de mogelijkheid om alternatieve methodes (die minder conservatief zijn) te gebruiken om de weerstand aan te tonen, indien een zwaardere aardbeving moet worden beschouwd als ontwerpbasisvoorval.

Deze vereiste komt overeen met de WENRA SRLs en heeft ook als doel om de betreffende WENRA SRLs getrouw om te zetten zonder enige aanpassingen.

## Extract KB VVKI – Artikel 21/1 Externe bedreigingen

### 21/1.1 Identificatie van en bescherming tegen externe bedreigingen

Alle natuurverschijnselen en menselijke activiteiten die onbedoeld een bedreiging voor de site kunnen vormen, moeten worden geïdentificeerd, met inbegrip van de secundaire verschijnselen die eruit kunnen voortvloeien.

De natuurverschijnselen omvatten:

- geologische verschijnselen;
- seismische verschijnselen;
- meteorologische verschijnselen;
- hydrologische verschijnselen;
- biologische verschijnselen;
- bosbranden.

(...)

(...)

### 21/1.3 Ontwerpbasisvoorvallen voor de externe bedreigingen

Op basis van de analyse van de geselecteerde externe bedreigingen, worden de ontwerpbasisvoorvallen bepaald.

De overschrijdingsfrequentie die gehanteerd wordt voor de keuze van de ontwerpbasisvoorvallen t.a.v. deze bedreigingen/een bedreiging is voldoende laag om een hoge mate van bescherming te waarborgen. Ze is lager of gelijk aan  $10^{-4}$  per jaar.

Voor de seismische belastingen moet een minimumwaarde van  $0,98 \text{ m.s}^{-2}$  genomen worden voor de maximale horizontale grondversnelling.

Indien de berekening van de overschrijdingsfrequenties voor de ernst van een bedreiging niet mogelijk is, of onvoldoende zekerheid biedt, wordt een voorval waarmee een gelijkwaardig beschermingsniveau kan worden bereikt, opgenomen in de ontwerpbasis.

(...)

### 21/1.4 Bescherming tegen ontwerpbasisvoorvallen

(...)

Indien de ernst van een ontwerpbasisvoorval naar boven toe werd herzien en het redelijkerwijze niet haalbaar is om het ontwerp volgens de huidige normen aan te passen, worden methodes op basis van het oordeel van deskundigen en alternatieve evaluaties gebruikt om de werkelijke weerstand tegen dit voorval van de structuren, systemen en componenten van de eenheid te beoordelen, rekening houdend met hun huidige toestand en om de nodige verbeteringen te bepalen.

(...)

### 3.2.2. Duitsland - aardbeving

De SiAnf stelt dat een ontwerpbasisaardbeving (i.e. een SSE) bepaald moet worden, gebaseerd op zowel een deterministische als een probabilistische aanpak. Deze aardbeving moet een minimale intensiteit (i.e. 'intensiteit VI') hebben. In het algemeen bepaalt de SiAnf dat alle veiligheidsuitrustingen ontworpen moeten zijn om steeds hun veiligheidsfunctie te kunnen vervullen ook tijdens een externe gebeurtenis, dus ook tijdens een SSE.

Meer gedetailleerde vereisten staan in de KTA 2201, waarvan het onderdeel KTA 2201.1 stelt dat met de probabilistische aanpak de kenmerken van de ontwerpbasisaardbeving gebaseerd zijn op een overschrijdingsfrequentie van  $10^{-5}$ /jaar.

Een maximale horizontale grondversnelling van  $0,1g$  kan strenger zijn dan de minimale intensiteit opgelegd in de SiAnf en KTA 2201.1. De RSK (*Reaktor-Sicherheitskommission*) heeft daarom een aanbeveling gedaan om de veiligheidsimpact hiervan te beoordelen, wat gebeurd is met een probabilistische seismische veiligheidsanalyse voor de reactoren die nog in vermogenswerking waren. De RSK heeft aangegeven dat er voldoende bescherming bestaat ten opzichte van  $0,1g$ .

#### Extract SiAnf - Annex 3 - § 4.2.1.1 Erdbeben

##### 4.2.1.1 Erdbeben

4.2.2.1 (1) Für den Standort sind ein Bemessungserdbeben und die zugehörigen Einwirkungen auf der Grundlage der Ergebnisse deterministischer und probabilistischer seismologischer Standortgefährdungsanalysen zu ermitteln. Für das Bemessungserdbeben sind die Intensität und entsprechend den zugehörigen seismotektonischen Bedingungen auch maßgebende Magnituden-, Entfernungs- und Herdtiefenbereiche zur Ermittlung der ingenieurseismologischen Kenngrößen anzugeben. Unabhängig von standort-spezifischen Festlegungen ist bei der Auslegung mindestens die Intensität VI EMS/MSK zu Grunde zulegen.

(...)

#### Extract KTA 2201.1 - §3 Festlegung der Erdbebeneinwirkung

##### 3.1 Allgemeine Anforderungen

- (1) Das Bemessungserdbeben wird beschrieben durch die seismischen Einwirkungen am Standort, die insbesondere durch die Intensität und die Bodenbewegungen charakterisiert werden. Das Bemessungserdbeben ist auf der Grundlage deterministischer und probabilistischer Analysen zu ermitteln und festzulegen. Dabei ist die Umgebung des Standortes bis mindestens 200 km Entfernung zu berücksichtigen wobei zu prüfen ist, ob Erkenntnisse vorliegen, die eine Einbeziehung darüber hinausgehender Entfernungen standortabhängig erforderlich macht.
- (2) Für die deterministische Bestimmung des Bemessungserdbebens ist auf Grundlage aufgetretener Ereignisse ein Erdbeben mit den für den Standort größten anzunehmenden seismischen Einwirkungen zu Grunde zu legen, das nach wissenschaftlichen Erkenntnissen zu erwarten ist.
- (3) Die probabilistische Bestimmung der Kenngrößen des Bemessungserdbebens ist für eine Überschreitenswahrscheinlichkeit von  $10^{-5}/a$  vorzunehmen.
- (4) Das Bemessungserdbeben ist unter Bewertung der deterministischen und probabilistischen Bestimmungen festzulegen. Die zugehörigen seismischen Einwirkungen dürfen jeweils für den 50%-Fraktilwert angegeben werden, wenn die Überschreitenswahrscheinlichkeit der Kenngrößen des Bemessungserdbebens bei  $10^{-5}/a$  liegt.
- (5) Das Bemessungserdbeben ist mindestens mit der Intensität VI festzulegen.

##### 3.2.3. Frankrijk - aardbeving

Guide ASNR 22 legt op dat, om de kenmerken van natuurverschijnselen (zoals aardbeving) te bepalen in de ontwerpbasis, een overschrijdingsfrequentie van  $10^{-4}$  per jaar genomen wordt. Echter, de maximale horizontale grondversnelling voor een aardbeving moet minstens 0,1g bedragen.

Deze gids is een aanvulling op het 'fundamentele veiligheidsvoorschrift' RFS-2001-01, dat de deterministische benadering definieert.

#### Extract guide ASNR 22 - § 3.3.3.2

3.3.3.2.7 Pour déterminer les niveaux d'aléa à retenir pour les agressions naturelles externes de référence, une valeur repère de  $10^{-4}/an$  en termes de fréquence annuelle de dépassement de l'aléa considéré doit être visée.

(...)

3.3.3.2.9 Pour le séisme à retenir dans le domaine de conception de référence, la valeur de l'accélération maximale du sol ne doit pas être inférieure à 0,1g à la fréquence infinie (où « g » est l'accélération de la pesanteur à la surface de la Terre).

##### 3.2.4. Nederland - aardbeving

De handreiking VOBK vraagt dat een ontwerpbasisaardbeving bepaald wordt op basis van een locatie-specifieke risicobeoordeling, die zowel deterministisch als probabilistisch is. Daarbij

moet een overschrijdingsfrequentie van  $10^{-4}$  per jaar worden genomen. Echter, de maximale horizontale grondversnelling voor een aardbeving moet minstens 0,1g bedragen.

#### Extract Handreiking VOBK – Annex 2 - § 4

4.1 (3)	Based on the site specific hazard assessment, design basis events associated with an exceedance probability of $10^{-4}$ 1/a shall be defined. The relevant load and engineering parameters associated with these design basis events shall be clearly specified. Consideration shall be given to the fact that one hazard might involve different types of loads acting at the same time (e. g. high water levels and mechanical loads due to wave action)
(...)	
<b>4.2.1.1</b>	<b>Earthquake</b>
4.2.1.1 (1)	A design basis earthquake and the associated loads shall be determined for the site based on site specific deterministic and probabilistic seismic hazard assessments. For the determination of the seismic engineering parameters of the design basis earthquake, the intensity and, corresponding to the associated seismotectonic conditions, the range of magnitudes, distances and focal depths of the controlling earthquakes shall be indicated. Irrespective of any site specific hazard assessment, at least a peak ground acceleration of 0.1g in combination with a generic response spectrum (according to IAEA NS G-1.6) has to be applied as a design basis.

#### 3.2.5. Zwitserland - aardbeving

De ordonnantie SR 732.112.2 stelt dat natuurverschijnselen, zoals aardbeving, met een overschrijdingsfrequentie van  $10^{-4}$  per jaar of groter, moeten worden opgenomen worden in de ontwerpbasis.

Hierbij moet er rekening worden gehouden met de maximale grondversnelling voor aardbevingen met deze frequentie zoals die bepaald is op basis van aangepaste probabilistische analyses uit 2013.

Bij een herziening van de zwaarte van een bepaalde gebeurtenis - e.g. een aardbeving met grotere maximale grondversnelling moet in rekening genomen worden - moet de robuustheid ten opzichte van de nieuwe limieten aangetoond worden voor de reactor. Daarnaast moet bij een aanpassing of modernisering van systemen (of bij de aankoop van wisselstukken) aan strengere eisen voldaan worden. Hier moet er ontwerpmatig rekening worden gehouden met de nieuwe limieten en moeten de geldende richtlijnen volledig worden gevolgd.

Er is geen minimale waarde gedefinieerd, maar de seismische activiteit in Zwitserland is zodanig dat de ontwerpbasisaardbeving ruimschoots voldoet aan het WENRA SRLs-criterium van minstens 0,1g voor maximale horizontale grondversnelling.

