



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

**Evaluatie grenswaarden voor wettelijke
controle van lozing van natuurlijke
bronnen van radioactiviteit**

Onderzoek voor de implementatie van richtlijn
2013/59/Euratom

RIVM Briefrapport 2017-0048
M. van der Schaaf | T. van Dillen | R.O. Blaauboer



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Evaluatie grenswaarden voor wettelijke controle van lozing van natuurlijke bronnen van radioactiviteit

Onderzoek voor de implementatie van richtlijn
2013/59/Euratom

RIVM Briefrapport 2017-0048
M. van der Schaaf | T. van Dillen | R.O. Blaauboer

Colofon

© RIVM 2018

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave.

DOI 10.21945/RIVM-2017-0048

M. van der Schaaf (auteur), RIVM
T. van Dillen (auteur), RIVM
R.O. Blaauboer (auteur), RIVM

Contact:

Martijn van der Schaaf
Milieu en Veiligheid\Centrum Veiligheid\Meten en Monitoring
martijn.van.der.schaaf@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming, in het kader van het programma Stralingsbescherming.

Dit is een uitgave van:
**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**
Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
Nederland
www.rivm.nl

Publiekssamenvatting

Evaluatie grenswaarden voor lozing van natuurlijke radioactiviteit

Onderzoek voor de implementatie van Richtlijn 2013/59/Euratom

Soms wordt in de niet-nucleaire industrie gewerkt met materialen die van nature radioactiviteit bevatten. Deze vorm van radioactiviteit kan in grondstoffen zitten, maar ook in producten, en in rest- en afvalstoffen. De concentraties radioactiviteit in deze stoffen zijn over het algemeen laag. Bij sommige werkzaamheden komt radioactiviteit vrij, die in de lucht of het oppervlaktewater terecht komt. Mens en milieu kunnen dan aan straling worden blootgesteld. Om dit te beperken zijn grenswaarden bepaald. Wanneer deze grenswaarden worden overschreden, moet een bedrijf een vergunning aanvragen en voldoen aan de daarin gestelde voorschriften die mens en milieu tegen straling beschermen.

Uit een evaluatie van het RIVM blijkt dat sommige grenswaarden niet meer voldoen. Enkele zouden moeten worden aangescherpt. Een aantal andere grenswaarden zouden juist minder streng kunnen worden, om ze te laten aansluiten bij de nieuwe Europese regels. Het RIVM doet voorstellen voor aanpassingen.

De grenswaarden zijn geëvalueerd naar aanleiding van nieuwe Europese wetgeving om mensen tegen bronnen van straling te beschermen. Deze voorschriften zijn per 6 februari 2018 opgenomen in de Nederlandse regelgeving. De geëvalueerde grenswaarden dateren van eind jaren negentig van de vorige eeuw, en zijn onder meer met deze nieuwe Europese voorschriften vergeleken.

Kernwoorden: radioactiviteit van natuurlijke oorsprong, natuurlijke bron van radioactiviteit, NORM, lozing, evaluatie, grenswaarden, richtlijn 2013/59/Euratom.

Synopsis

Evaluation of discharge limits for radioactivity of natural origin

Research for the implementation of directive 2013/59/Euratom

In various industries materials are processed that contain radioactivity of natural origin. This type of radioactivity can be found in raw materials, but also in products and in residual and waste materials. The activity concentrations in these substances are generally low. In some processes, radioactivity is discharged to the air or surface water, exposing members of the public and the environment to radiation. Therefore, discharge limits have been established for regulatory control of these discharges. If these limits are exceeded, a company is required to apply for authorisation and to comply with the corresponding requirements to protect people and the environment from radiation.

An evaluation carried out by RIVM demonstrates that some of the discharge limits are no longer adequate. Some of these values should be made more restrictive, where other values could, on the other hand, be relaxed in order to be in line with new European regulations. RIVM has developed a proposal for amendment of these limits.

The discharge limits were evaluated in the framework of the implementation of the new European directive 2013/59/Euratom, laying down basic safety standards for protection of people from sources of radiation. These requirements were incorporated into Dutch legislation on 6 February 2018. The evaluated discharge limits date from the end of the 1990s and were, among other things, compared with these new European regulations.

Keywords: naturally occurring radioactivity, natural sources of radioactivity, NORM, discharge, evaluation, discharge limits, directive 2013/59/Euratom.

Inhoudsopgave

Samenvatting — 9

1. Introductie — 13

- 1.1 Aanleiding en doelstelling van dit onderzoek — 13
- 1.2 Afbakening — 13
- 1.3 Leeswijzer — 14

2. Lozingen versus vrijgave — 15

- 2.1 Lozing van radioactieve stoffen — 15
- 2.2 Vrijgave van radioactieve stoffen van wettelijke controle — 15

3. Wettelijke controle lozingen onder het regime van het Besluit stralingsbescherming — 17

- 3.1 Voorschriften richtlijn 96/29/Euratom — 17
- 3.2 Implementatie in Nederlandse regelgeving — 17
 - 3.2.1 Lozing van natuurlijke bronnen afkomstig van werkzaamheden — 18
 - 3.2.2 Lozing radioactiviteit afkomstig van handelingen — 21

4. Wettelijke controle lozingen onder het regime van het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming — 25

- 4.1 Voorschriften richtlijn 2013/59/Euratom — 25
- 4.2 Implementatie in Nederlandse regelgeving — 25
 - 4.2.1 Lozing van natuurlijke bronnen — 26
 - 4.2.2 Lozing van kunstmatige bronnen — 28

5. Oorspronkelijk berekende lozingscriteria voor natuurlijke bronnen — 29

- 5.1 Berekeningswijze — 29
 - 5.1.1 Specifieke aspecten voor lozing naar lucht — 29
 - 5.1.2 Specifieke aspecten voor lozing naar water — 30
- 5.2 Dosiscriteria — 30
- 5.3 Dosisconversiecoëfficiënten — 30
 - 5.3.1 Lozing naar lucht — 30
 - 5.3.2 Lozing naar water — 31
- 5.4 Beschouwde scenario's — 31
 - 5.4.1 Lozing naar lucht — 31
 - 5.4.2 Lozing naar water — 31
- 5.5 Gekozen referentiescenario — 32
 - 5.5.1 Lozing naar lucht — 32
 - 5.5.2 Lozing naar water — 32
- 5.6 Berekende lozingscriteria — 32

6. Evaluatie — 35

- 6.1 Berekeningswijze — 35
- 6.2 Dosiscriteria — 35
- 6.3 Dosisconversiecoëfficiënten — 36
 - 6.3.1 Lozing naar lucht — 36
 - 6.3.2 Lozing naar water — 37
- 6.4 Representativiteit referentiescenario's — 37
 - 6.4.1 Lozing naar lucht — 37

