

Notitie: ter ondersteuning van de MER locatiekeuze nieuwe kerncentrales

Aan: S. Zondervan

Van: M. Spaander, L. Rooker

Kopie: R. Tacanho Marques

Datum: 10 november 2025

Referentie: 2.7177/25.328463 C&S

Classificatie: Vertrouwelijk

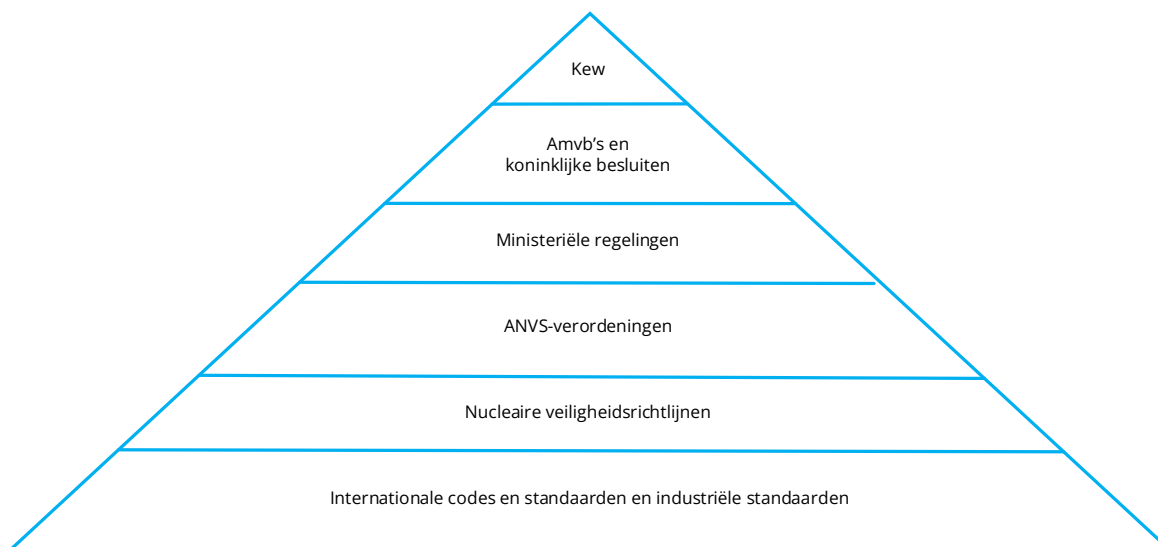
Status: Definitief

Onderwerp: Radiologische aspecten van het wettelijke kader en de locatieverschillen

Het plan-MER “Locatiestudie twee nieuwe kerncentrales” en de toekomstige Integrale Effectanalyse (IEA) bieden die beslisinformatie waarmee de minister van Klimaat en Groene Groei samen met de minister van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening een voorkeurslocatie voor twee nieuwe kerncentrales van het type drukwaterreactor (Pressurized Water Reactor, PWR) kan kiezen. Ter aanvulling van het plan-MER is deze notitie gemaakt om specifiek de radiologische aspecten te beschouwen voor de gebieden die op de longlist zijn geplaatst in de concept-Notitie Reikwijdte en Detailniveau (cNRD) [1]. Elke nucleaire installatie dient minimaal te voldoen aan in de wet vastgelegd criteria. Eerst is het algemeen wettelijke kader t.a.v. de bescherming van mens en milieu voor de risico's van ioniserende straling beschreven. Daarna is deze verder uitgewerkt voor zowel regulier bedrijf als voor ongevalssituaties en dit is aangevuld door de locatie-onderscheidende factoren toe te lichten. Als laatste is het effect op flora en fauna van de huidige operationele kerncentrale opgenomen.