#### Extract Verordnung SR 732.112.2 – art. 5 Gefährdungsannahmen für Störfälle mit Ursprung ausserhalb der Anlage

1	Der Gesuchsteller oder der Bewilligungsinhaber hat für folgende Störfälle mit Ursprung ausserhalb der Anlage mindestens die jeweils genannten Auswirkungen zu berücksichtigen und zu bewerten: a. Erdbeben: Bodenerschütterungen, Bodensetzungen, Erdbeben, Zerstörung in der Nähe befindlicher Anlagen, welche die Sicherheit der Kernanlage gefährden können und Verlust von nicht erdbebenfesten Hilfs- und Versorgungssystemen, Brand und Überflutung; (...)
(...)	
3	Er hat die Gefährdungen aus Störfällen, die durch Naturereignisse ausgelöst werden, insbesondere durch Erdbeben, Überflutung und extreme Wetterbedingungen, mit Hilfe einer probabilistischen Gefährdungsanalyse zu ermitteln. Hierbei sind die aus aktuellen

wissenschaftlichen Erkenntnissen gewonnenen historischen Daten sowie absehbare Veränderungen der massgebenden Einflussgrössen zu berücksichtigen und zu bewerten.

### 3.3. Gedeelde systemen

De WENRA SRLs vereisen een gepaste onafhankelijkheid tussen verschillende eenheden, maar laten hierbij de mogelijkheid dat één reactor ondersteuning biedt aan een andere.

Het specifieke onderwerp 'tweelingreactoren' (zoals Doel 1&2), waarbij twee reactoren sterk in elkaar geïntegreerd zijn en ontworpen zijn met meerdere van dergelijke gedeelde systemen, wordt niet behandeld. Hierover staat er in de WENRA SRLs ook geen verdere verduidelijking. Er wordt voor de ondersteuning tussen reactoren en gedeelde systemen dus geen onderscheid gemaakt tussen enerzijds losstaande reactoren van een kerncentrale (e.g. Tihange 1, Tihange 2 en Tihange 3) en anderzijds dit specifieke (en minder voorkomende) geval van tweelingreactoren.

Extract WENRA SRLs – Issue E: Design Basis Envelope for Existing Reactors

#### **E9. Design of safety functions**

(...)

E9.5 For sites with multiple units, appropriate independence between them shall be ensured.<sup>36</sup>

<sup>36</sup> The possibility of one unit supporting another could be considered as far as this is not detrimental for safety

#### *3.3.1. België - gedeelde systemen*

Het KB VVKI legt op dat in de ontwerpbasis de veiligheidsfuncties van de verschillende reactoren onafhankelijk van elkaar worden gegarandeerd en dit voor alle reactoren. Daarnaast moeten de gedeelde ondersteuningssystemen zo ontworpen zijn dat ze daarvoor voldoende capaciteit hebben. Voor twee reactoren met gedeelde veiligheidssystemen betekent dit dat deze gedeelde systemen de capaciteit moeten hebben om bijvoorbeeld ongevalsomstandigheden bij beide reactoren tegelijkertijd het hoofd te bieden. Bestaande reactoren moeten hieraan voldoen via de uitvoering van hun PSR-actieplan.

Deze vereiste heeft als doel de betreffende WENRA SRLs om te zetten met een bijkomende verduidelijking voor de specifieke Belgische situatie van de tweelingreactoren Doel 1&2. Door deze verduidelijking moet de capaciteit van gedeelde systemen op tweelingreactoren voldoende zijn om op beide reactoren onafhankelijk van elkaar (en dus ook tegelijkertijd) een ongeval te kunnen behandelen.

Extract KB VVKI – Artikel 20.7 Veiligheidsfuncties

#### **20.7.1 Algemeen**

(...)

De veiligheidsfuncties van de verschillende eenheden op eenzelfde site worden onafhankelijk voor elke eenheid gewaarborgd. De gedeelde ondersteuningssystemen van verschillende eenheden zijn gedimensioneerd op een wijze waarbij de veiligheidsfuncties onafhankelijk voor elke eenheid gewaarborgd zijn.

De eventuele ondersteuning door een eenheid aan een andere eenheid mag de veiligheid van de ondersteunende eenheid niet in het gedrang brengen.

#### *3.3.2. Duitsland - gedeelde systemen*

De meeste Duitse kerncentrales zijn ontworpen als een kerncentrale die slechts één reactor op de site heeft, zelfs indien er meerdere reactoren zijn. Hierdoor is het aantal gedeelde systemen beperkt en bepaalt de SiAnf dat interne bedreigingen op een reactor niet mogen leiden tot een onaanvaardbare impact op een naburige reactor. Daarnaast geven de interpretaties van de SiAnf een verduidelijking voor kerncentrales met meerdere reactoren. Bij het beheersen van een ongeval mogen de beschikbare uitrustingen van één reactor gebruikt worden bij een andere, voor zover dit geen afbreuk doet aan de veiligheid van de eerste reactor.

Bijkomende en meer gedetailleerde vereisten zijn terug te vinden in verschillende KTA-normen, die onder meer gaan over seismische instrumentatie, de bescherming tegen bliksem en elektrische verbindingen tussen reactoren.

Extract SiAnf - Annex 3 - § 3.2.8 Gegenseitige Beeinflussung von Mehr-blockanlagen

<b>3.2.8</b>	<b>Gegenseitige Beeinflussung von Mehr-blockanlagen</b>
3.2.8 (1)	Einwirkungen von innen dürfen nicht zu unzulässigen Beeinträchtigungen der Sicherheit eines Nachbarblocks führen.

Extract SiAnf Interpretatie - I-7 §3

3 (7)	Bei Mehrblockanlagen können im Rahmen des anlageninternen Notfallschutzes auch verfügbare Einrichtungen des jeweils anderen Blockes verwendet werden, sofern dadurch die Sicherheit dieses Blockes nicht beeinträchtigt wird.
-------	---

### *3.3.3. Frankrijk - gedeelde systemen*

Guide ASNR 22 legt op dat het gebruik van gemeenschappelijke uitrustingen die belangrijk zijn voor de veiligheid beperkt moet zijn en steeds gejustifieerd. Hierbij wordt o.a. verwezen naar een natuurlijk waterreservoir. Daarbovenop komt de vereiste dat dergelijke gemeenschappelijke systemen zo gedimensioneerd moeten zijn dat elke reactor kan stoppen, afkoelen en residuele warmte kan evacueren. Ook mogen deze gemeenschappelijke systemen niet leiden tot onvoldoende autonomie op vlak van koelwater of elektrische voeding.

Extract guide ASNR 22 - § 4.1.4.1

4.1.4.1	Le recours à des EIP communs à plusieurs INB doit être limité et justifié (par exemple réserve naturelle d'eau ou digue). En particulier, celui-ci : <ul style="list-style-type: none"><li>- ne remet pas en cause la mise à l'arrêt, le refroidissement et l'évacuation de la puissance résiduelle de chacune des INB dans les domaines de conception de référence et étendu ;</li><li>- ne conduit pas à une autonomie insuffisante des sources d'énergie électrique et d'eau de refroidissement nécessaires à chaque INB.</li></ul>
---------	--

### *3.3.4. Nederland - gedeelde systemen*

De handreiking VOBK vraagt dat, voor kerncentrales met meerdere reactoren, elke reactor beschikt over zijn eigen uitrustingen en systemen om om te gaan met incidenten en ontwerpbasisongevallen.

Extract Handreiking VOBK - §3

3.1 (14)	In case of multiple unit sites, each unit shall have its own items important to safety to control and mitigate the anticipated operational occurrences and accidents considered for the design.
----------	---

### *3.3.5. Zwitserland - gedeelde systemen*

De ENSI-richtlijn ENSI-G02 stelt dat, voor kerncentrales met meerdere reactoren, de uitrustingen gemeenschappelijk gebruikt kunnen worden. Als het gaat om mechanische of elektrische uitrustingen met een veiligheidsfunctie binnen de ontwerpbasis, moet dit gerechtvaardigd worden en worden beoordeeld vanuit het oogpunt van de veiligheid. Typische voorbeelden van systemen die hieronder kunnen vallen, zijn dieselgeneratoren of bijkomende watervoeding. Specifieke uitrustingen van dergelijke systemen kunnen dan, indien nodig, naar keuze verbonden worden met één van de reactoren.

## Extract ENSI-G02 - § 5.2.2 SE3-Funktionen

5.2.2 SE3-Funktionen  
(...)

h. Werden bei Mehrblockanlagen mechanische oder elektrische Komponenten von SE3-Funktionen von mehreren Blöcken gemeinsam genutzt, ist dies zu begründen und sicherheitstechnisch zu bewerten.

### 3.4. Automatisch/autonoom functioneren

De WENRA SRLs vereisen dat er na ontwerpbasisvoorvallen een automatische fase is waarin er geen actie nodig is van het personeel. Deze fase duurt een halfuur. Uitzonderingen hierop zijn mogelijk, maar moeten gejustifieerd zijn.

Extract WENRA SRLs – Issue E: Design Basis Envelope for Existing Reactors

#### **E9. Design of safety functions**

(...)

E9.3 Activations and control of the safety functions shall be automated or accomplished by passive means such that operator action is not necessary within 30 minutes of the initiating event. Any operator actions required by the design within 30 minutes of the initiating event shall be justified.<sup>33</sup>

<sup>33</sup> The control room staff has to be given sufficient time to understand the situation and take the correct actions. Operator actions required by the design within 30 min after the initiating event have to be justified and supported by clear documented procedures that are regularly exercised in a full scope simulator

#### *3.4.1. België - automatisch/autonoom functioneren*

Het KB VVKI legt op dat in de ontwerpbasis de veiligheidsfuncties automatisch (of via een passief systeem) moeten worden geactiveerd, zodat er de eerste 30 minuten geen interventies van de operatoren nodig zijn. Voor enkele ongevallen moeten er echter sneller manuele acties worden genomen. In die gevallen moet de benodigde tijd om die acties te kunnen nemen, worden bepaald en gerechtvaardigd.

Wanneer de controlezaal getroffen is, bijvoorbeeld door een grote brand, en de operatoren gebruik moeten maken van de noodcontrolezaal, volstaat het niet om louter de periode van 30 minuten te respecteren. In deze situatie moeten de veiligheidsfuncties, na een automatische start, gehandhaafd blijven zonder het optreden van de operator, en dit niet zomaar voor 30 minuten, maar voor de duur die effectief nodig is. Hierbij moet de benodigde tijd bepaald en gerechtvaardigd worden. Daarnaast zijn er (desgevallend) aanpassingen nodig om die benodigde tijd ook te behalen. Bestaande reactoren moeten hieraan voldoen via de uitvoering van hun PSR-actieplan.