6.4.2	Lozing naar water — 38
6.5	Verschillen tussen berekende lozingscriteria en vastgestelde grenswaarden — 40
6.5.1	Afronding — 40
6.5.2	Afwijkende grenswaarden — 41
6.5.3	Ontbrekende grenswaarden — 41
6.5.4	Introductie achtervoegsels "+" en "sec" — 42
6.6	Overige bevindingen — 43
6.6.1	Overschrijding individuele dosiscriterium bij lozing Ac-227 naar water — 43
6.6.2	Cumulatierisico ten gevolge lozingen vanaf offshore platforms — 43
6.6.3	Ontbreken van grenswaarde voor natuurlijk uranium — 44
7.	Voorstel voor aanpassing grenswaarden in het Bbs — 45
7.1	Voorstel voor definitie achtervoegsels "+" en "sec" — 45
7.2	Aanpassing grenswaarden voor lozing naar lucht — 46
7.2.1	Aanpassing grenswaarden voor nucliden met "+" — 46
7.2.2	Aanpassing grenswaarden voor nucliden met "sec" — 48
7.3	Aanpassing grenswaarden voor lozing naar water — 50
7.3.1	Aanpassing grenswaarden op basis van criterium voor individuele effectieve dosis — 52
7.3.2	Aanpassing grenswaarden met "sec" op basis van criterium voor individuele effectieve dosis — 53
7.4	Samenvatting voorstel tot aanpassing grenswaarden — 55
7.5	Impact voorgestelde aanpassingen op Nederlandse ondernemingen — 56
7.5.1	Lozingen naar lucht — 57
7.5.2	Lozingen naar water — 57
8.	Conclusies en aanbevelingen — 59
	Referenties — 61

Samenvatting

In dit briefrapport wordt verslag gedaan van een evaluatie van de grenswaarden voor vrijstelling van wettelijke controle van lozingen van natuurlijke bronnen naar lucht en water. Deze grenswaarden zijn opgenomen in Tabel C in Bijlage 3 bij het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (hierna: Bbs), onder de noemer "*vrijgavewaarden voor lozingen in water en lucht van radionucliden ten gevolge van handelingen met van nature voorkomende radionucliden*".

Geconcludeerd wordt dat de berekeningen die aan de basis liggen van de vigerende grenswaarden voor lozingen van natuurlijke bronnen zijn uitgevoerd op een manier die internationaal acceptabel is. Wel geldt dat deze berekeningen bijna twintig jaar geleden zijn uitgevoerd. Hoewel de gehanteerde scenario's in grote lijnen nog als representatief kunnen worden beschouwd, is het evident dat sindsdien ontwikkelingen hebben plaatsgevonden die reden kunnen zijn om blootstellingsroutes opnieuw te onderzoeken en te modelleren. Daarnaast hebben ontwikkelingen plaatsgevonden in de modellering van verspreiding van radioactiviteit en de blootstellingsroutes.

Voor wat betreft de dosiscriteria die ten grondslag liggen aan de oorspronkelijke berekeningen wordt opgemerkt dat deze goed verdedigbaar zijn, gegeven de (Europese) aanbevelingen op dit gebied. Dat geldt ook voor het verlaten van het criterium voor de collectieve dosis in de nieuwe regelgeving. Wel verdient het aanbeveling dit (gewijzigde) uitgangspunt als basisnorm vast te stellen in regelgeving, bij voorkeur voorzien van een toelichting.

Meer specifiek is gesignaleerd dat bij het vaststellen van de grenswaarden in 2001 voor enkele nucliden de berekende waarden niet één-op-één zijn overgenomen uit het onderbouwende rapport. Wat hier de reden voor was is niet duidelijk geworden. Verder zijn in een later stadium bij in totaal twaalf nucliden de achtervoegsels "+" en "sec" geplaatst, zonder dat noodzakelijke numerieke correcties zijn doorgevoerd. Beide zaken kunnen leiden tot overschrijding van het dosis criterium voor de individuele effectieve dosis. Voor een aantal nucliden bestaat in theorie zelfs het risico dat een op grond van deze grenswaarden vrijgestelde lozing leidt tot een blootstelling van leden van de bevolking die groter is dan de locatielimiet¹. Of een dergelijke blootstelling in de praktijk daadwerkelijk plaatsvindt, is in sterke mate afhankelijk van onder meer de bebouwing rondom het lozingspunt. In de (huidige) ANVS-verordening is (net als in de eerder geldende regelgeving) een voorschrift opgenomen dat voor deze gevallen een vergunning eist. Onduidelijk is echter hoe hieraan in de praktijk kan worden voldaan, bij gebrek aan specifieke basisinformatie.

Gesignaleerd is verder dat de definitie van de achtervoegsels "+" ontbreekt. Dit introduceert onduidelijkheden bij het toetsen aan de

¹ Boven de "locatielimiet", met een waarde van 0,1 mSv/a, wordt volgens Bbs artikel 3.7, onder b, geen vergunning verleend.

grenswaarden. Dit briefrapport bevat een voorstel voor een (nieuwe) definitie van deze achtervoegsels, in overeenstemming met Europese aanbevelingen.

Om de grenswaarden (opnieuw) in overeenstemming te brengen met het criterium voor de individuele effectieve dosis heeft het RIVM enkele numerieke correcties uitgevoerd. Daarbij is, om redenen van consistentie, uitgegaan van enkel het criterium voor de individuele effectieve dosis. Dit leidt voor een aantal grenswaarden tot een verlaging of verhoging van de vigerende waarde met een factor 10 of 100. Ten slotte heeft het RIVM een aantal aanvullende grenswaarden afgeleid, waaronder grenswaarden voor de lozing naar lucht en water van natuurlijk uranium, in evenwicht met alle dochternucliden (Unat-sec).

Indien de door het RIVM voorgestelde aanpassingen zouden worden doorgevoerd in de regelgeving, dan zou dit leiden tot een vergunningplicht voor de meeste Nederlandse kolengestookte elektriciteitscentrales. Tegelijkertijd zou dit leiden tot het vervallen van de vergunningplicht voor lozing naar water voor twee olie- en gasondernemingen. Omdat momenteel geen volledig overzicht bestaat van welke andere ondernemingen te maken gaan krijgen met een vergunningplicht, wordt aanbevolen dit in beeld te brengen, te beginnen bij de ondernemingen die een zogenoemde "NABIS-melding" hebben gedaan.

Ten slotte wordt aanbevolen om op de langere termijn nieuwe berekeningen uit te voeren op basis van verbeterde verspreidingsmodellering, en geactualiseerde kengetallen en gegevens over de niet-nucleaire industrie en bijvoorbeeld rioolwater- en drinkwaterzuivering.

De in dit briefrapport voorgestelde aanpassing van grenswaarden is op de volgende pagina samengevat in de vorm van een voorstel tot wijziging van Tabel C uit Bijlage 3 bij het Bbs. Veranderingen van bestaande grenswaarden zijn vetgedrukt, (optionele) aanvullende grenswaarden zijn schuingedrukt en in het grijs weergegeven. Daarnaast is een aanvullende tabel gegeven ter definitie van de achtervoegsels "+".

Voorstel voor nieuwe Tabel C en aanhangsel in het Bbs.

Tabel C

Grenswaarden voor vrijstelling van lozing naar water en lucht van radioactiviteit afkomstig van handelingen met natuurlijke bronnen

Radionuclide ^(a)	Activiteit waterlozingen (GBq per jaar)	Activiteit luchtlozingen (GBq per jaar)
Pb-210+	100	10
Po-210	100	10
Rn-222+	-	10.000
Ra-223+	1.000	-
Ra-224+	1.000	-
Ra-226+	100	1
Ra-228+	100	1
Ac-227+	10	0,1
Th-227	10.000	-
Th-228+	10.000	1
Th-230	1.000	1
Th-232sec	100	0,1
Th-234+	100.000	-
Pa-231	100	0,1
U-234	10.000	10
U-235+	10.000	10
<i>U-235sec</i>	<i>10</i>	<i>0,1</i>
<i>U-238+</i>	<i>10.000</i>	<i>10</i>
U-238sec	10	0,1
<i>Unat-sec</i>	<i>10</i>	<i>0,1</i>