Wettelijk kader van nucleaire veiligheid en stralingsbescherming

In Nederland is de kernenergiewet (Kew) van kracht [2]. Deze biedt de basis voor de implementatie van de Euratom-verdrag richtlijnen en van de normen die door IAEA zijn gesteld. Deze Kew is raamwet met daaraan verbonden regelgeving. De piramide in Figuur 1 geeft de opbouw van het Nederlandse wettelijke kader weer.



Figuur 1 Overzicht van de opbouw van het Nederlandse wettelijk kader [3]

De belangrijkste voorschriften en richtlijnen t.a.v. de bescherming van mens en milieu tegen ioniserende straling in relatie tot nucleaire veiligheid staan in onderstaande tabel; nucleaire beveiliging is buiten beschouwing gelaten.

Tabel 1 Wettelijk kader van toepassing op nucleaire veiligheid

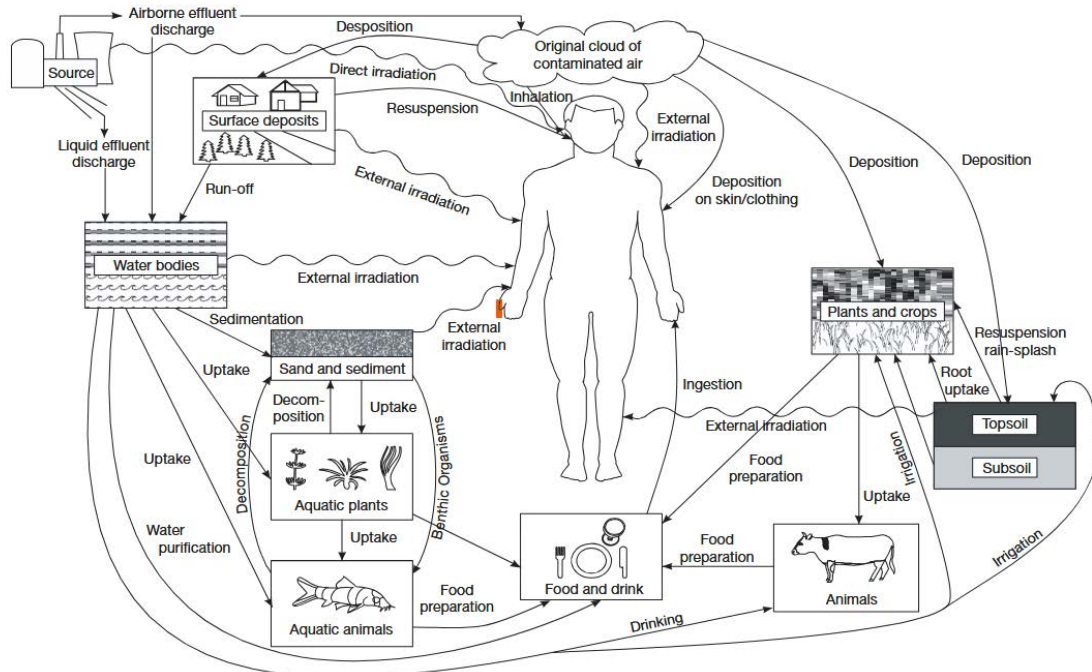
Onderdeel	Document	Nucleaire veiligheid
Euratom-verordening	Euratom-verordening specifiek voor nucleaire veiligheid en stralingsbescherming [3]	
Wetten	Kernenergiewet (Kew) [2] Wet Aansprakelijkheid Kernongevallen (Wako) [4]	
Algemene Maatregelen van Bestuur en andere koninklijke besluiten	Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen (Bkse) [5] Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Bbs) [6]	
Ministeriële regelingen	Regeling basisveiligheidsnormen stralingsbescherming [7] Regeling stralingsbescherming beroepsmatige blootstelling 2018 [8] Regeling nucleaire veiligheid kerninstallaties (Rnvk) [9].	
ANVS-verordeningen	Verordening basisveiligheidsnormen stralingsbescherming [10] Handreiking Veilig Ontwerp en Veilige Bedrijfsvoering van Kerncentrales (Vobk) [11]	