Dit onderwerp omvat dus verschillende aspecten die met elkaar verbonden zijn: enerzijds de automatische activatie (of via een passief systeem) van veiligheidsuitrustingen en de duur die ze gehandhaafd blijven zonder manuele actie, anderzijds de manuele activatie van veiligheidsuitrustingen en de tijd waarbinnen dit zou moeten gebeuren.

Deze vereiste bevat in vergelijking met de WENRA SRLs een bijkomende verduidelijking voor de controlezaal. In België hebben de oudste reactoren, in tegenstelling tot de meest recente, namelijk geen uitgebreidere automatische fase bij het verlies van de hoofdcontrolezaal. Het doel van deze aanvulling is dan ook om bij de oudste reactoren een gelijkaardige situatie te bekomen als bij de meest recente Belgische reactoren.

Extract KB VVKI – Artikel 20.7 Veiligheidsfuncties

#### **20.7.1 Algemeen**

De fundamentele veiligheidsfuncties zijn gewaarborgd in de ontwerpbasis.

De veiligheidsfuncties moeten worden geactiveerd en uitgevoerd met passieve middelen of geautomatiseerde systemen, zodanig dat het optreden van een operator gedurende 30 minuten na de initiatorgebeurtenis niet vereist is.

Elke interventie van een operator die ondanks alles binnen de 30 minuten na de initiatorgebeurtenis vanuit de hoofdcontrolezaal vereist is, moet worden gerechtvaardigd en ondersteund door procedures die op een simulator worden ingeoeffend.

Indien de initiatorgebeurtenis de hoofdcontrolezaal treft, dan worden de veiligheidsfuncties zonder menselijke tussenkomst gehandhaafd voor de tijd die nodig is om de interventie van de operatoren vanuit de noodcontrolezaal mogelijk te maken.  
(...)

#### 3.4.2. Duitsland - automatisch/autonoom functioneren

De SiAnf legt een automatisering op om ervoor te zorgen dat er de eerste 30 minuten na een ontwerp ongeval geen manuele acties nodig zijn.

Daarnaast moet het zelfstandig functioneren ('Autarkie') van de veiligheidsfuncties gegarandeerd zijn in het geval van drie specifieke externe bedreigingen veroorzaakt door menselijke activiteiten: vliegtuigval, externe explosie en blootstelling aan gevaarlijke stoffen. Dit geldt voor de energievoorziening en alle koel- en bedrijfsmiddelen die nodig zijn om het systeem in een gecontroleerde toestand te brengen en te houden gedurende ten minste 10 uur.

#### Extract SiAnf - § 3.1

- 3.1 (3) Zur Gewährleistung einer ausreichenden Zuverlässigkeit der Einrichtungen der Sicherheitsebene 3 (Sicherheitseinrichtungen) sind zusätzlich zu der Nummer 3.1 (2) folgende Auslegungsgrundsätze anzuwenden:  
(...)  
h) Automatisierung (in der Störfallanalyse sind von Hand auszulösende Schutzaktionen grundsätzlich nicht vor Ablauf von 30 Minuten zu kreditieren).  
(...)
- 3.1 (9) Notstandsfälle  
Bei Einwirkungen aus Notstandsfällen ist sicherzustellen, dass im Ereignisfall mindestens eine Redundante bei den zur Ereignisbeherrschung erforderlichen Einrichtungen erhalten bleibt. Dabei sind jeweils auch Folgewirkungen zu berücksichtigen.  
Bei Notstandsfällen ist die Autarkie der Sicherheitsfunktionen im Hinblick auf die Energieversorgung und alle Kühl- und Betriebsmittel, die notwendig sind, um die Anlage in einen kontrollierten Zustand zu bringen und darin für mindestens 10 Stunden zu halten, sicherzustellen.  
Notstandseinrichtungen dürfen keine sicherheits-technisch nachteiligen Auswirkungen auf Maßnahmen und Einrichtungen der Sicherheitsebene 3 haben.

#### Extract SiAnf - Annex 3 - § 1

- 1 (9) Bei Funktionsuntüchtigkeit der Warte in-folge von Notstandsfällen ist sicherzustellen, dass die Anlage mit Hilfe von Notstandseinrichtungen ohne Handeingriff in einen kontrollierten Anlagenzustand übergeht und mindestens 10 Stunden darin verbleiben kann. Darüber hinaus muss die Anlage mit Hilfe der Notstandseinrichtungen in einen Zustand gebracht werden können, der die anschließende Nachwärmeabfuhr über ein Nachkühlsystem langfristig sicherstellt. Notstandsmaßnahmen, für die eine hinreichende Karenzzeit besteht oder für deren Auslösung durch administrative Maßnahmen Vorsorge getroffen werden kann, müssen nicht automatisiert werden. Zur Langzeitbeherrschung des Notstandsfalls kann auf vor Ort vorhandene Hilfsmaßnahmen zurückgegriffen werden.

#### 3.4.3. Frankrijk - automatisch/autonoom functioneren

Guide ASNR 22 vraagt dat de eerste manuele actie gebeurt na 30 minuten als ze in de hoofdcontrolezaal moet worden uitgevoerd. In andere gevallen moet een periode van 1 uur zonder manuele actie in rekening worden gebracht. Dit is van toepassing op nieuwe reactoren. Bestaande reactoren waren ontworpen met kortere periodes (respectievelijk 20 minuten en 25 tot 35 minuten).

#### Extract Guide ASNR 22 - §3.3.1.4.5

3.3.1.4.5 Au titre des règles d'études des conditions de fonctionnement de référence de catégories 2 à 4, un délai minimal après la première information significative transmise aux opérateurs après l'EIU doit être retenu pour la première action manuelle :

- 30 minutes pour une action depuis la salle de commande principale ;
- une heure pour une action en dehors de la salle de commande principale.

Des cas particuliers correspondant à des phases d'exploitation où la présence de personnel en local est obligatoire peuvent être admis sous réserve de justification.

De plus, la faisabilité des actions humaines nécessaires pour amener et maintenir le réacteur à l'état sûr doit être assurée.

#### 3.4.4. *Nederland - automatisch/autonoom functioneren*

De handreiking VOBK vraagt een automatisering om ervoor te zorgen dat er voor interne gebeurtenissen de eerste 30 minuten na een ontwerpongeval geen manuele acties nodig zijn. Voor een specifieke gebeurtenis waarbij dat wel sneller nodig is, is dat toegestaan omdat de ongevalsdiagnose in die specifieke situatie eenduidig, helder en snel kan gebeuren.

Daarnaast moet, voor externe bedreigingen, het autonoom functioneren van de veiligheidsfuncties gegarandeerd zijn. Dit geldt voor de energievoorziening en alle koel- en bedrijfsmiddelen die nodig zijn om het systeem in een gecontroleerde toestand te brengen en te houden gedurende ten minste 10 uur.

Ten slotte moet het beschermingssysteem van de reactor de nodige veiligheidsacties automatiseren, zodat een actie van de operatoren niet nodig is binnen een bepaalde periode, die gerechtvaardigd moet worden.

#### Extract Handreiking VOBK - §3

3.1 (3) In addition to subsection 3.1 (2), the following design principles shall be applied to the safety systems at level 3a of defence in depth to ensure sufficient reliability:  
(...)  
h. automation (in the accident analysis, installations that have to be actuated manually shall in principle not be considered until 30 minutes have passed).

(...)  
3.1 (11) In case of external hazards, autarchy of the related emergency systems shall be ensured for at least 10 hours with respect to all cooling and operating agents necessary to take the plant to a controlled condition and maintain it in this condition.

(...)  
3.7 (6) The reactor protection system of the nuclear power plant shall be designed

- to be capable of overriding unsafe actions of the control system and
- with fail-safe characteristics to achieve safe plant conditions in the event of failure of the reactor protection system.

The design

- shall prevent operator actions that could compromise the effectiveness of the reactor protection system in operational states and in accident conditions, but not counteract correct operator actions in accident conditions;
- shall automate various safety actions to actuate safety systems so that operator action is not necessary within a justified period of time from the onset of anticipated operational occurrences or accident conditions;
- shall make relevant information available to the operator for monitoring the effects of automatic actions.

### 3.4.5. Zwitserland - automatisch/autonoom functioneren

De ENSI-richtlijn ENSI-G02 vereist een automatisering indien er onvoldoende tijd is voor de diagnose en manuele uitvoering van de actie. Daarnaast mogen er de eerste 30 minuten na bepaalde interne ontwerpgevallen geen manuele acties nodig zijn voor veiligheidsfuncties. Ten slotte moeten de veiligheidssystemen bij externe bedreigingen (e.g. aardbeving, vliegtuigval) een autonome werking hebben gedurende minstens 10 uur om gedurende die tijd de koeling te kunnen blijven verzekeren.

#### Extract ENSI-G02 - § 5.2.2 SE3-Funktionen

5.2.2	<p>SE3-Funktionen</p> <p>a. SE3-Funktionen sind grundsätzlich von Sicherheits- oder Notstand-systemen auszuführen. Der durch Sicherheits- oder Notstandsysteme auszuführende Funktionsumfang ist anlagenspezifisch festzulegen.</p> <p>(...)</p> <p>d. Durch Notstandsysteme ausgeführte SE3-Funktionen müssen mindestens während 10 Stunden autark funktionieren.</p> <p>e. Die Anlage ist so auszulegen, dass zur Beherrschung von Auslegungsstörfällen in den ersten 10 Stunden grundsätzlich nur SE3-Systeme mit entsprechend qualifizierten SSK notwendig sind. Der Einsatz von anderen für die Beherrschung spezifischer Auslegungsstörfälle qualifizierter SSK in den ersten 10 Stunden ist zu begründen.</p> <p>(...)</p>
(...)	
5.2.2.6	<p>Automatisierung (Art. 10 Abs. 1 Bst. f KEV)</p> <p>a. SE3-Funktionen müssen derart automatisiert sein, dass bei Auslegungsstörfällen keine sicherheitsrelevanten Eingriffe des Personals innerhalb der ersten 30 Minuten nach dem auslösenden Ereignis erforderlich werden. Abweichungen sind zu begründen und sicherheitstechnisch zu bewerten.</p> <p>b. Eine SE3-Funktion ist zu automatisieren, falls dem Personal für Diagnose und Durchführung dieser Funktion nicht ausreichend Zeit zur Verfügung steht.</p> <p>c. Eine manuelle Rücksetz- oder Überbrückungsmöglichkeit anstehender Auslösesignale von automatisierten SE3-Funktionen ist zu begründen und sicherheitstechnisch zu bewerten.</p>

## 4. Overzicht van de gekende status voor reactoren in België en het buitenland

### 4.1. Vliegtuigval

#### 4.1.1. Algemene aspecten betreffende vliegtuigval voor België

De bescherming tegen vliegtuigval wordt zowel deterministisch (e.g. de reactor weerstaat de inslag van een vliegtuig met bepaalde kenmerken zoals snelheid, gewicht, ...) als probabilistisch (e.g. de kans op het vrijkomen van radioactieve stoffen) bekeken.