^(a)Radionucliden met het achtervoegsel «+» of «sec» betreffen moedernucliden, die in evenwicht zijn met hun dochternucliden. De in de tabel vermelde waarden hebben betrekking op het moedernuclide, maar de dosis van de dochternucliden die ingroeien zijn daarin reeds verdisconteerd. Dat wil zeggen dat er bij evenwicht uitsluitend getoetst wordt aan de waarde voor het moedernuclide. **Deze verdisconteerde dochternucliden zijn vermeld in het Aanhangsel bij Tabel C:**

Aanhangsel bij Tabel C

Moedernuclide (+/sec)	Omvat (moedernuclide en dochternucliden in evenwicht):
Pb-210+	Pb-210, Bi-210
Rn-222+	Rn-222, Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214
Ra-223+	Ra-223, Rn-219, Po-215, Pb-211, Bi-211, Tl-207
Ra-224+	Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Po-212 (0,64), Tl-208 (0,36)
Ra-226+	Ra-226, Rn-222+
Ra-228+	Ra-228, Ac-228
Ac-227+	Ac-227, Th-227, Ra-223+
Th-228+	Th-228, Ra-224+
Th-232sec	Th-232, Ra-228+, Th-228+
Th-234+	Th-234, Pa-234m
U-235+	U-235, Th-231
U-235sec	U-235+, Pa-231, Ac-227+
U-238+	U-238, Th-234+
U-238sec	U-238+, U-234, Th-230, Ra-226+, Pb-210+, Po-210
Unat-sec	U-238sec + U-235sec (0,72%)

1. Introductie

1.1 Aanleiding en doelstelling van dit onderzoek

De herziening van de Nederlandse regelgeving voor stralingsbescherming in het kader van de implementatie van de voorschriften in richtlijn 2013/59/Euratom (hierna: de richtlijn) is voor de Autoriteit Nucleaire Veiligheid en Stralingsbescherming (ANVS) in 2016 aanleiding geweest het RIVM opdracht te geven de zogenoemde "vrijgavewaarden voor lozingen in water en lucht van radionucliden ten gevolge van handelingen met van nature voorkomende radionucliden" te evalueren.

Concreet zijn hiervoor door de ANVS als onderzoeksvragen geformuleerd:

1. Evalueer de gebruikte uitgangspunten, modellen, parameters, scenario's en conceptuele benadering uit Pruppers, M.J.M., et al (1999). Kijk daarbij in het bijzonder naar de keuze voor scenario W2 ⁽²⁾ (dat als basis is gebruikt voor de bepaling van de vigerende³ vrijgavewaarden voor lozingen naar water), en naar de keuze voor het dosiscriterium van 10 µSv/a. Betrek daarbij de standpunten in Radiation Protection 135 (EC (2003)) en in andere relevante publicaties.
2. Indien uit de evaluatie onder 1 blijkt dat het nodig is om de vrijgavewaarden naar water en/of lucht aan te passen, dient - na overleg met de ANVS, en voor zover mogelijk - in beeld te worden gebracht welke bedrijven in Nederland als gevolg van een dergelijke aanpassing onder een vergunningen-regime komen te vallen.

Het RIVM heeft deze evaluatie in 2016 en 2017 uitgevoerd op basis van een studie van diverse openbare documenten. De bevindingen van dit onderzoek zijn in augustus 2016 en juni 2017 gepresenteerd aan de ANVS, en zijn nu in dit briefrapport vastgelegd.

1.2 Afbakening

- Het onderzoek is beperkt tot lozingen van radionucliden naar water en lucht, ten gevolge van "handelingen met open bronnen met van nature voorkomende radionucliden, voor zover niet toegepast vanwege hun radioactieve, splijt- of kweekeigenschappen" (hierna: handelingen met natuurlijke bronnen)⁴;
- Het onderzoek is beperkt tot menselijke activiteiten waarbij natuurlijke bronnen betrokken zijn, en die tot een significante toename in de stralingsbelasting van medewerkers en publiek kunnen leiden, zoals geïdentificeerd in Bijlage 3.1 bij de Regeling basisveiligheidsnormen stralingsbescherming;

² Dit scenario betreft lozing direct op het oppervlaktewater in de vorm van een rivier met afvoer naar zee

³ D.w.z. vigerend ten tijde van de opdrachtverlening in 2016

⁴ Voorheen "werkzaamheden" genoemd

- Dit onderzoek betreft een puur feitelijke evaluatie, wat inhoudt dat niet is gekeken naar eventuele beleidsmatige motieven voor gesignaleerde afwijkingen.

1.3 Leeswijzer

Dit briefrapport is als volgt opgebouwd: in hoofdstuk 2 wordt, met het oog op een juist begrip van de materie, ingegaan op het verschil tussen lozing en vrijgave van een radioactieve stof. Vervolgens wordt de wettelijke controle van lozing van radioactieve stoffen (inclusief de grenswaarden daarvoor) beschreven, zoals vastgelegd in het eerder geldende stelsel (hoofdstuk 3) en het nieuwe (d.w.z. vanaf 6 februari 2018 geldende) stelsel (hoofdstuk 4). Deze hoofdstukken bevatten ook de te evalueren uitgangspunten. Hoofdstuk 5 gaat in op de berekeningen die ten grondslag liggen aan de grenswaarden in zowel het eerder geldende als het nieuwe stelsel. Hoofdstuk 6 bevat de door de ANVS gevraagde evaluatie, en gaat onder meer in op de berekeningswijze, de dosiscriteria, de gebruikte parameters en de scenario's. In hoofdstuk 7 worden aanbevelingen gedaan voor aanpassing van de grenswaarden, om deze consistent te maken met de uitgangspunten in het nieuwe stelsel. Daarnaast wordt, voor zover mogelijk, de impact beschreven van deze aanpassing op de wettelijke controle van Nederlandse ondernemingen. Hoofdstuk 8 sluit af met een samenvatting van de conclusies en aanbevelingen.

2. Lozingen versus vrijgave

Omdat in de praktijk *lozing* en *vrijgave* nog wel eens door elkaar worden gebruikt⁵, wordt in dit hoofdstuk kort ingegaan op de conceptuele verschillen tussen deze begrippen.

2.1 Lozing van radioactieve stoffen

Tijdens het uitvoeren van handelingen met radioactieve stoffen kan radioactiviteit vrijkomen in het milieu (bodem, water of lucht). Dit wordt ook wel lozing (in het Engels: "*discharge*") genoemd. Afhankelijk van de geloosde nucliden, de hoeveelheid geloosde radioactiviteit, de chemische verbinding en de verspreiding door het milieu kan meer of minder blootstelling optreden van individuen aan ioniserende straling.

Er kan onderscheid gemaakt worden tussen lozingen als gevolg van een ongeval, en lozingen die "gepland" (en onder normale omstandigheden) plaatsvinden. In dit laatste geval is er sprake van een "*handeling*", leidend tot een "*geplande blootstelling*". Conform een graduele aanpak geldt - afhankelijk van de mate van blootstelling - voor handelingen een zeker niveau van wettelijke controle, of eventueel vrijstelling daarvan.

2.2 Vrijgave van radioactieve stoffen van wettelijke controle

Een handeling met een radioactieve stof kan leiden tot een (toename van de) geplande blootstelling van een individu aan ioniserende straling. Voor handelingen met radioactieve stoffen geldt, net als handelingen met bijvoorbeeld toestellen, dat zij onderworpen zijn aan een zeker niveau van wettelijke controle, tenzij daarvoor vrijstelling is verleend.