Onderdeel	Document	Nucleaire veiligheid
Nucleaire veiligheidsrichtlijnen	SF-1 Safety Fundamentals [12] SSG-90 Radiation Protection Aspects of Design for Nuclear Power Plants [13] GSR part 3 Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards [14] GSG-9 Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment [15] GSG-10 Prospective Radiological Environmental Impact Assessment for Facilities and Activities [16]	

Voor de impact op het milieu, is er de Wet Milieubeheer [17], gebaseerd op een VN verdrag over milieu impact beoordelingen op grens overstijgend niveau. Sinds 1 januari 2024 zijn een groot aantal regels voor de leefomgeving gebundeld in de Omgevingswet [18]. Deze wet staat voor een goede balans tussen benutten en beschermen van de fysieke leefomgeving. De Kew gaat niet op in de Omgevingswet. Voor zover de conventionele milieuaspecten van nucleaire installatie niet gereguleerd worden door de Kew, is de Omgevingswet het belangrijkste wettelijk kader. Daarnaast zijn er op internationaal niveau IAEA richtlijnen voor kerncentrales specifiek gericht op radiologische lozingen [15] en de radiologische impact op de omgeving [16].

Radiologische consequenties bij regulier bedrijf per locatie

De mens wordt gedurende zijn/haar leven blootgesteld aan zowel natuurlijke als kunstmatige ioniserende straling. De meeste ioniserende straling komt niet van door mensen gemaakte bronnen zoals kerncentrales of medische apparaten, maar komt uit de natuur zelf. De bodem, de lucht en de zee bevatten radioactieve stoffen, en ook van de zon en verder weg in het heelal komt er straling op ons af [19]. Een individu kan via verschillende blootstellingspaden worden blootgesteld, Figuur 2 geeft een schematische weergave hiervan.



Figuur 2 Blootstellingswijzen aan radioactiviteit voor een lid van de bevolking [20]

Dosislimieten zijn vastgesteld voor blootstelling van de bevolking, zie Tabel 2. Deze gelden altijd en daarmee onafhankelijk van de locatie van een nucleaire installatie.

Tabel 2 Individuele wettelijke dosislimieten

criterium	Individuele dosislimieten
Leden van de bevolking	Een maximale effectieve dosis van 0,1 mSv per jaar

Voor leden van de bevolking wordt de blootstelling gerelateerd aan de totale effectieve dosis, dat is de som van de stralingsbelasting van alle verschillende blootstellingspaden van directe straling afkomstig van de installatie, radiologische emissies naar lucht en radiologische emissies naar water.

In de cNRD zijn de volgende gebieden opgenomen als beschouwde locatie:

1. Sloegebied;
2. Maasvlakte I;
3. Maasvlakte II;
4. Terneuzen;
5. Eemshaven.

In de berekening van de totale effectieve dosis zijn de factoren van invloed die per locatie kunnen verschillen. Voor de lozingen aan de lucht worden de meteorologische gegevens meegenomen, zoals de windrichting, windsnelheid en neerslag. Voor lozingen in het water wordt gekeken naar bijvoorbeeld het stromingsdebiet en de temperatuur van het water waarin geloosd wordt. Daarnaast wordt gekeken naar

bebouwing in de omgeving, aanwezige industrie en bewoning. De wettelijke norm verschilt niet per locatie, wel kunnen de uitkomsten van de berekeningen verschillend zijn.

Radiologische consequenties bij ongevalsituaties per locatie

Elke nucleaire installatie moet veilig worden bedreven. Dit wil zeggen dat het beschermen van mens en milieu tegen de schadelijke invloed van ioniserende straling gedurende de gehele levensduur van een kernreactor voldoende gewaarborgd is. Dit wordt aangetoond met een veiligheidsdemonstratie met daarin de radiologisch consequenties ten gevolge van veronderstelde ontwerpongevallen (gebeurtenissen die leiden tot ongevallen waarmee in het ontwerp van de nucleaire installatie rekening is gehouden) en het toelaatbaar risico als gevolg van veronderstelde buitenontwerpongevallen.