De onderstaande besprekingen focussen op de deterministische analyses. Hierbij moet er een referentievliegtuig worden genomen, waarna geanalyseerd wordt of de reactor hiertegen bestand is. Dit kan ofwel gebeurd zijn bij het ontwerp, ofwel a posteriori (e.g. bij een PSR).

Daarnaast zijn er de probabilistische analyses. Voor alle Belgische reactoren is, als deel van de evaluatie van een vliegtuigval, een risicoanalyse uitgevoerd die geactualiseerd wordt bij de PSR. Deze studies berekenen met verschillende conservatieve aannames de kans op een onaanvaardbare lozing door een vliegtuigval. Het veiligheidsrapport geeft een orde grootte van  $10^{-7}$  per jaar op als aanvaardingscriterium.

Het risico op vliegtuigval kan worden opgesplitst in enerzijds het risico gerelateerd aan het overvliegend luchtverkeer en anderzijds het risico gerelateerd aan luchthavenactiviteiten (i.e. de start- en landingsfasen). Dat laatste is afhankelijk van de afstand tot de luchthaven, het aantal vluchtbewegingen op die luchthaven en de types van vliegtuigen die de luchthaven aandoen. Hierbij wordt er in België gekeken naar 3 categorieën:

- algemene luchtvaart of '*general aviation*' (kleine recreatieve vliegtuigen met een gewicht tot 5,7 ton, met een verdere opsplitsing in éénmotorige en tweemotorige vliegtuigen);
- militair vliegtuig;
- commercieel vliegtuig (mogelijk met een verdere opdeling in klassen).

#### 4.1.2. Status voor bescherming tegen vliegtuigval in Doel 1&2

Er werd in het oorspronkelijk ontwerp van Doel 1&2 geen vereiste betreffende weerstand tegen een vliegtuigval in rekening gebracht.

Bij de eerste PSR (1985) werd aangetoond dat de reactorgebouwen van Doel 1&2 en de dokken voor de opslag van gebruikte kernbrandstof weerstand bieden aan de inslag van een typisch vliegtuig van het type '*general aviation*'. Bovendien werd toen het gebunkerde GNS (Gebouw Noodsystemen) geplaatst, dat zelf beschermd was tegen datzelfde type vliegtuig, met als doel om o.a. een vliegtuigval-ongeval te kunnen weerstaan.

Zowel na 11/09/2001 als bij de stresstest werden bijkomende analyses uitgevoerd omtrent vliegtuigval. Daarbij werd er gekeken naar een zwaarder commercieel vliegtuig dan dat uit de ontwerpbasis van Doel 4. Deze analyses zijn niet gebeurd volgens de vereisten van de ontwerpbasis, maar met een flexibelere en minder conservatieve methode (zoals bij de ontwerpuitbreiding).

Hierbij werd geconcludeerd dat bij de impact van dit vliegtuig een belangrijke beschadiging van de externe betonstructuur van het reactorgebouw niet kon worden uitgesloten. De beschadigingen leiden echter niet noodzakelijk tot schade aan het primaire circuit, de koelingssystemen en de veiligheidssystemen, door de aanwezigheid van het interne omhulsel en betonnen structuren in het reactorgebouw, die bijkomende bescherming bieden.

Er zijn geen analyses uitgevoerd omtrent de inslag van een militair vliegtuig.

In het kader van de verificatie van de naleving van de WENRA SRLs van 2014 (i.e. de zogenaamde '*WENRA gap analysis*') waren er hierover interacties tussen Electrabel en FANC &

Bel V). Deze besprekingen zijn echter stopgezet nadat Electrabel zelf niet langer een uitbating beoogde van Doel 1&2 na 2025 en intussen is deze vereiste (die verder gaat dan de WENRA SRLs) opgenomen in het KB VVKI.

De berekeningen voor de kans op een onaanvaardbare lozing door een vliegtuigval op Doel 1&2 hebben tot nu toe steeds geleid tot de conclusie dat die kans voldoende laag is.

Doel 1&2 voldoet bij een verdere uitbating na 2025 niet aan de gevraagde weerstand tegen vliegtuigval. Een louter probabilistische methode volstaat niet, aangezien een deterministische aanpak vereist is. Die laatste is, volgens de vereisten voor de ontwerpbasis, enkel uitgevoerd met een vliegtuig van het type '*general aviation*' en niet met een militair en een commercieel vliegtuig.

#### 4.1.3. Status voor bescherming tegen vliegtuigval in Tihange 1

Er werd in het oorspronkelijk ontwerp van Tihange 1 geen vereiste betreffende weerstand tegen een vliegtuigval in rekening gebracht.

Bij de eerste PSR (1985) werd aangetoond dat het reactorgebouw van Tihange 1 en de dokken voor de opslag van gebruikte kernbrandstof weerstand bieden aan de inslag van een typisch vliegtuig van het type '*general aviation*'. Bovendien werd toen het gebunkerde SUR (*Système d'Ultime Repli*) geplaatst, dat ook beschermd is tegen datzelfde type vliegtuig. Ook bij de realisatie van de SURE (*SUR étendu*) bij de LTO van Tihange 1 (2020) werd een weerstand ingebouwd tegen de inslag van datzelfde type vliegtuig.

Zowel na 11/09/2001 als bij de stresstest werden bijkomende analyses uitgevoerd. Hierbij werd er gekeken naar een zwaarder commercieel vliegtuig dan dat uit de ontwerpbasis van Tihange 3. Deze analyses zijn niet gebeurd volgens de vereisten van de ontwerpbasis, maar met een flexibelere en minder conservatieve methode (zoals bij de ontwerpuitbreiding).

Hierbij werd geconcludeerd dat bij de impact van dit vliegtuig een belangrijke beschadiging van de externe betonstructuur van het reactorgebouw niet kon worden uitgesloten. Deze beschadigingen leiden echter niet noodzakelijk tot schade aan het primaire circuit, de koelingssystemen en de veiligheidssystemen, door de aanwezigheid van het intern omhulsel en betonnen structuren in het reactorgebouw, die bijkomende bescherming bieden.

Er zijn geen analyses uitgevoerd omtrent de inslag van een militair vliegtuig.

In het kader van de verificatie van de naleving van de WENRA SRLs van 2014 (i.e. de zogenaamde '*WENRA gap analysis*') en de door Electrabel beoogde uitbating van Tihange 1 na 2025, startte Electrabel hierover tussen 2017 en 2020 de eerste studies en interacties met de veiligheidsautoriteit op. Die hadden als doel om een adequaat beschermingsniveau aan te tonen voor Tihange 1 tegen vliegtuigval, door een alternatieve methode toe te passen. De discussies omtrent deze aanpak en de preliminaire studies werden door Electrabel stopgezet toen Electrabel zelf niet langer een uitbating beoogde van Tihange 1 na 2025.

De berekeningen voor de kans op een onaanvaardbare lozing door een vliegtuigval op Tihange 1 hebben tot nu toe steeds geleid tot de conclusie dat deze kans voldoende laag is.

Voor Tihange 1 is bij een verdere uitbating na 2025 de gevraagde weerstand tegen vliegtuigval niet aangetoond. Een louter probabilistische methode volstaat niet, aangezien een deterministische aanpak vereist is. Die laatste is, volgens de vereisten voor de ontwerpbasis, enkel uitgevoerd met een vliegtuig van het type '*general aviation*' en niet met een militair en een commercieel vliegtuig.

#### *4.1.4. Status voor bescherming tegen vliegtuigval in Doel 4*

Bij Doel 4 werd bij het ontwerp en de constructie de weerstand tegen de inslag van een representatief commercieel vliegtuig opgenomen in de ontwerpbasis. De externe betonstructuur van het reactorgebouw weerstaat de impact van dergelijke vliegtuigen en dit ontwerpongeval heeft geen gevolgen voor het primaire circuit. Het tweede niveau verzekert bij een extern ongeval, zoals een vliegtuigval, de essentiële veiligheidsfuncties via de aanwezige nooduitrustingen. Deze nooduitrustingen bevinden zich in gebunkerde gebouwen die bestand zijn tegen de val van een vliegtuig uit de ontwerpbasis.

Zowel na 11/09/2001 als bij de stresstest werden bijkomende analyses uitgevoerd. Hierbij werd er gekeken naar een zwaarder commercieel vliegtuig dan dat uit de ontwerpbasis. Deze analyses zijn niet gebeurd volgens de vereisten van de ontwerpbasis, maar met een flexibelere en minder conservatieve methode (zoals bij de ontwerpuitbreiding). Hierbij werd geconcludeerd dat Doel 4 hiertegen bestand is.

De inslag van een militair vliegtuig maakt geen deel uit van de ontwerpbasis van Doel 4. Naar aanleiding van de LTO van Doel 4 heeft Electrabel studies opgestart om aan te tonen dat Doel 4 weerstand biedt aan de inslag van een representatief militair vliegtuig volgens de vereisten van de ontwerpbasis.

De berekeningen voor de kans op een onaanvaardbare lozing door een vliegtuigval op Doel 4 hebben tot nu toe steeds geleid tot de conclusie dat deze kans voldoende laag is.

Doel 4 voldoet al gedeeltelijk aan de weerstand tegen vliegtuigval die gevraagd is bij een verdere uitbating na 2025. De weerstand tegen vliegtuigval was namelijk, voor een commercieel vliegtuig, reeds van bij het ontwerp meegenomen. Electrabel is bezig het nog ontbrekende deel, i.e. de weerstand tegen de inslag van een militair vliegtuig, aan te tonen om de LTO voor Doel 4 mogelijk te maken.

#### *4.1.5. Status voor bescherming tegen vliegtuigval in Tihange 3*

Bij Tihange 3 werd reeds bij het ontwerp en de constructie de weerstand tegen de inslag van zowel een representatief commercieel vliegtuig als een representatief militair vliegtuig opgenomen in de ontwerpbasis. De externe betonstructuur van het reactorgebouw weerstaat de impact van dergelijke vliegtuigen en dit ontwerpongeval heeft geen gevolgen voor het primaire circuit. Het tweede niveau verzekert bij een extern ongeval, zoals een vliegtuigval, de essentiële veiligheidsfuncties via de aanwezige nooduitrustingen. Deze nooduitrustingen bevinden zich in gebunkerde gebouwen die bestand zijn tegen de val van een vliegtuig uit de ontwerpbasis.