Radioactieve stoffen die vallen onder het controlestelsel, en waarvan op een zeker moment (bijvoorbeeld als gevolg van radioactief verval) de blootstelling nog slechts zeer gering is, kunnen worden vrijgegeven indien wordt voldaan aan een aantal voorwaarden. Vrijgave is feitelijk een bijzondere vorm van vrijstelling van wettelijke controle, en houdt in dat deze materialen zonder vergunning, registratie of kennisgeving kunnen worden gestort of hergebruikt⁶. De redenering daarbij is dat wettelijke controle niet (meer) bijdraagt aan een verdere optimalisatie van de bescherming tegen blootstelling aan ioniserende straling.

⁵ De ICRP waarschuwt hiervoor in ICRP (2008), para 4.4.1

⁶ Merk dus op dat lozing van het materiaal hier niet onder valt.

3. Wettelijke controle lozingen onder het (nu vervallen) regime van het Besluit stralingsbescherming

De eerder geldende regelgeving onder het regime van Besluit stralingsbescherming (hierna: Bs), per 6 februari 2018 vervangen door het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (hierna: Bbs) en onderliggende voorschriften, was voor een belangrijk deel gebaseerd op richtlijn 96/29/Euratom. Deze richtlijn is inmiddels niet meer van kracht, en vervangen door richtlijn 2013/59/Euratom. In dit hoofdstuk worden de belangrijkste voorschriften met betrekking tot de wettelijke controle van lozing van radioactiviteit in de eerder geldende regelgeving kort beschreven.

3.1 Voorschriften richtlijn 96/29/Euratom

In richtlijn 96/29/Euratom werd een lozing van een *kunstmatige* bron van ioniserende straling (hierna kortweg: kunstmatige bron) geschaard onder het begrip handeling. Handelingen dienden op grond van artikel 3 van deze richtlijn te vallen onder wettelijke controle, tenzij vrijgesteld. Vrijstelling van wettelijke controle⁷ kon worden verleend indien werd voldaan aan de "Algemene basiscriteria", zoals opgenomen in Bijlage I bij deze richtlijn. Deze criteria komen kortweg neer op het volgende:

- Een individuele effectieve dosis in de orde van 10 μ Sv/a of minder voor een lid van de bevolking, en
- Ongeveer 1 mensSv/a voor de collectieve effectieve dosis.

Een lozing van een *natuurlijke* bron van ioniserende straling (hierna kortweg: natuurlijke bron) werd geschaard onder het begrip "werkzaamheid", indien en voor zover de verrichting die leidde tot deze lozing niet plaatsvond met het oog op de radioactieve, kweek- of splijteigenschappen van de betreffende radionucliden⁸. Voor werkzaamheden gold in de richtlijn slechts een zeer beperkt aantal voorschriften. De richtlijn kende geen voorschriften met betrekking tot wettelijke controle van werkzaamheden, en daarom evenmin voor lozingen van natuurlijke bronnen.

3.2 Implementatie in Nederlandse regelgeving

De voorschriften uit richtlijn 96/29/Euratom waren geïmplementeerd in het Besluit stralingsbescherming 2001 (hierna: Bs 2001), en later in het gewijzigde Besluit stralingsbescherming (hierna: Bs) en de Uitvoeringsregeling stralingsbescherming EZ (hierna: Uitvoeringsregeling). Waar de voorschriften in de richtlijn met betrekking tot wettelijke controle alleen golden voor handelingen, is er in de Nederlandse implementatie destijds voor gekozen om deze ook van toepassing te verklaren op werkzaamheden. Bijgevolg golden voor lozingen van natuurlijke bronnen afkomstig van werkzaamheden vergelijkbare voorschriften als voor lozingen afkomstig van handelingen.

⁷ Met "wettelijke controle" wordt bedoeld op een meldingsplicht of een vergunningplicht.

⁸ Een lozing van radionucliden van natuurlijke oorsprong ten gevolge van een handeling met splijtstof werd wel als een "handeling" beschouwd.

De wettelijke controle van lozingen van natuurlijke bronnen afkomstig van werkzaamheden wordt beschreven in paragraaf 3.2.1, de wettelijke controle van lozingen afkomstig van handelingen wordt beschreven in paragraaf 3.2.2.

3.2.1

Lozing van natuurlijke bronnen afkomstig van werkzaamheden

Voor een werkzaamheid leidende tot lozing van natuurlijke bronnen, of eventueel voor enkel de lozing⁹, gold op grond van artikel 108, eerste lid, van het Bs 2001 een vergunningplicht. Daarnaast gold dat de effectieve dosis van een lid van de bevolking ten gevolge van de lozingen vanaf de betreffende locatie (en de eventuele bijdrage van andere handelingen door dezelfde ondernemer op die locatie) op grond van artikel 48, eerste lid, van dit besluit de waarde van 0,1 mSv/a niet mocht overschrijden. Dit diende in de aanvraag van de vergunning te worden aangetoond. In de verleende vergunning werden vervolgens specifieke limieten vastgelegd voor de lozing van radioactiviteit. In het tweede lid van artikel 108 van het Bs 2001 was geregeld dat een lozing was **vrijgesteld** van vergunningsplicht indien de jaarlijks geloosde activiteit vanaf een locatie kleiner is dan de betreffende grenswaarde(n) voor wettelijke controle van lozingen¹⁰.

Dosiscriteria

Voor het afleiden van grenswaarden voor wettelijke controle van lozingen van natuurlijke bronnen afkomstig van werkzaamheden zijn, volgens pagina 170 van de Nota van Toelichting bij het Bs 2001, in het verleden de volgende dosiscriteria gehanteerd:

- 10 µSv/a voor de individuele effectieve dosis voor een lid van de bevolking, en
- 1 mensSv/a voor de collectieve effectieve dosis.

Grenswaarden

De bovenstaande dosiscriteria zijn in Pruppers, M.J.M., et al (1999) "vertaald" naar nuclidespecifieke lozingscriteria, uitgedrukt in het aantal geloosde GBq per jaar (GBq/a). Deze afgeleide lozingscriteria zijn vervolgens afgerond naar machten van 10, en in 2001 als grenswaarden vastgelegd in Tabel 2 in Bijlage 1 van het Bs 2001. Enigszins verwarrend is dat aan de grenswaarden gerefereerd werd als "vrijgavewaarden", terwijl de grenswaarden feitelijk vrijstellingswaarden zijn. De betreffende grenswaarden zijn weergegeven in Tabel 1 op de volgende pagina.

De eerder geldende regelgeving kende geen grenswaarde voor lozing van natuurlijk uranium naar lucht of water. In natuurlijk uranium zijn de verschillende in de natuur voorkomende isotopen in een (vrijwel) vaste verhouding¹¹ aanwezig, doorgaans vergezeld van de bijbehorende dochternucliden. Natuurlijk uranium in seculair evenwicht ("Unat-sec") kan aanwezig zijn in grondstoffen, en als gevolg van bewerking van die grondstoffen worden geloosd.

⁹ Het is niet ondenkbaar dat als gevolg van het uitvoeren van een vrijgestelde werkzaamheid een vergunningplichtige lozing plaatsvindt. De formulering van artikel 108 van het Bs bood in principe ruimte voor het enkel vergunnen van een lozing, en niet de werkzaamheid zelf.

¹⁰ In tegenstelling tot overige werkzaamheden bestond voor lozingen niet een meldingsregime.