Radiologische consequenties bij veronderstelde ontwerpongevallen

Artikel 18, tweede lid, onder a, van het Bkse geeft de dosislimieten voor leden van de bevolking voor veronderstelde ontwerpongevallen. De geformuleerde dosislimiet is afhankelijk van de kans van optreden van de gebeurtenis. Hierbij gaat het om radiologisch lozingen tijdens normaal bedrijf, voorzienbare storingen en ongevallen (Tabel 3).

Tabel 3 Dosislimieten voor veronderstelde ongevallen overeenkomstig artikel 18, 2e lid a, van het Bkse [21]

Gebeurtenisfrequentie F per jaar	Maximaal toegestane effectieve dosis		Maximaal toegestane schildklierdosis
	Personen vanaf 16 jaar	Personen tot 16 jaar	
$F \geq 10^{-1}$	0,1 mSv	0,04 mSv	500 mSv
$F 10^{-1} > F \geq 10^{-2}$	1 mSv	0,4 mSv	500 mSv
$F 10^{-2} > F \geq 10^{-4}$	10 mSv	4 mSv	500 mSv
$F < 10^{-4}$	100 mSv	40 mSv	500 mSv
schildklierdosis \leq 500 mSv			

De veiligheidsdemonstratie voor de beheersing van de veronderstelde ontwerpongevallen bevat zowel thermohydraulische analyses (gedrag van de installatie) als radiologische analyses (gevolgen voor de omgeving).

Thermohydraulische analyses

Bij een thermohydraulische analyse wordt de reactorinstallatie in een computermodel 'vertaald'. Vervolgens wordt berekend hoe de respons van de installatie op de veronderstelde begingebourtenissen zal zijn. Het doel van dergelijke analyses is aan te tonen dat de gevolgen van veronderstelde begingebourtenissen worden beheerst. Er is uitgegaan van een basislijst die is gebaseerd op de internationale IAEA-richtlijnen, de Vobk [11] en waaraan installatie specifieke kenmerken zijn

toegevoegd. Niet al deze begingebourtenissen zijn in detail geanalyseerd, maar alleen de representatieve (afdekkende) begingebourtenissen waarbij de strengste beschermingsdoelstelling van de afgedekte begingebourtenissen wordt gehanteerd.

Met de thermohydraulische analyses wordt aangetoond dat de installatie na alle veronderstelde begingebourtenissen in een veilige toestand kan worden gebracht en gehouden en dat de betreffende veiligheidsdoelstellingen worden gewaarborgd.

Radiologische analyses

In het algemeen leiden ontwerpongevallen niet tot lozingen van radioactiviteit naar de omgeving. Het ontwerp is immers gebaseerd op het beheersen van ontwerpongevallen en dus het insluiten van de radioactiviteit. Bij enkele ontwerpongevallen is het echter mogelijk dat zij een lozing tot gevolg hebben, die uitgaat boven de emissies als gevolg van de normale bedrijfsvoering. Met behulp van een radiologische analyse moet worden aangetoond dat de radiologische consequentie van een dergelijke lozing beneden aanvaardbare grenzen blijven (zie Tabel 3).

Toelaatbaar risico als gevolg van veronderstelde buitenontwerpongevallen

Een kerncentrale dient verder aan te tonen dat het toelaatbaar risico voor de omwonenden als gevolg van veronderstelde buitenontwerpongevallen voldoet aan de daarvoor geldende criteria. In het Nederlandse risicobeleid zijn aparte criteria opgesteld voor het individueel risico en het groepsrisico [5].