Zowel na 11/09/2001 als bij de stresstest werden bijkomende analyses uitgevoerd. Hierbij werd er gekeken naar een zwaarder commercieel vliegtuig dan dat uit de ontwerpbasis. Deze analyses zijn niet gebeurd volgens de vereisten van de ontwerpbasis, maar met een flexibelere en minder conservatieve methode (zoals bij de ontwerpuitbreiding). Hierbij werd geconcludeerd dat Tihange 3 hiertegen bestand is.

De berekeningen voor de kans op een onaanvaardbare lozing door een vliegtuigval op Tihange 3 hebben tot nu toe steeds geleid tot de conclusie dat deze kans voldoende laag is.

Tihange 3 voldoet voor het aspect vliegtuigval al volledig aan het KB VVKI, aangezien de weerstand tegen vliegtuigval reeds van bij het ontwerp was meegenomen, zowel voor een commercieel vliegtuig als voor een militair vliegtuig.

#### *4.1.6. Status voor bescherming tegen vliegtuigval in Gravelines (Frankrijk)*

Volgens de beschikbare gegevens over de 'palier 900 MW<sub>e</sub>' (waar de reactoren van Gravelines toe behoren) zijn er voor accidentele vliegtuigval alleen vliegtuigen van het type 'general aviation' opgenomen in de ontwerpbasis. Afhankelijk van de reactoren in kwestie is het geselecteerde vliegtuig ofwel zowel een Cessna 210 als een Learjet 23, ofwel enkel een Cessna 210.

Voor elke kerncentrale in Frankrijk (inclusief Gravelines) werd een studie uitgevoerd naar de lokale karakteristieken voor het luchtverkeer. Deze studie wordt elke 10 jaar opnieuw geëvalueerd tijdens de PSR. Hieruit blijkt dat de dimensionering (d.w.z. de keuze van vliegtuigen voor het ontwerp) voldoende was.

ASNR heeft aangegeven dat de situatie in Gravelines voldoet aan RFS I.2.a.

#### *4.1.7. Status voor bescherming tegen vliegtuigval in Borssele (Nederland)*

Er werd in het oorspronkelijk ontwerp van Borssele geen vereiste betreffende weerstand tegen een vliegtuigval in rekening gebracht.

In het kader van een periodieke veiligheidsherziening in de jaren '90 werd de weerstand tegen de val van een klein sportvliegtuig (Cessna 210) aangetoond. Er is gekozen voor een dergelijk vliegtuig omdat er rekening mee gehouden werd dat Borssele niet op een aanvliegroete voor grote verkeersvliegtuigen ligt. In de buurt ligt wel een luchthaven voor, met name, recreatief vliegverkeer.

In het kader van de stresstest (2011) toonden analyses aan dat voor een bepaald type van verkeersvliegtuig het containment niet zal doorbreken. Echter, voor nog grotere toestellen zoals de Boeing 767 kan de weerstand van het containment niet worden aangetoond. Het reactorvat zit wel diep in het containment en is daar beschermd door een eigen bunker.

Op basis van de jaarfrequentie van neergestorte vliegtuigen in Nederland en de plaatselijke intensiteit van het vliegverkeer boven de locatie van de kernenergiecentrale is de frequentie voor directe en indirecte impact berekend (en niet de kans op een onaanvaardbare lozing). Dit is gedaan voor drie typen vliegtuigen.

#### *4.1.8. Status voor bescherming tegen vliegtuigval in Beznau 1 (Zwitserland)*

Bij de bouw van de oudste Zwitserse kerncentrales, zoals Beznau, was een vliegtuigval niet opgenomen in het ontwerp. Later, in de jaren 1980, zijn er gebunkerde noodsystemen bijgeplaatst die ontworpen zijn om een neerstortend militair vliegtuig te weerstaan.

Een specifieke veiligheidsanalyse toonde later aan voor Beznau 1 dat de ontwerpvereisten met betrekking tot vliegtuigval voor recentere Zwitserse kerncentrales worden nageleefd. Dit komt overeen met het neerstorten van een Boeing 707. Er werd aangetoond dat er nog extra veiligheidsmarges zijn voor dat type vliegtuigcrash.

Er werden probabilistische veiligheidsbeoordelingen uitgevoerd om het risico van radioactieve lozingen ten gevolge van vliegtuigval te beoordelen. Hieruit blijkt dat het risico voldoende laag is door de aanwezigheid van de gebunkerde noodsystemen.

## 4.2. Aardbeving

De weerstand tegen aardbeving wordt vaak uitgedrukt in termen van theoretische aardbevingen waartegen de reactor bestand is:

- De SSE (*Safe Shutdown Earthquake*) is een aardbeving waarbij de reactor veilig kan worden stilgelegd. De SSE vormt de ontwerpbasisaardbeving en is de belangrijkste aardbeving waartegen weerstand vereist is. De SSE is vergelijkbaar met de DBE (*Design Basis Earthquake*) die soms ook gebruikt wordt.
- De OBE (*Operating Basis Earthquake*) is een lichtere aardbeving waartegen de reactor bestand is zonder te moeten overgaan tot stilstand (om verificaties uit te voeren).
- De RLE (*Reference Level Earthquake*) is de zwaarste aardbeving. Het maakt geen deel uit van de ontwerpbasis, maar van de ontwerpuitbreiding. De weerstand tegen de RLE mag daarom worden aangetoond met flexibelere en minder conservatieve methodes. De RLE werd onder meer gebruikt voor de stresstest.

Het niveau van deze aardbevingen wordt vaak uitgedrukt in termen van de maximale grondversnelling (*peak ground acceleration*) in grootheden van  $m/s^2$  of  $g$  (i.e. de zwaartekrachtversnelling).

### 4.2.1. Status voor bescherming tegen aardbeving in Doel 1&2

Doel 1&2 werd oorspronkelijk gebouwd zonder enige seismische vereiste in de ontwerpbasis. Tijdens de eerste PSR (1985) werd het seismische risico ingeschat. Op basis daarvan werd een SSE gedefinieerd van 0,058g. De seismische weerstand hiertegen werd gecontroleerd voor een aantal kringen en verhoogd via het plaatsen van nieuwe noodsystemen in het seismisch ontworpen GNS (Gebouw Nucleaire Noodsystemen).

Bij Doel 1&2 werd er initieel geen OBE gedefinieerd. Bij de tweede PSR (1995) is er vervolgens een OBE bepaald van 0.02g. De weerstand hiervoor bij de mechanische en elektrische uitrustingen met een veiligheidsfunctie werd hierbij gecontroleerd.

De geschiktheid van de SSE werd op verschillende momenten beoordeeld, laatst in 2015. Een SSE van 0,058g komt overeen met een overschrijdingsfrequentie tussen  $10^{-3}$  en  $10^{-4}$  per jaar. Een aardbeving van 0,1g komt daarentegen overeen met een overschrijdingsfrequentie tussen  $10^{-4}$  en  $10^{-5}$  per jaar.

Bij de LTO van Doel 1&2 is er een Seismic Margin Assessment uitgevoerd en werden er hieruit verbeteringsacties ondernomen. Op basis hiervan wordt de minimale weerstand tegen een aardbeving van 0,1g aangetoond (via een flexibelere demonstratie dan normaal voorzien is voor de ontwerpbasis) voor systemen die gebruikt worden om de reactor na een aardbeving naar stilstand te brengen. Daarnaast toonde dit ook de weerstand tegen 0,1g aan bij het lange termijnbeheer van andere ongevallen. Echter, dit is niet geanalyseerd voor alle veiligheidssystemen (zoals deze noodzakelijk bij het korte termijnbeheer van sommige ongevallen). Een seismische weerstand tegen aardbeving van 0,1g zou, bij een verdere uitbating na 2025 voor Doel 1&2, voor alle veiligheidssystemen gecontroleerd en bereikt moeten worden.

Als onderdeel van de stresstest werd de seismische weerstand en marges verder onderzocht voor een RLE van 0.17g. Deze werd voor de meeste gebouwen bereikt met niveau "hoog". Dit was enkel niet het geval voor het GNH (Gebouw Nucleaire Hulpmiddelen) dat o.a. de splijstofdokken bevat.

Doel 1&2 voldoet bij verdere uitbating na 2025 nog niet volledig aan de gevraagde aardbevingsweerstand in de ontwerpbasis. Dit doordat de uitgevoerde Seismic Margin

Assessment en de hieruit volgende acties er niet toe hebben geleid dat voor alle veiligheidssystemen aangetoond is dat ze bestand zijn tegen 0,1g.

#### *4.2.2. Status voor bescherming tegen aardbeving in Tihange 1*

Tihange 1 werd oorspronkelijk gebouwd met een seismische weerstand in de ontwerpbasis. Deze komt overeen met een SSE van 0,1g en een OBE van 0,05g. Tijdens de eerste PSR (1985) werd het seismische risico voor Tihange opnieuw geëvalueerd. Hieruit bleek dat de SSE moest herzien worden naar 0,17g.

De geschiktheid van deze SSE werd meermaals bevestigd, laatst in 2015. De SSE komt overeen met een overschrijdingsfrequentie tussen  $10^{-4}$  en  $10^{-5}$  per jaar.

Als onderdeel van de stresstest werd de seismische weerstand en marges verder onderzocht voor een RLE van 0,3g. Deze weerstand werd voor de meeste gebouwen bereikt met niveau "hoog". Dit was enkel niet het geval voor het gebouw met de splijstofdokken en het BAE (*Bâtiment des Auxiliaires Electriques*).

Tihange 1 voldoet dus aan de gevraagde aardbevingsweerstand in de ontwerpbasis.

#### *4.2.3. Status voor bescherming tegen aardbeving in Doel 4*

Doel 4 werd oorspronkelijk gebouwd met een seismische weerstand in de ontwerpbasis. Deze komt overeen met een SSE van 0,1g en een OBE van 0,05g.

De geschiktheid van deze SSE werd meermaals bevestigd, laatst in 2015. De SSE komt overeen met een overschrijdingsfrequentie tussen  $10^{-4}$  en  $10^{-5}$  per jaar.

Als onderdeel van de stresstest werd de seismische weerstand en marges verder onderzocht voor een RLE van 0,17g.

Doel 4 voldoet dus aan de gevraagde aardbevingsweerstand in de ontwerpbasis.