¹¹ 99,28 atoom% U-238 en 0,72 atoom% U-235

Belangrijkste voorschriften

Bij veel werkzaamheden is in de praktijk sprake van lozing van verschillende radionucliden tegelijkertijd en/of binnen één kalenderjaar. Op grond van artikel 3, zesde lid, van het Bs 2001, dienden daarom alle activiteiten die binnen een locatie worden geloosd te worden gewogen en gesommeerd. Dat hield in de praktijk in dat - om in aanmerking te komen voor vrijstelling van de hierboven genoemde vergunningplicht voor lozing - de som van de verhoudingen tussen de werkelijk geloosde activiteiten en de bijbehorende grenswaarden kleiner dan of gelijk aan 1 moest zijn. Dit was noodzakelijk om te voorkomen dat het dosiscriterium werd overschreden. In Bijlage 3 van het Bs 2001 was voor zeven radionucliden van natuurlijke oorsprong (Th-234, U-234, U-235, Ra-223, Ra-224, Th-227 en Pa-231) een vrijstelling van de gewogen sommatie vastgesteld. Dat hield tevens in dat de geloosde activiteiten van deze nucliden dus niet apart bepaald hoefden te worden. Het is in dit onderzoek niet duidelijk geworden waar deze bepalingen op waren gebaseerd.

Tabel 1. Grenswaarden voor wettelijke controle van lozing van natuurlijke bronnen afkomstig van werkzaamheden, zoals opgenomen in Bijlage 1 van het Besluit stralingsbescherming 2001

Nuclide	Grenswaarde voor lozing naar water (GBq/jaar)	Grenswaarde voor lozing naar lucht (GBq/jaar)
Pb-210	10	10
Po-210	10	10
Rn-222	-	10.000
Ra-223	1.000	-
Ra-224	1.000	-
Ra-226	10	10
Ra-228	100	1
Ac-227	100	10
Th-227	1.000	-
Th-228	1.000	1
Th-230	100	1
Th-232	100	1
Th-234	10.000	-
Pa-231	10.000	0,1
U-234	1.000	10
U-235	1.000	10
U-238	1.000	10

De grenswaarden voorzien in een "generieke toetsing", waarop een beslissing over eventuele wettelijke controle van een lozing kon worden gebaseerd. Overschrijding van de grenswaarde(n) betekende dat de voor de lozing verantwoordelijke ondernemer diende te beschikken over

een vergunning op grond van de Kernenergiewet. Bij ministeriële regeling kon - ook al werd aan de bovenstaande grenswaarden voldaan - alsnog een vergunning worden vereist in het geval er sprake was van een te hoog risico van blootstelling van werknemers en leden van de bevolking.

Bij de aanvraag voor een dergelijke vergunning diende vervolgens onder meer een berekening van de stralingsbelasting ten gevolge van lozingen van natuurlijke bronnen te worden gevoegd.

Introductie achtervoegsels in Uitvoeringsregeling 2014

De hierboven genoemde grenswaarden waren in de periode 2001-2014 opgenomen in het Bs 2001. Bij de wijziging van deze AmvB op 1 januari 2014 zijn deze grenswaarden, samen met een aantal voorschriften, verplaatst naar de Uitvoeringsregeling stralingsbescherming EZ (hierna: Uitvoeringsregeling). In de Nota van Toelichting bij deze wijziging¹² is destijds aangegeven dat deze verplaatsing verband houdt met het doordelegeren van meerdere technische voorschriften die tot dat moment in het Bs 2001 waren opgenomen, naar het niveau van ministeriële regeling.

Bij de verplaatsing van de tabel met grenswaarden naar Bijlage 1.1 van de Uitvoeringsregeling zijn elf nucliden voorzien van een achtervoegsel "+" of "sec" (zie Tabel 2). Een dergelijk achtervoegsel houdt in dat dochternucliden zijn vrijgesteld van de 'gewogen somregel', en daarom niet apart hoeven te worden bepaald. Er is echter niet gedefinieerd welke dochternucliden dit betreft. Voor de hand ligt dat "sec" duidt op de volledige vervalketen in seculair evenwicht (moedernuclide in absoluut evenwicht met alle dochternucliden in de vervalketen), terwijl "+" doorgaans duidt op het moedernuclide in evenwicht met de relatief kortlevende dochternucliden. Wat onder "relatief kortlevend" wordt verstaan, hangt af van de specificaties van de blootstellingsscenario's (in het bijzonder de betrokken tijdsduren) waarop de grenswaarden zijn gebaseerd¹³. Een reden voor het opnemen van deze achtervoegsels is niet terug te vinden in de Nota's van toelichting bij het Besluit stralingsbescherming of de Uitvoeringsregeling.

Daarnaast is in artikel 7.6 van deze regeling vastgelegd dat voor de gevallen waarin de bovenstaande grenswaarden werden onderschreden, maar de effectieve doses voor leden van de bevolking ten gevolge van water- of luchtlozingen tóch hoger konden zijn dan 10 µSv/a tóch sprake was van een vergunningplicht. In de Nota van toelichting bij de Uitvoeringsregeling is aangegeven dat "... *het hierbij bijvoorbeeld kan gaan om de overslag van minerale zanden (opstuiven; luchtlozing) met een relatief hoge activiteit of waterlozingen op kanalen of rivieren met een klein volume¹⁴, waardoor een relatief hoge concentratie in het water kan ontstaan*". Indien zich dergelijke uitzonderingssituaties voordeden,

¹² Staatsblad 2013, 33-n1, 28 aug 2013

¹³ In het algemeen gaat het er om of bepaalde dochternucliden in het gehanteerde blootstellingsscenario in evenwicht kunnen raken met hun dochternucliden. De duur van het scenario dat is gehanteerd voor de afleiding van de grenswaarden (1 jaar), maar ook de aanname dat er in de 25 jaar voorafgaand aan het scenario werd geloosd, spelen hierbij een belangrijke rol.

¹⁴ Bedoeld wordt hier: debiet.

kon de Minister de onderneming vragen om te onderzoeken of de effectieve dosis beneden het dosiscriterium van 10 $\mu\text{Sv/a}$ bleef. Verder waren in Bijlage 7.2 bij de Uitvoeringsregeling nog enkele aanvullende voorschriften vastgesteld voor toepassing van de sommatieregel bij lozingen van natuurlijke radionucliden naar lucht en water.

Tabel 2. Grenswaarden voor wettelijke controle van lozing van natuurlijke bronnen afkomstig van werkzaamheden, zoals opgenomen in Bijlage 1.1 van de Uitvoeringsregeling stralingsbescherming EZ

Nuclide	Grenswaarde voor lozing naar water (GBq/jaar)	Grenswaarde voor lozing naar lucht (GBq/jaar)
Pb-210+	10	10
Po-210	10	10
Rn-222+	-	10.000
Ra-223+	1.000	-
Ra-224+	1.000	-
Ra-226+	10	10
Ra-228+	100	1
Ac-227+	100	10
Th-227	1.000	-
Th-228+	1.000	1
Th-230	100	1
Th-232sec	100	1
Th-234	10.000	-
Pa-231	10.000	0,1
U-234	1.000	10
U-235+	1.000	10
U-238sec	1.000	10

Voor zover viel na te gaan, zijn bij het vaststellen van de Uitvoeringsregeling in 2014 geen andere voorschriften gewijzigd die betrekking hadden op lozing van radioactiviteit.

3.2.2 *Lozing radioactiviteit afkomstig van handelingen*

Voor een handeling leidende tot lozing van radioactiviteit¹⁵ gold op grond van artikel 35, eerste lid, van het Bs 2001 (en Bs) een vergunningplicht. In het tweede lid was geregeld dat een lozing was vrijgesteld van vergunningsplicht indien de jaarlijks vanaf een locatie geloosde hoeveelheid kleiner was dan de betreffende grenswaarde(n).