- Individueel (plaatsgebonden) risico is de kans dat een persoon, die zich permanent en onbeschermd buiten de betreffende inrichting zou bevinden zou overlijden als gevolg van een buitenontwerpongeval.
- Groepsrisico is de kans dat een groep van ten minste 10 personen direct dodelijk slachtoffer is van een buitenontwerpongeval, of n maal meer direct dodelijke slachtoffers met een kans die n^2 maal kleiner is.

Om dit aan te tonen is het internationaal gebruikelijk om een probabilistische veiligheidsanalyse (PSA; Probabilistic Safety Assessment) uit te voeren. Een PSA van een kerncentrale is een systematisch onderzoek naar de kans op optreden van ongevallen die leiden tot beschadiging van de reactorkern alsmede tot lekkage of falen van de veiligheidsomhulling en naar de gevolgen hiervan voor de omgeving. Net als bij de eerder beschreven ongevalsanalyses van de ontwerpongevallen gebeurt dit door veronderstellende inleidende gebeurtenissen te veronderstellen. Tot de scope behoren gebeurtenissen die een gevolg zijn van een interne oorzaak (zoals falen van componenten of menselijk falen) of zijn geïnitieerd vanuit externe invloeden (zoals een aardbeving of overstroming). Uit alle inleidende gebeurtenissen worden alleen die begingebourtenissen gekozen die kunnen leiden tot kernschade. Van

deze begingebourtenissen worden alle mogelijke ongevalsverlopen bepaald die tot lozing van radioactieve stoffen kunnen leiden. Hiertoe is de PSA onderverdeeld in drie niveaus:

- Niveau 1: Bepaling van de totale kans op ernstige beschadiging of smelten van de reactorkern.
- Niveau 2: Bepaling van de belasting op de veiligheidsomhulling en het mogelijke verlies van de functie ervan. Hierbij worden de specifieke kenmerken van de resulterende ongevalslozingen nauwkeurig bepaald.
- Niveau 3: Uitgaande van de in de niveau 2 analyse bepaalde ongevalslozingen worden de radiologische gevolgen voor mens en milieu bepaald aan de hand van de verspreiding en depositie van radioactieve stoffen in de omgeving, conform de Nederlandse richtlijn niveau-3 PSA [21]. Bij de mens worden de gevolgen onderscheiden in acute en late gezondheidseffecten. Samen met de kans van optreden resulteert dit in het risico.

Tabel 4 toelaatbaar risico voor de omwonenden als gevolg van buitenontwerpongevallen overeenkomstig artikel 18, 3e lid van het Bkse [21]

Type Risico	Toelaatbaar risico
Individueel (plaatsgebonden) risico	$\leq 10^{-6}$ per jaar
groepsrisico	10 slachtoffers $\leq 10^{-5}$ per jaar
	100 slachtoffers $\leq 10^{-7}$ per jaar
	1000 slachtoffers $\leq 10^{-9}$ per jaar

De wettelijk verplichte veiligheidsdemonstratie zal in de nabijheid van de centrale geen verschil leveren op de gestelde limieten voor de leden van de bevolking en daar moet elke installatie aan voldoen. Voor het berekenen van het groepsrisico kunnen de onderzoeken andere resultaten opleveren voor de verschillende gebieden die worden overwogen voor de bouw van een nieuwe kerncentrale, op basis van bevolkingsdichtheid.

Monitoring RIVM en OSPAR

Heel lang is men ervan uitgegaan dat als de mensen beschermd zijn tegen ioniserende straling dit automatisch geldt voor het milieu. Echter door de groeiende wereldwijde aandacht voor biodiversiteit, is hier verder onderzoek naar gedaan. Deze onderzoeken hebben geresulteerd in richtlijnen en adviezen vanuit o.a. de IAEA en de de International Commission on Radiological Protection (ICRP) voor de bescherming van flora en fauna tegen ioniserende straling. De ICRP [22], [23] beveelt het gebruik van Derived Consideration Reference Levels (DCRL) aan voor referentieplanten en -dieren om hiermee het mogelijke effect van ioniserende straling te evalueren. In Nederland zijn er momenteel geen specifieke richtlijnen ten aanzien van ioniserende stralingsblootstelling van biodiversiteit. Binnen de

milieubeschermt dat door het beschermen van populaties van flora en fauna tevens de biodiversiteit beschermd wordt.