#### *4.2.4. Status voor bescherming tegen aardbeving in Tihange 3*

Tihange 3 werd oorspronkelijk gebouwd met een seismische weerstand in de ontwerpbasis. Deze komt overeen met een SSE van 0,17g en een OBE van 0,05g.

De geschiktheid van deze SSE werd meermaals bevestigd, laatst in 2015. De SSE komt overeen met een overschrijdingsfrequentie tussen  $10^{-4}$  en  $10^{-5}$  per jaar.

Als onderdeel van de stresstest werd de seismische weerstand en marges verder onderzocht voor een RLE van 0,3g. Voor verschillende gebouwen werd de weerstand nog hoger ingeschat.

Tihange 3 voldoet dus aan de gevraagde aardbevingsweerstand in de ontwerpbasis.

#### *4.2.5. Status voor bescherming tegen aardbeving in Gravelines (Frankrijk)*

De Franse reactoren hebben een specifieke situatie, omdat er historisch gezien voor gekozen is om reactoren te bouwen per type ('*palier technique*'). Hierbij zijn reactoren van dezelfde '*palier*' quasi volledig identiek en hebben ze dezelfde ontwerpbasis voor de gelijkaardige onderdelen, ongeacht de locatie. Wat aardbevingen betreft, wordt dit weerspiegeld in het gebruik van gestandaardiseerde responspectra. Het DBE-spectrum (*Design Basis Earthquake*) dat van toepassing is op het ontwerp van de constructies op de locatie Gravelines is het site-onafhankelijke EDF-spectrum, gestandaardiseerd op 0,2g. Gravelines bevindt zich in een gebied dat seismisch actiever is dan de sites van de Belgische reactoren.

Op basis van historische gegevens werd een site-specifieke *Safe Shutdown Earthquake* (SSE) bepaald. Voor Gravelines komt dit globaal overeen met een SSE van 0,27g. Een overschrijdingsfrequentie van  $10^{-4}$  per jaar wordt gerespecteerd.

Als onderdeel van een *Seismic Margin Assessment* na het ongeval in Fukushima-Daiichi besluit een studie dat voor de reactoren van de kerncentrale van Tricastin (i.e. dezelfde '*palier*' als Gravelines) de seismische weerstand groter is dan 0,3g en aanzienlijke robuustheidsmarges vertoont. Dit is het gevolg van de zeer voorzichtige methodes die gebruikt zijn, zowel voor het bepalen van het seismische gevaar als voor het ontwerpen van de installatie.

Na Fukushima en op vraag van ASN, heeft de uitbater bijkomende middelen, i.e. de '*noyau dur*', voorzien voor extreme situaties. Deze zijn in Gravelines gedimensioneerd voor 0,41g.

#### 4.2.6. Status voor bescherming tegen aardbeving in Borssele (Nederland)

Nederland is een regio met betrekkelijk lage seismische activiteit en dit geldt ook voor het gebied rond de kerncentrale Borssele. In het oorspronkelijke ontwerp werd dan ook geen ontwerpbasis-aardbeving gespecificeerd.

De ontwerpbasis-aardbeving werd later vastgelegd tijdens verschillende periodieke veiligheidsherzieningen. Het ontwerp van de kerncentrale gaat voorzichtigheidshalve uit van een aardbeving die resulteert in een maximale grondversnelling van ongeveer 0,06g op grondniveau (en 0,075g op het niveau van de ondersteunende bodemlaag van de fundering). Deze ontwerpbasis-aardbeving zou volgens kansberekening in Borssele één keer in de 30.000 jaar kunnen optreden en heeft dus een overschrijdingsfrequentie van ongeveer  $3 \cdot 10^{-5}$  per jaar.

In 2011 heeft uitbater EPZ, in het kader van de stresstest, met zijn seismische analyses aannemelijk gemaakt dat de centrale voldoet aan deze ontwerpbasis en dat er daarbovenop voldoende veiligheidsmarges zijn, dit via een '*Seismic Margin Assessment*'. Alle essentiële componenten en structuren (die de fundamentele veiligheidsfuncties verzekeren), inclusief het reactorgebouw, zijn bestand tegen seismische belastingen tot tenminste 0,15g. Meerdere onderdelen van de centrale (veiligheidssystemen en gebunkerde gebouwen) kunnen weerstaan aan een zwaardere belasting.

#### 4.2.7. Status voor bescherming tegen aardbeving in Beznau 1 (Zwitserland)

Beznau 1 is gebouwd in een gebied dat seismisch actiever is dan de sites van de Belgische reactoren. De reactor werd dan ook ontworpen en aangepast om bestand te zijn tegen zwaardere aardbevingen.

Beznau 1 werd oorspronkelijk gebouwd met een seismische weerstand in de ontwerpbasis die overeenkomt met een SSE van 0,12g.

De seismische risicokaarten van 1977 en hun omzetting in een probabilistische risicocurve vormden de basis voor daaropvolgende moderniserings- en renovatieprojecten in Beznau 1. De seismische ontwerpbasis werd naar aanleiding hiervan herzien naar een SSE van 0,15g aan de onderkant van het reactorgebouw en 0,21g aan het grondoppervlak.

Sinds 2015 werd er rekening gehouden met nieuwe risico-inschattingen die gebaseerd zijn op een terugkeurfrequentie van  $10^{-4}$  per jaar. Dit zorgde voor een verdere aanpassing van de seismische ontwerpbasis. De huidige seismische weerstand in de ontwerpbasis is een SSE van 0,3g aan de onderkant van het reactorgebouw en 0,38g aan het grondoppervlak.

### 4.3. Gedeelde systemen

#### 4.3.1. Status voor gedeelde systemen in Doel 1&2

Doel 1&2 is een tweelingcentrale, wat betekent dat verschillende systemen en uitrustingen van bij het ontwerp gedeeld en sterk geïntegreerd zijn. Sinds het begin van de uitbating heeft de uitbater verbeteringsprojecten uitgevoerd om de onafhankelijkheid van beide individuele reactoren te verhogen, maar vanwege het initiële ontwerp is een volledige onafhankelijkheid moeilijk door te voeren.

Zo worden de veiligheidsgebonden uitrustingen gevoed vanuit een gemeenschappelijk elektrisch net en vervolgens onderverdeeld in vier treinen. Globaal gezien voeden twee van de vier elektrische treinen de veiligheidsgebonden uitrustingen van Doel 1, terwijl de andere twee elektrische treinen zijn toegewezen aan Doel 2. Toch zijn er verschillende uitrustingen van Doel 1 die door een elektrische trein van Doel 2 gevoed worden, en omgekeerd.

Daarnaast is het zo dat deze stilstandskoelkring, net als een deel andere uitrustingen, gekoeld wordt door de 'nucleaire tussenkoelkring', die op zijn beurt (o.a. bij interne ongevallen) gekoeld wordt via de hulpkoeltorens met geforceerde trek. De dimensionering van deze systemen is echter niet voldoende om in alle omstandigheden zowel Doel 1 als Doel 2 tegelijkertijd te kunnen stopzetten en daarbij de nodige koeling te verzekeren. Hierdoor zal de nakomende warmte voor één van de twee reactoren langer via de stoomgeneratoren worden afgevoerd.

Doel 1&2 hebben verder ook een gemeenschappelijke controlezaal. De systemen die enkel voor Doel 1 of Doel 2 gebruikt worden, zijn bedienbaar vanop aparte controlepanelen. Voor de hierboven vermelde gemeenschappelijke systemen wordt gebruik gemaakt van gemeenschappelijke bedieningspanelen.

Tenslotte zijn er na de stresstest extra mobiele middelen geplaatst, de BUM (bijkomende ultieme middelen) die gemeenschappelijk zijn voor alle reactoren op de site van Doel. Deze gemeenschappelijke systemen bieden een bijkomende laag van bescherming en brengen de gevraagde onafhankelijkheid tussen reactoren niet in het gedrang.

In het kader van de verificatie van de naleving van de WENRA SRLs van 2014 (i.e. de zogenaamde *WENRA gap analysis*) in 2016-2017 was dit onderwerp het voorwerp van verdere uitwisselingen tussen Electrabel en het FANC & Bel V. Deze besprekingen zijn echter stopgezet nadat Electrabel zelf niet langer een uitbating beoogde van Doel 1&2 na 2025 en intussen is deze vereiste opgenomen in het KB VVKI.

Hoewel een absolute onafhankelijkheid tussen Doel 1 en Doel 2 niet vereist is, is met de huidige situatie de dimensionering van de systemen onvoldoende om de veiligheidsfuncties van Doel 1 en Doel 2 onafhankelijk van elkaar te waarborgen.

#### 4.3.2. Status voor gedeelde systemen in Tihange 1

Er zijn op Tihange 1 geen dergelijke 'gedeelde systemen' zoals het geval is tussen Doel 1 en Doel 2. Desalniettemin zijn er wel systemen van Tihange 2 en Tihange 3 die ondersteuning kunnen bieden aan Tihange 1. Dat is bijvoorbeeld het geval met de CEU (*Circuit d'eau d'ultime secours*, noodwaterkring) en de CEI (*Circuit d'eau d'incendie*, brandbluswaterkring).

Daarnaast zijn er na de stresstest extra middelen geplaatst, de MSU (*Moyens Supplémentaires Ultimes*, bijkomende ultieme middelen) die gemeenschappelijk zijn voor alle reactoren op de site van Tihange. Deze gemeenschappelijke systemen bieden een bijkomende laag van bescherming en brengen de gevraagde onafhankelijkheid tussen reactoren niet in het gedrang.

In het kader van de verificatie van de naleving van de WENRA SRLs van 2014 (i.e. de zogenaamde *WENRA gap analysis*) in 2016-2017 hebben zowel Electrabel als het FANC & Bel V geconcludeerd dat Tihange 1 voldeed aan WENRA SRL E9.5 (die aan de basis ligt van deze reglementaire vereiste).

Zowel voor de koppelingen tussen systemen van verschillende reactoren, als voor de systemen die gedeeld zijn, zijn er geen situaties die een probleem vormen voor de onafhankelijkheid van Tihange 1 ten opzichte van de andere reactoren.

#### *4.3.3. Status voor gedeelde systemen in Doel 4*

De situatie in Doel 4 voor gedeelde systemen is vergelijkbaar met de situatie voor Tihange 1, zoals beschreven in §4.3.2, met extra mobiele middelen die geplaatst zijn voor de kerncentrale van Doel na de stresstest.