¹⁵ Het gaat hierbij vrijwel altijd om radionucliden van kunstmatige oorsprong. Het is echter ook mogelijk dat radionucliden van natuurlijke oorsprong vrijkomen bij handelingen waarbij natuurlijke bronnen worden be- of verwerkt vanwege hun radioactieve eigenschappen.

De vergunningplicht voor lozingen afkomstig van handelingen is, in tegenstelling tot die van lozingen van natuurlijke bronnen, beperkt tot de handeling die leidt tot de lozing. Met andere woorden: voor een lozing van radioactiviteit ten gevolge van een vrijgestelde handeling gold in beginsel nooit een vergunningplicht.

Dosiscriteria

Op pagina 174 van de Nota van Toelichting bij het Bs 2001 wordt het dosiscriterium genoemd dat is gehanteerd voor het afleiden van de grenswaarden voor lozingen afkomstig van handelingen: "*Het dosiscriterium voor de vrijgave¹⁶ in lucht of op het openbaar riool is een individuele dosis van 0,1 μ Sv in een jaar. Dat is een factor 100 lager dan het dosiscriterium voor de vrijgavewaarden¹⁷ van andere handelingen, omdat bij lozingen veel personen kunnen worden blootgesteld¹⁸.*" Op pagina 170 van dit document wordt aangegeven dat dit lager is dan het dosiscriterium voor wettelijke controle van lozingen van natuurlijke bronnen afkomstig van werkzaamheden (10 μ Sv/a), "*wegens de goede beheersbaarheid en optimalisatie-mogelijkheden*".

Grenswaarden

Voor lozingen afkomstig van handelingen waren de grenswaarden in artikel 35 van het Bs 2001 uitgedrukt in een aantal radiotoxiciteits-equivalenten (Re's) per jaar. Een radiotoxiciteitsequivalent (Re) is de activiteit die bij inname door een volwassen lid van de bevolking leidt tot een volg dosis van 1 Sv, onder verwijzing naar de dosisconversiefactoren voor inhalatie en ingestie in Tabel 1 t/m 5 van de Bijlage 1.3 van de Uitvoeringsregeling. Deze grenswaarden zijn samengevat in Tabel 3. Op pagina 217 van de Nota van Toelichting bij het Bs wordt hieraan nog toegevoegd dat deze hoeveelheden betrekking hebben op een locatie.

Tabel 3. Grenswaarden voor wettelijke controle van lozingen afkomstig van handelingen, zoals opgenomen in het Bs

Lozingspad	Grenswaarde voor lozing
Lucht	1 Re _{inh} /a
Oppervlaktewater	0,1 Re _{ing} /a
Riool	10 Re _{ing} /a

Op pagina 218 van de Nota van Toelichting bij het Bs 2001 wordt over de verschillen in grenswaarden voor de diverse lozingspaden opgemerkt: "*De vrijgavewaarde voor lozing in oppervlaktewater zonder riolering en waterzuivering ertussen is veel kleiner omdat daarbij het radionuclide theoretisch veel sneller weer bij de mens kan zijn en om dit type lozing te ontmoedigen.*"

In Pruppers, M.J.M. en Blaauboer R.O. (2002) wordt gesteld dat, gezien de conservatieve aannamen in de berekening van de dosis, het te verwachten is dat de dosis die hoort bij deze grenswaarden het

¹⁶ Bedoeld wordt "lozing".

¹⁷ Hier wordt bedoeld op de grenswaarden voor vrijgave van radioactieve stoffen, die zijn afgeleid van (o.a.) een dosiscriterium van 10 μ Sv/a.

¹⁸ Juist om deze reden is het opmerkelijk dat geen criterium voor de collectieve dosis is gehanteerd.

doscriterium van 0,1 $\mu\text{Sv/a}$ in de praktijk maar in enkele gevallen zal overschrijden.

Belangrijkste voorschriften

De benadering op basis van een maximaal aantal Re's per jaar voorziet "de facto" in een somregel voor het reguleren van gelijktijdige lozingen van verschillende nucliden. Er is dus geen aparte (gewogen) sommatieregel nodig.

Net als voor lozing van natuurlijke bronnen afkomstig van werkzaamheden gold voor lozingen afkomstig van handelingen dat de effectieve dosis van een lid van de bevolking ten gevolge van de lozingen vanaf de betreffende locatie (en de eventuele bijdrage van andere handelingen door dezelfde ondernemer) op grond van artikel 48, eerste lid, van het Bs de waarde van 0,1 mSv/a niet mocht overschrijden.

4. Wettelijke controle lozingen onder het regime van het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste voorschriften met betrekking tot lozing van radioactiviteit uit de "nieuwe", inmiddels vigerende, regelgeving, onder het regime van het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (Bbs), kort beschreven. Deze regelgeving is per 6 februari 2018 in werking getreden en is voor een belangrijk deel gebaseerd op richtlijn 2013/59/Euratom.

4.1 Voorschriften richtlijn 2013/59/Euratom

Artikel 28, onder f, van richtlijn 2013/59/Euratom stelt dat de lidstaat een vergunningplicht hanteert voor "handelingen waarbij aanzienlijke hoeveelheden door de lucht verspreide of vloeibare, radioactieve afvalstoffen in de omgeving vrijkomen". Het eerder gehanteerde onderscheid tussen "handelingen" en "werkzaamheden" is in deze richtlijn verlaten. In tegenstelling tot richtlijn 96/29/Euratom ziet de nieuwe richtlijn daarmee wel op lozingen van natuurlijke bronnen.

De invulling van het begrip "aanzienlijke hoeveelheid", waaronder feitelijk vrijstelling van vergunningplicht geldt, wordt aan de Lidstaten gelaten. Als randvoorwaarde geldt op grond van artikel 6, eerste lid, onder b, dat de effectieve dosis van een lid van de bevolking ten gevolge van (de lozing van) één enkele handeling significant lager zou moeten zijn dan de dosislimiet voor cumulatieve blootstelling van leden van de bevolking.

4.2 Implementatie in Nederlandse regelgeving

Het bovenstaande is geïmplementeerd in het Bbs en de Regeling basisveiligheidsnormen stralingsbescherming (hierna: Rbs). Hierbij zijn, ten opzichte van de eerder geldende regelgeving, enkele wijzigingen doorgevoerd in de regulering van lozing van radioactiviteit. Het onderscheid tussen lozingen van natuurlijke bronnen afkomstig van werkzaamheden en lozingen afkomstig van handelingen is in de nieuwe voorschriften feitelijk gehandhaafd, maar anders geformuleerd. Op pagina 405 van de Nota van Toelichting bij het Bbs wordt daarover opgemerkt: *"In het besluit wordt ... geen onderscheid gemaakt tussen vergunningseisen voor lozingen van natuurlijke radioactieve stoffen en kunstmatige radionucliden, maar worden wel verschillende vrijgavewaarden vastgesteld."*

De wettelijke controle van lozingen van radioactieve stoffen als gevolg van handelingen met van nature voorkomende radionucliden, voor zover niet toegepast vanwege hun radioactieve eigenschappen, is beschreven in paragraaf 4.2.1. Korte tijdshalve worden dergelijke lozingen in dit briefrapport verder "lozingen van natuurlijke bronnen" genoemd. De wettelijke controle van lozingen van radioactieve stoffen als gevolg van andere handelingen (korte tijdshalve "lozing van kunstmatige bronnen") is beschreven in paragraaf 4.2.2.