In aansluiting hierop is het Europese ERICA-project (Environmental Risk from Ionising Contaminants: Assessment and Management) [24], [25] uitgevoerd. Binnen dit project, gebruikmakend van de DCRLs, is een generieke drempelwaarde van 10 microgray (μGy) per uur (0,24 mGy/d) vastgesteld, bedoeld als een veilige grens voor ecosystemen inclusief alle populaties. Dit wordt beschouwd als een Europese generieke drempelwaarde waarbij er geen schadelijk effect op het niveau van de populatie of het ecosysteem is te verwachten. De ERICA-referentiewaarde is zeker niet bedoeld als limiet of actieniveau.

Periodiek voert het RIVM in opdracht van de ANVS milieumetingen uit bij de terreingrenzen van alle nucleaire installaties. Voor de enige kerncentrale in Nederland, EPZ Borssele, gaven de resultaten van de monsternamen in 2022 op gras, water, luchtstof, sediment en zeewier geen radioactiviteit of een lage hoeveelheid van natuurlijke activiteit [26]. De resultaten zijn in lijn met een eerdere rapportage van het RIVM uit 2019 [27], alsook met de jaarlijkse monsters van die genomen worden door NRG PALLAS.

Het Verdrag inzake de bescherming van het maritieme milieu in het noordoostelijke deel van de Atlantische Oceaan (het "OSPAR-Verdrag") heeft richtlijnen opgesteld om vervuiling door alle nucleaire industrieën te voorkomen en te elimineren door de beste beschikbare technieken en beste milieupraktijken toe te passen. Het OSPAR-rapport uit 2019, specifiek voor Nederland, concludeerde dat de lozingen van alle Nederlandse nucleaire installaties een duidelijk dalende trend vertonen en dat de gerapporteerde waarden al op een zeer laag niveau liggen [28].

Wanneer wordt gekeken naar de huidige kerncentrale als referentie, zijn de radiologische emissies en het effect op flora en fauna in de regio zeer beperkt.

Lijst van afkortingen

ANVS	Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming
Bbs	Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming
Bkse	Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen
cNRD	concept-Notitie Reikwijdte en Detailniveau
DCRL	Derived Consideration Reference Levels
EPZ	Elektriciteits-Produktiemaatschappij Zuid-Nederland
ERICA	Environmental Risk from Ionising Contaminants: Assessment and Management
GSG	General Safety Guide (IAEA)
GSR	General Safety Requirement (IAEA)
IAEA	International Atomic Energy Agency
ICRP	International Commission on Radiological Protection
IEA	Integrale Effectanalyse
Kew	Kernenergiewet
KGG	minister van Klimaat en Groene Groei
MER	Milieu effect rapport
NRG PALLAS	Nuclear research & consultancy group PALLAS
OSPAR	Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic (Oslo & Paris)
PSA	Probabilistic Safety Assessment
PWR	Pressurized Water Reactor
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu
Rnvk	Regeling nucleaire veiligheid kerninstallaties
SSG	Specific Safety Guide (IAEA)
VN	Verenigde Naties
Vobk	Veilig Ontwerp en Veilige Bedrijfsvoering van Kerncentrales
Wako	Wet Aansprakelijkheid Kernongevallen
WENRA	Western European Nuclear Regulators Association