Zowel voor de koppelingen tussen systemen van verschillende reactoren, als voor de systemen die gedeeld zijn, zijn er geen situaties die een probleem vormen voor de onafhankelijkheid van Doel 4 ten opzichte van de andere reactoren.

#### *4.3.4. Status voor gedeelde systemen in Tihange 3*

De situatie in Tihange 3 voor gedeelde systemen is vergelijkbaar met de situatie voor Tihange 1, zoals beschreven in §4.3.2.

Zowel voor de koppelingen tussen systemen van verschillende reactoren, als voor de systemen die gedeeld zijn, zijn er geen situaties die een probleem vormen voor de onafhankelijkheid van Tihange 3 ten opzichte van de andere reactoren.

#### *4.3.5. Status voor gedeelde systemen in Gravelines (Frankrijk)*

Gravelines is een kerncentrale die bestaat uit 6 gelijkaardige reactoren. De eerste Franse reactoren (i.e. 'palier 900 MW<sub>e</sub>', zoals in Gravelines) zijn opgericht per twee reactoren. Er zijn gemeenschappelijke systemen tussen deze twee reactoren ('systèmes intertranches'), maar die zijn beperkt in aantal.

De veiligheidsdemonstratie van de reactoren laat toe om de gebeurtenissen te beheren die de volledige site kunnen treffen.

#### *4.3.6. Status voor gedeelde systemen in Borssele (Nederland)*

De kerncentrale van Borssele heeft slechts één reactor op haar site. Er zijn de facto geen problemen met de onafhankelijkheid ten opzichte van een andere reactoreenheid.

#### *4.3.7. Status voor gedeelde systemen in Beznau 1 (Zwitserland)*

Beznau is een kerncentrale met twee tamelijk identieke reactoren (i.e. Beznau 1 en Beznau 2). Er zijn veiligheidssystemen aanwezig die gebruikt kunnen worden door beide reactoren: dieselgeneratoren, het originele noodputwatersysteem (dat onder meer hulpvoedingswater en koelingswater voor de 'tussenkoelkring' kan aanleveren) en het nieuwe speciale noodsituatieputwatersysteem ontworpen voor specifieke externe ongevallen. Daarnaast is er de mogelijkheid om elektrische verbindingen te maken tussen de twee reactoren.

#### 4.4. Automatisch/autonoom functioneren

##### 4.4.1. Status voor automatisch/autonoom functioneren in Doel 1&2

Er zijn automatismen ingebouwd om de reactor uit te schakelen en de veiligheidsuitrustingen in te schakelen bij '1<sup>e</sup> niveau'-ongevallen.

Bij de eerste PSR (1985) werd het gebunkerde GNS (Gebouw Noodsystemen) geplaatst om aan de '2<sup>de</sup> niveau'-ongevallen (dit zijn voornamelijk externe ongevallen) te weerstaan. Dit omvatte ook een noodcontrolezaal die enerzijds de voorafgaande hulpcontrolezaal verving en anderzijds de geïnstalleerde noodsystemen bedient. Hierbij werd ervan uitgegaan dat de noodcontrolezaal in het GNS binnen de 10 minuten bemand is. Automatismen in het GNS zijn dan ook ontworpen om minstens een periode van 10 minuten te overbruggen zonder menselijke ingrepen, zoals o.a.:

- automatische injectie van water in de dichtingen van de primaire pompen;
- automatische start van de noodbijvulling van de stoomgeneratoren;
- automatische regeling van de stoomafblaas.

Doel 1&2 voldoet bij verdere uitbating na 2025 nog niet aan de autonomievereiste. Studies zijn noodzakelijk om de benodigde autonomie te bepalen en kunnen vervolgens ook leiden tot verbeteringen die uitgevoerd moeten worden om deze autonomie te behalen.

##### 4.4.2. Status voor automatisch/autonoom functioneren in Tihange 1

Er zijn automatismen ingebouwd om de reactor uit te schakelen en de veiligheidsuitrustingen in te schakelen bij interne reactorongevallen.

Bij de eerste PSR (1985) werd het gebunkerde SUR (*Système d'ultime repli*) geplaatst om aan externe ongevallen te weerstaan. Om bijkomend ook te kunnen weerstaan aan enkele mogelijke 'common cause' falingen in het controlesysteem of de elektrische voeding, waardoor de controle uit de hoofdcontrolezaal verloren geraakt, werd bij de LTO van Tihange 1 de SURE (*SUR étendu*) gebouwd. Deze is in staat om bij het verlies van de hoofdcontrolezaal of het BAE (*Bâtiment des Auxiliaires Electriques*) de bediening progressief over te nemen.

Hierbij wordt verondersteld dat de operatoren pas in staat zijn de controle te nemen via de SURE 30 minuten nadat ze de hoofdcontrolezaal verlaten hebben. Tot dat moment is er geen menselijke actie vereist. Echter, de SURE moet wel door menselijke actie geactiveerd worden.

Dit scenario van het verlies van de controle vanuit de hoofdcontrolezaal wordt behandeld in een procedure. Hierbij wordt verondersteld dat het controleverlies progressief is en de operatoren in staat zijn om nog acties te ondernemen in de hoofdcontrolezaal, alvorens te vertrekken naar de SURE. Het doel van deze acties is om de eenheid te stabiliseren en de uitrustingen in een veilige stand te brengen of in een zodanige stand dat de reactor zich in een aanvaardbare staat bevindt bij de overname van de controle in de SURE.

In het kader van een door Electrabel beoogde uitbating van Tihange 1 na 2025, werd dit onderwerp besproken tussen Electrabel en het FANC & Bel V in de periode 2019-2020. Hierbij was Electrabel van plan om een scenario te bestuderen waarbij de hoofdcontrolezaal en de BAE plots zouden uitvallen, zonder enige menselijke tussenkomst op korte termijn, via het postuleren van een zwaar extern ongeval dat de BAE zou vernielen en met de veronderstelling dat de SURE, die hiervan fysiek gescheiden is, 100% operationeel blijft. Hierbij is Tihange 1 bij het begin van het scenario operationeel op vol vermogen. Deze studies hadden als doel om een autonomie aan te tonen zonder tussenkomst van een operator gedurende een periode die lang genoeg is om een nieuwe bedrijfsploeg samen te stellen die de controle van de SURE zou overnemen. Deze periode zou vergeleken worden met de 3 uur autonomie op Tihange 2 en 3.

Deze studies kunnen ook leiden tot verbeteringen die uitgevoerd moeten worden om deze autonomie te behalen. Gezien Electrabel zelf niet langer een uitbating na 2025 beoogde voor Tihange 1, zijn deze studies niet uitgevoerd.

#### *4.4.3. Status voor automatisch/autonoom functioneren in Doel 4*

Er zijn automatismen ingebouwd om de reactor uit te schakelen en de veiligheidsuitrustingen in te schakelen bij '1<sup>e</sup> niveau'-ongevallen. Er is, op enkele gerechtvaardigde uitzonderingen na, een periode van 30 minuten voordat er manuele acties nodig zijn.

Daarnaast kan de bunker, voor '2<sup>de</sup> niveau'-ongevallen, automatisch in werking treden en functioneren voor minstens 3 uur na de initiatorgebeurtenis uit de ontwerpbasis.

Doel 4 voldoet hiermee aan de verwachtingen betreffende automatische acties en autonoom functioneren.

#### *4.4.4. Status voor automatisch/autonoom functioneren in Tihange 3*

Er zijn automatismen ingebouwd om de reactor uit te schakelen en de veiligheidsuitrustingen in te schakelen bij '1<sup>e</sup> niveau'-ongevallen. Er is, op enkele gerechtvaardigde uitzonderingen na, een periode van 30 minuten voordat er manuele acties nodig zijn.

Daarnaast kan de bunker, voor '2<sup>de</sup> niveau'-ongevallen, automatisch in werking treden en functioneren voor minstens 3 uur na de initiatorgebeurtenis uit de ontwerpbasis.

Tihange 3 voldoet hiermee aan de verwachtingen betreffende automatische acties en autonoom functioneren.

#### *4.4.5. Status voor automatisch/autonoom functioneren in Gravelines (Frankrijk)*

De situatie in Gravelines voor automatische acties en/of autonoom functioneren van veiligheidssystemen komt overeen met de generieke informatie voor de '*palier 900 MW<sub>e</sub>*'.

De eerste manuele actie dient normaliter maar te gebeuren na 20 minuten indien deze actie in de hoofdcontrolezaal uitgevoerd wordt. Voor acties die niet in de hoofdcontrolezaal uitgevoerd worden, is er een periode van 25 tot 35 minuten in rekening gebracht voordat een manuele actie nodig is.

ASNR had in 2016 gevraagd om bij een uitbating na 40 jaar te evalueren hoe de '*palier 900 MW<sub>e</sub>*' zich gedraagt ten opzichte van het referentiekader van nieuwe reactoren. In de PSR zijn er specifieke studies uitgevoerd over bedreigingen (brand, explosie, interne overstroming) en ongevallen die kunnen plaatsvinden. De exploitant heeft hierbij aangetoond dat aan de veiligheidscriteria wordt voldaan of dat er geen 'klifeffect' (i.e. een kleine wijziging in de omstandigheden die leidt tot een buitensporige escalatie van de gevolgen) is.

Ook bij de ultieme middelen ('*noyau dur*') zijn er automatismen voorzien.

#### *4.4.6. Status voor automatisch/autonoom functioneren in Borssele (Nederland)*

In het geval van externe bedreigingen wordt de reactor automatisch afgeschakeld en voor een periode van 10 uur in een 'warme onderkritische' toestand gebracht. Pas na afloop van deze periode is het noodzakelijk dat het personeel ingrijpt, zodat er ruimschoots de tijd is om de juiste maatregelen te treffen. Het is echter ook mogelijk om eerder in te grijpen.

De elektrische energievoorziening van de regelzaal en de reserve-regelzaal geschiedt over twee voedingen, zodat het aansturen van de systemen niet in gevaar komt, ook als er één voeding uitvalt.

In het ontwerp is voorzien dat eventuele foutsignalen, ontstaan door storingen ten gevolge van invloeden van buitenaf, de goede werking van de veiligheidssystemen in het reserve-regelzaalgebouw niet nadelig kunnen beïnvloeden.

Bij een inwendig ongeval wordt het eerste halfuur (30 min) geen actie van de operatoren verwacht.

#### *4.4.7. Status voor automatisch/autonoom functioneren in Beznau 1 (Zwitserland)*

Automatische acties na een ontwerpongeval zijn voorzien in Beznau 1.