4.2.1 *Lozing van natuurlijke bronnen*

Lozing van natuurlijke bronnen is een *handeling* die vergunningplichtig is op grond van artikel 3.5, in samenhang met artikel 3.8, vierde lid, onder c, van het Bbs. Vrijstelling hiervan kan worden verleend conform artikel 10.4, eerste lid, indien de in een kalenderjaar geloosde hoeveelheid op een locatie lager is dan de grenswaarden in Bijlage 3, onderdeel B, Tabel C, bij het Bbs.

Dosiscriteria

Op pagina 363 van de Nota van Toelichting bij het Bbs wordt, net als in de eerder geldende regelgeving, de waarde van 10 $\mu\text{Sv/a}$ effectieve dosis genoemd als dosis criterium voor een lid van de bevolking. Het criterium voor de collectieve effectieve dosis, dat als tweede criterium was gehanteerd bij het afleiden van deze grenswaarden in de eerder geldende regelgeving, wordt in de Nota van Toelichting bij het Bbs niet meer genoemd. In het document is hierop verder geen toelichting aangetroffen. Merk op dat het begrip collectieve dosis overigens ook in richtlijn 2013/59/Euratom nergens meer is terug te vinden.

Grenswaarden

Numeriek zijn de grenswaarden in Bijlage 3, onderdeel B, Tabel C, bij het Bbs identiek aan de eerder geldende grenswaarden, zoals genoemd in paragraaf 3.2.1.2. Aan de grenswaarden wordt ook in het Bbs gerefereerd als "vrijgavewaarden", waar deze feitelijk vrijstellingswaarden zijn. In deze tabel is, in vergelijking met de eerder geldende regelgeving, ook het nuclide Th-234 voorzien van een achtervoegsel "+". Onder de tabel is een korte toelichting opgenomen met een algemene beschrijving van deze achtervoegsels:

"Radionucliden met het achtervoegsel «+» of «sec» betreffen moedernucliden, die in evenwicht zijn met hun dochternucliden. In dit geval hebben de in de tabel vermelde waarden betrekking op het moedernuclide, maar zijn de dochternucliden die ingroeien daarin reeds verdisconteerd. Dat wil zeggen dat er bij evenwicht uitsluitend getoetst wordt aan de waarde voor het moedernuclide".

Deze toelichting maakt echter niet duidelijk welke (ingegroeide) dochternucliden het precies betreft. Op pagina 364 van de Nota van Toelichting bij het Bbs wordt overigens wel de volgende opmerking gemaakt over de aanpassing in 2014:

"Mede op verzoek van de Kernfysische dienst van de toenmalige Inspectie Leefomgeving en Transport zijn bij de omzetting van de tabel van het Bs naar de uitvoeringsregeling stralingsbescherming EZ enige aanpassingen gedaan, waardoor de toetsing van de vrijgavewaarden van enkele in de tabel opgenomen radionucliden niet meer plaatsvindt op basis van de individueel te lozen radionucliden maar op basis van de te lozen radionucliden inclusief hun (kortlevende) dochternucliden. Deze aanpassing is in dit besluit voortgezet, en tevens doorgevoerd voor het radionuclide Th-234 omdat voor dochternuclide Pa-234m geen aparte vrijstellingsgrenswaarde bestaat en dit nuclide door de korte halfwaardetijd in evenwicht zal zijn met het moedernuclide."

De grenswaarden, zoals opgenomen in het Bbs, zijn weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4. Grenswaarden voor lozing van natuurlijke bronnen naar lucht en water, zoals opgenomen in het Bbs

Nuclide	Grenswaarde voor lozing naar water (GBq/jaar)	Grenswaarde voor lozing naar lucht (GBq/jaar)
Pb-210+	10	10
Po-210	10	10
Rn-222+	-	10.000
Ra-223+	1.000	-
Ra-224+	1.000	-
Ra-226+	10	10
Ra-228+	100	1
Ac-227+	100	10
Th-227	1.000	-
Th-228+	1.000	1
Th-230	100	1
Th-232sec	100	1
Th-234+	10.000	-
Pa-231	10.000	0,1
U-234	1.000	10
U-235+	1.000	10
U-238sec	1.000	10

Belangrijkste voorschriften

Net als in de eerder geldende regelgeving dienen, indien op een locatie binnen een kalenderjaar verschillende radionucliden worden geloosd, deze volgens artikel 3.17, derde lid, van het Bbs gewogen te worden gesommeerd volgens de voorschriften in artikel 3.13, eerste lid van de ANVS-verordening. Deze voorschriften zijn beperkt tot het hanteren van een gewogen sommatie. De betrekkelijk gedetailleerde aanvullende voorschriften met betrekking tot sommatie, die waren vastgelegd in Bijlagen 1.2 en 7.2 van de Uitvoeringsregeling, zijn in de nieuwe regelgeving voor een belangrijk deel geschrapt.

In artikel 3.17, tweede lid, van de ANVS-verordening is geregeld dat een vergunningplicht geldt indien de effectieve dosis voor leden van de bevolking ten gevolge van water- of luchtlozingen als gevolg van handelingen met van nature voorkomend radioactief materiaal hoger kan zijn dan 10 µSv/a. Dit is vrijwel identiek aan de eerder geldende regelgeving.

Indien radionucliden van natuurlijke oorsprong worden geloosd als gevolg van een handeling waarbij deze radionucliden worden verwerkt vanwege hun eigenschappen als splijtstof of kweekstof geldt het regime

voor kunstmatige radionucliden, zoals beschreven in de volgende paragraaf¹⁹.

Ten slotte wordt nog opgemerkt dat – net als in de eerder geldende regelgeving – er geen grenswaarde is gedefinieerd voor lozing naar lucht en water van natuurlijk uranium.

4.2.2 *Lozing van kunstmatige bronnen*

Net als lozing van natuurlijke bronnen is lozing van kunstmatige bronnen een handeling die vergunningplichtig is op grond van artikel 3.5, in samenhang met artikel 3.8, vierde lid, onder c, van het Bbs. Vrijstelling hiervan kan worden verleend indien de in een kalenderjaar geloosde hoeveelheid op een locatie lager is dan de grenswaarden in artikel 10.3, eerste lid.

Op pagina 361 van de Nota van Toelichting bij het Bbs wordt benadrukt dat dit voorschrift als gevolg van het bepaalde in artikel 3.22 van het Bbs ook ziet op *“lozingen van radioactieve materialen die van nature voorkomende radionucliden bevatten welke het resultaat zijn van handelingen waarbij natuurlijke radionucliden worden verwerkt vanwege hun eigenschappen als splijtstof of kweekstof”*.

Dosiscriteria

Het dosis criterium van 0,1 µSv/a individuele effectieve dosis voor een lid van de bevolking is in de nieuwe regelgeving gehandhaafd.

Grenswaarden

Deze grenswaarden voor lozing van kunstmatige nucliden zijn identiek aan de eerder geldende grenswaarden.

Belangrijkste voorschriften

Net als in de eerder geldende regelgeving voorziet de benadering op basis van een maximaal aantal Re's per jaar feitelijk in een somregel voor het reguleren van gelijktijdige lozingen van verschillende nucliden. Er is dus geen aparte (gewogen) sommatieregel nodig.

¹⁹ Voor de volledigheid wordt nog opgemerkt dat in Bijlage II bij de regeling beveiliging nucleaire inrichtingen en splijtstoffen eveneens grenswaarden zijn vastgesteld voor emissie van natuurlijke radionucliden naar de lucht. Deze grenswaarden zijn van toepassing op de nucleaire industrie, en hebben betrekking op emissies ten gevolge van moedwillige beïnvloeding. Deze grenswaarden zijn daarom niet van toepassing op de handelingen met van nature voorkomende radionucliden, zoals bedoeld in dit briefrapport.