Referenties

- [1] Antea Group, „concept Notitie Reikwijdte en Detailniveau; Plan-MER locatiestudie twee nieuwe kerncentrales,” KGG, Den Haag, 2025.
- [2] Overheid, „Kernenergiewet,” 2024. [Online]. Available: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0002402/2024-07-01/0>.
- [3] European Union, „Consolidated version of the treaty establishing the European Atomic Energy community,” 2016. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:12016A>.
- [4] Overheid, „Wet aansprakelijkheid kernongevallen,” 2024. [Online]. Available: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0003234/2024-09-06>.
- [5] Overheid, „Besluit kerninstallaties, splijtstoffen en ertsen,” 2025. [Online]. Available: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0002667/2025-01-01/0>.
- [6] Overheid, „Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming,” 2025. [Online]. Available: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0040179/2025-01-01/0>.
- [7] Overheid, „Regeling basisveiligheidsnormen stralingsbescherming,” 2025. [Online]. Available: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0040509/2025-01-01>.
- [8] Overheid, „Regeling stralingsbescherming beroepsmatige blootstelling 2018,” 2022. [Online]. Available: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0040573/2022-01-01>.
- [9] Overheid, „Regeling nucleaire veiligheid kerninstallaties (Rnvk),” Minister van Infrastructuur en Milieu en Sociale Zaken en Werkgelegenheid.
- [10] Overheid, „ANVS-verordening basisveiligheidsnormen stralingsbescherming,” 2023. [Online]. Available: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0040581/2023-07-01>.
- [11] ANVS, „Handreiking VOBK,” ANVS, Den Haag, 2023.
- [12] IAEA, SF-1 Fundamental Safety Principles, Vienna: IAEA, 2006.
- [13] IAEA, „SSG-90: Radiation Protection Aspects of Design for Nuclear Power Plants,” IAEA, Vienna, 2024.
- [14] IAEA, GSR, part 3 Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, Vienna: IAEA, 2014.

- [15] IAEA, GSG-9 Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment, Vienna: IAEA, 2018.
- [16] IAEA, „GSG-10: Prospective Radiological Environmental Impact Assessment for Facilities and Activities”.
- [17] Overheid, „Wet Milieubeheer,” Overheid, Den Haag, 2025.
- [18] Overheid, „Omgevingswet,” 1 Januari 2024. [Online]. Available: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0037885/2025-07-01>.
- [19] RIVM, „Straling van natuurlijke bronnen,” 2025. [Online]. Available: <https://www.rivm.nl/straling-en-radioactiviteit/natuurlijke-straling>.
- [20] IAEA, „RS-G-1.8: Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation Protection,” IAEA, Vienna, 2005.
- [21] ANVS, „ANVS Handreiking Niveau-3 PSA,” ANVS, Den Haag, 2020.
- [22] International Commission on Radiological Protection, „Environmental Protection: the concept and use of reference animals and plants, Publication 108,” ICRP, 2008.
- [23] International Commission on Radiological Protection, Protection of the Environment under Different Exposure Situations, 124, ICRP, 2014.
- [24] J. Garnier - Laplace en R. Gilbin, „ERICA (contract number: FI6R-CT-2004-508847). Derivation of predicted-no-effects-dose-rate values for ecosystems (and their sub-organisational levels) exposed to radioactive substances,” 2006.
- [25] J. Garnier - Laplace en et. al., „First derivation of predicted-no-effect values for fresh water and terrestrial ecosystems exposed to radioactive substances. Environmental Science and Technology. Vol. 40, pp. 6498-6505,” American Chemical Society, 2006.
- [26] RIVM, „Environmental monitoring in the vicinity of the Borssele nuclear power plant,” RIVM, Bilthoven, 2023.
- [27] RIVM, „Contra-expertise op bepalingen van radioactiviteit in afvalwater en ventilatielucht van de kernenergiecentrale Borssele,” RIVM, Bilthoven, 2019.
- [28] OSPAR, „Implementation report on OSPAR Recommendation 18/01 on radioactive discharges by the Netherlands OSPAR: nuclear installations 2016-2019,” OSPAR Commission, 2022.