Daarnaast beschikt Beznau 1 over een speciaal noodsituatiesysteem dat er bij externe bedreigingen voor zorgt dat de reactor na een noodstop in warme stilstand blijft voor 10 uur zonder manuele acties. Na deze periode moet het personeel, via manuele acties, de reactor verder koelen en overgaan tot koude stilstand.

Specifieke handelingen zoals 'Feed-and-bleed'-koeling bij een ongeval kunnen enkel manueel geactiveerd worden.

## 5. Conclusie

De veiligheidsvereisten voor nucleaire reactoren zijn een nationale bevoegdheid en verschillen daarom tussen landen. Een vergelijking tussen landen is complex en moet rekening houden met de specifieke context, het eigen juridisch kader en de historische situatie voor elk land. Uit de vergelijking komt alvast naar voren dat **alle landen beschikken over regelgeving die een hoog veiligheidsniveau vraagt**, maar ook dat er verschillen zijn die soms niet of moeilijk vergelijkbaar zijn, vanwege het gebruik van verschillende normen, uitgangspunten en berekeningsmethodes.

Binnen Europa is er via WENRA besloten tot harmonisatie door middel van de WENRA SRLs (*Safety Reference Levels*). Deze SRLs zijn opgesteld als minimale vereisten voor bestaande reactoren, waarbij elk land nog de vrijheid heeft om een **eigen aanpak** te hanteren. Alle leden van WENRA hebben zich ertoe verbonden om deze SRLs om te zetten in hun reglementair kader en te verzekeren dat deze op het terrein geïmplementeerd worden. De manier waarop deze omzetting gebeurt, verschilt echter tussen landen.

Omdat het toenmalig reglementair kader niet expliciet dergelijke veiligheidsvereisten bevatte, heeft België er in 2011 voor gekozen om de SRLs op een bindende wijze om te zetten met een **nieuw koninklijk besluit, het KB VVKI** (KB van 30/11/2011 houdende veiligheidsvoorschriften voor kerninstallaties). De veiligheidsvereisten uit het KB VVKI zijn zowel voor nieuwe als bestaande reactoren integraal van toepassing. Voor bestaande reactoren zijn sommige vereisten via de overgangsbepalingen pas later van toepassing, bijvoorbeeld bij een volgende PSR (tienjaarlijkse veiligheidsrevisie). Daardoor worden reactoren die definitief stopgezet zijn tegen 2025 niet geïmplementeerd door enkele vereisten die toegevoegd zijn bij de laatste herzieningen van het KB VVKI.

Verschillende landen hebben ervoor gekozen om de WENRA SRLs om te zetten **via niet-bindende richtlijnen** die door de nucleaire veiligheidsautoriteit worden gebruikt als basis voor de beoordeling van vergunningsaanvragen voor nieuwe reactoren en als referentie om mee te vergelijken bij de PSR voor bestaande reactoren. Dit geeft meer vrijheid aan de nationale veiligheidsautoriteit om te oordelen over de implementatie op het terrein.

**Niet alle landen hebben de WENRA SRLs al volledig omgezet, zoals België reeds gedaan heeft.** Verschillende landen zijn hier nog mee bezig, voornamelijk voor aanpassingen bij de recentste herziening van de WENRA SRLs.

Omdat de WENRA SRLs een pakket van gemeenschappelijke minimale vereisten vormen, zijn er bijgevolg ook **onderwerpen waarbij landen verder gaan**. Dat is logisch, omdat het vaak gaat om bestaande nationale vereisten die al werden toegepast en de harmonisering via WENRA niet als doel heeft om de regelgeving te versoepelen. Zo hanteren verschillende landen een autonomie van 10 uur bij externe bedreigingen, wat verder gaat dan de WENRA SRLs en de Belgische regelgeving.

Toen de 2014-herziening van de WENRA SRLs omgezet werd in de Belgische regelgeving, werden er bijkomende eisen en verduidelijkingen opgesteld. Deze omvatten voornamelijk de weerstand tegen vliegtuigval, gedeelde systemen en automatisch/autonoom functioneren. Samen met de weerstand tegen aardbevingen vormen deze thema's gekende aandachtspunten voor een potentiële verdere uitbating van Doel 1&2 en Tihange 1 en werden ze dan ook als sleutelonderwerpen geselecteerd voor dit rapport.

**Voor drie van die onderwerpen (vliegtuigval, gedeelde systemen en automatisch/autonoom functioneren) heeft België dus besloten om strenger of specifieker te zijn dan de WENRA SRLs.** Deze keuzes zijn bewust gemaakt, en de reden hiervan is tweeledig:

- Er werd rekening gehouden met de **specifieke Belgische situatie**. De locatie van de kerncentrales is een voorbeeld: in ons land liggen de sites in een belangrijk havengebied, op enkele kilometers van dichtbevolkte, stedelijke agglomeraties of in de nabijheid van een luchthaven. Ook keuzes gemaakt bij het (initiële) ontwerp, kunnen specifiek Belgisch zijn. Zo is bv. het onderwerp 'gedeelde systemen' vrij uniek voor ons land, met de 'tweelingreactoren' Doel 1&2. Aangezien dit aandachtspunt niet van toepassing is op andere reactorontwerpen, vormt het geen issue voor de andere landen in dit rapport.
- Het FANC werkt vanuit het uitgangspunt dat de regelgeving moet evolueren volgens het principe van continue verbetering om een zo hoog mogelijk veiligheidsniveau te garanderen. Het doel van de regelgeving en het FANC is immers om de bevolking en het leefmilieu te beschermen tegen de risico's van ioniserende straling. Vandaar dat het FANC bij de omzetting van de WENRA SRLs van 2014, die tot stand kwamen door de getrokken lessen uit het ongeval van Fukushima-Daiichi, een bijkomend doel heeft nagestreefd: het veiligheidsniveau van de Belgische reactoren moet, bij verdere uitbating na 2025, evolueren om het **veiligheidsniveau van de meest recente Belgische reactoren, Doel 4 en Tihange 3, te benaderen**.

Het FANC heeft bij de omzetting voorzien dat de reactoren moesten beantwoorden aan de geëvolueerde eisen bij de volgende PSR, indien erna een verdere uitbating werd beoogd. Hierdoor konden de reactoren toch nog gedurende jaren, i.e. tot 2025, uitgebaat worden.

Naast de sleutelonderwerpen van dit rapport, werden het merendeel van de WENRA SRLs in België omgezet zonder aanvullingen of strengere eisen. Hieruit volgt dan ook dat **de veiligheidsvereisten in België op veel vlakken gelijkaardig en gelijkwaardig zijn aan die in andere Europese landen**.

De vergelijking met de regelgeving in andere landen toont aan dat er ook **inhoudelijk verschillende keuzes gemaakt kunnen worden om de veiligheidsdemonstratie uit te voeren**, en dit nog steeds conform de algemene verwachtingen van de WENRA SRLs.

Bijvoorbeeld voor **vliegtuigval** kan een probabilistische aanpak gebruikt worden, waarbij op basis van waarschijnlijkheid het vliegtuigtype bepaald wordt waartegen de reactor moet bestand zijn. In België wordt (ongeacht de probabiliteit) deterministisch opgelegd om bestand te zijn tegen zowel een representatief commercieel als een representatief militair vliegtuig. Ook andere landen hebben deterministisch een referentievliegtuig vastgelegd (i.e. impact van een militair vliegtuig) of kiezen voor een combinatie van deterministische/probabilistische aanpak.

Voor de **praktische toepassing op het terrein** zijn er momenteel voor Doel 1&2 en Tihange 1 tekortkomingen aanwezig om aan de Belgische regelgeving te voldoen bij een uitbating na 2025. Doel 1&2 voldoet niet aan de vereisten van de WENRA SRLs op het vlak van aardbeving en ook niet aan de bijkomende Belgische vereisten voor de andere onderwerpen. Tihange 1 voldoet niet aan de bijkomende Belgische vereisten voor vliegtuigval en automatisch/autonoom functioneren.

Doel 4 en Tihange 3 beantwoorden reeds grotendeels aan de Belgische regelgeving voor een uitbating na 2025 en zullen hier volledig aan voldoen via de uitvoering van hun LTO-programma.

Het veiligheidsniveau van het ontwerp van Doel 1&2 en Tihange 1 benadert dus nog niet het veiligheidsniveau van Doel 4 en Tihange 3 of van nieuwe reactoren die vandaag zouden worden gebouwd.

Indien een verdere uitbating na 2025 van Doel 1&2 en/of Tihange 1 gewenst is, dan is het uitvoeren van een PSR door de uitbater vereist. Hierbij worden een systematische evaluatie van de nucleaire veiligheid van de reactor en **aanvullende studies** uitgevoerd, waarbij onder

meer het veiligheidsniveau vergeleken wordt met de laatste regelgeving en de huidige normen en praktijken. Hieruit volgen de acties die noodzakelijk zijn om een verdere uitbating mogelijk te maken. Een PSR omvat ook heel wat andere onderwerpen die geen deel uitmaken van de scope van dit rapport (e.g. verouderingsverschijnselen in de installaties, gekwalificeerd uitbatingspersoneel). Het is de verantwoordelijkheid van de uitbater om deze studies uit te voeren en acties voor te stellen, waarna deze door het FANC en zijn filiaal Bel V worden beoordeeld. **Enkel via de PSR kan het FANC bepalen of een eventuele uitbating na 2025 op veiligheidsvlak toelaatbaar is.**

## Annex A – Karakteristieken van de beschouwde reactoren

<i>Reactor</i>	<i>Type</i>	<i>Elektrisch vermogen</i>	<i>1<sup>ste</sup> gebruik</i>	<i>Status</i>
<i>Doel 1</i>	PWR 2-loop	445 MW	15/02/1975	Stopgezet 14/02/2025
<i>Doel 2</i>	PWR 2-loop	445 MW	01/12/1975	In bedrijf LTO 50 jaar
<i>Tihange 1</i>	PWR 3-loop	962 MW	01/10/1975	In bedrijf LTO 50 jaar
<i>Doel 4</i>	PWR 3-loop	1026 MW	01/07/1985	In bedrijf LTO 50 jaar
<i>Tihange 3</i>	PWR 3-loop	1030 MW	01/09/1985	In bedrijf LTO 50 jaar
<i>Gravelines 1</i>	PWR 3-loop	910 MW	25/11/1980	In bedrijf geen einddatum
<i>Borssele</i>	PWR 2-loop	482 MW	26/10/1973	In bedrijf LTO 60 jaar
<i>Beznau 1</i>	PWR 2-loop	365 MW	09/12/1969	In bedrijf geen einddatum