5. Oorspronkelijk berekende lozingscriteria voor natuurlijke bronnen

In Pruppers, M.J.M., et al (1999) zijn lozingscriteria afgeleid, die aan de basis liggen van de grenswaarden voor lozing van natuurlijke bronnen afkomstig van werkzaamheden naar lucht en water, zoals beschreven in hoofdstukken 3 en 4. De berekeningen en de resultaten daarvan zijn in 2000 geëvalueerd in de hoofdstukken 2 en 3 van Weers, A.W. Van, et al. (2000). Dit hoofdstuk gaat in op de achtergrond van deze lozingscriteria, en bevat details (en bevindingen) die deels zijn overgenomen uit beide documenten.

5.1 Berekeningswijze

In Pruppers, M.J.M., et al (1999) zijn, voor een vastgestelde set nucliden, per nuclide de individuele effectieve doses en de collectieve effectieve doses berekend ten gevolge van blootstelling aan straling afkomstig van een gedurende een jaar geloosde eenheidslozing (1 GBq/a). Daartoe zijn scenario's opgesteld die de lozing en verspreiding van de radioactiviteit, en tevens de blootstelling beschrijven. In bepaalde gevallen is daarbij ook de bijdrage van dochternucliden meegenomen. Voor de luchtlozingen bevatten deze scenario's eveneens aannames over de populatieverdeling rondom de lozingspunten. Voor elk scenario en voor elk nuclide zijn de jaarlozingen zodanig geschaald, dat wordt voldaan aan het criterium voor de individuele dosis en het criterium voor de collectieve dosis. Dit levert in beide gevallen scenario- en nuclidespecifieke "lozingscriteria" op in termen van GBq/a.

Vervolgens is door opdrachtgever het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) voor zowel lozing naar water als lozing naar lucht één scenario gekozen, dat het meest representatief wordt geacht voor de Nederlandse situatie. De lozingscriteria die horen bij deze referentiescenario's, en die voldoen aan beide dosiscriteria, zijn uiteindelijk afgerond naar machten van 10, en als grenswaarde vastgesteld.

5.1.1 *Specifieke aspecten voor lozing naar lucht*

Per nuclide zijn de individuele en een collectieve effectieve dosis bepaald op basis van somming van de inhalatie-, ingestie- en uitwendige²⁰ stralingsdosis. Hierbij is gebruik gemaakt van het atmosferische verspreidingsmodel OPS, versie 1.20E (Jaarsveld J.A., Van, 1995). In deze verspreidingsberekeningen wordt voor de ruweheidslengte een gemiddelde waarde van 0,15 m gebruikt (vlak terrein) en worden 10-jaars gemiddelde weerscondities voor Nederland gehanteerd. De berekeningen zijn uitgevoerd voor afstanden tot de bron van tenminste 100 m en ten hoogste 115 km.

De dosisberekeningen zijn gebaseerd op de RIBRON-systematiek (Laheij, G.M.H., et al (1996)). Er is verondersteld dat de lozingen

²⁰ Submersie en groundshine

continu in de tijd zijn. Er is geen rekening gehouden met ingroei van vervalproducten na depositie en tijdens de verspreiding (met uitzondering van berekeningen voor het radionuclide Rn-222), omdat de bijdrage daarvan aan de effectieve dosis kleiner zou zijn dan 5%. Dit is – in het bijzonder voor groundshine ten gevolge van depositie - echter niet voor alle nucliden het geval.

5.1.2 *Specifieke aspecten voor lozing naar water*

Per nuclide zijn de individuele en collectieve effectieve dosis bepaald ten gevolge van consumptie van zoetwatervis, zeevis, schelp- en schaaldieren, melk en rundvlees. Deze laatste twee producten kunnen zijn besmet doordat het overstromen en irrigeren van uiterwaarden kan leiden tot besmetting van gras en grond, wat uiteindelijk via runderen in melk en rundvlees kan belanden. Daarbij is aangenomen dat de radionucliden bij lozing vrij beschikbaar zijn, wat wil zeggen dat deze zijn opgelost in water, danwel gehecht aan slib. Bij de berekeningen is de RIBRON-systematiek toegepast. De belastingspaden "beregenen van land met oppervlaktewater" en "wonen op met havenspecie opgehoogd land" zijn niet meegenomen.

Bij het berekenen van de dosis als gevolg van lozingen naar water is verondersteld dat de lozingen continu in de tijd zijn. De bijdragen van ingegroeide dochternucliden (tijdens en na verspreiding) zijn, in tegenstelling tot de situatie bij lozing naar lucht, wel in rekening is gebracht.

5.2 **Dosiscriteria**

Zoals eerder genoemd in paragraaf 3.2.1.1 zijn voor het afleiden van lozingscriteria de volgende dosiscriteria gehanteerd:

- 10 $\mu\text{Sv/a}$ voor de individuele effectieve dosis voor een lid van de bevolking, en
- 1 mensSv/a voor de collectieve effectieve dosis.

5.3 **Dosisconversiecoëfficiënten**

Bij de berekening van de effectieve doses ten gevolge van inhalatie en ingestie van radioactiviteit in Pruppers, M.J.M., et al (1999) is gebruik gemaakt van dosisconversiecoëfficiënten (DCC's) voor volwassen leden van de bevolking. Deze DCC's zijn afkomstig uit Tabel B van Bijlage III bij richtlijn 96/29/Euratom, en zijn conform de aanbevelingen van de ICRP in ICRP (1995). Deze aanbevelingen zijn tot op heden van kracht.

5.3.1 *Lozing naar lucht*

In de hierboven genoemde Tabel B van Bijlage III bij richtlijn 96/29/Euratom zijn voor verschillende longzuiveringsklassen DCC's opgenomen. Bij het berekenen van de effectieve inhalatiedosis ten gevolge van lozing naar lucht is telkens gebruik gemaakt van de hoogste DCC coëfficiënt uit deze tabel. Van belang is dat de DCC's, met uitzondering van die voor Rn-222, gelden voor enkel de effectieve dosis ten gevolge van inhalatie van het moedernuclide.

Voor de blootstelling ten gevolge van externe straling (submersie en groundshine) zijn de DCC's van Kocher, D. C. (1983) toegepast.

5.3.2 *Lozing naar water*

Voor lozing naar water zijn geen aanvullende opmerkingen met betrekking tot de toegepaste DCC's.

5.4 **Beschouwde scenario's**

5.4.1 *Lozing naar lucht*

Voor de lozing naar lucht zijn in totaal acht scenario's doorgerekend:

L1a/b: De lozing vindt plaats op grondniveau. Deze scenario's representeren onder meer overslag, delfstoffenwinning, en processen met open vuur op grondniveau;

L2a/b: De lozing vindt plaats op geringe hoogte. Deze scenario's representeren de lichte procesindustrie, ventilatie- of dakafblaassystemen.

L3a/b: De lozing vindt plaats op gemiddelde hoogte. Deze scenario's representeren de middelzware procesindustrie.

L4a/b: De lozing vindt plaats op grote hoogte. Deze scenario's representeren de zware procesindustrie, inclusief kolengestookte elektriciteitscentrales.

Het effect van de warmteinhoud van de rookgassen op de effectieve en collectieve dosis is daarbij apart bestudeerd. Daartoe zijn telkens twee varianten doorgerekend: (a) met een lage warmteinhoud, en (b) met een hoge warmteinhoud. Voor de AMAD²¹ wordt aangenomen dat deze afneemt met toenemende lozingshoogte van grof tot fijn.

Bij de berekeningen voor lozingen op lage hoogte en met een geringe warmte-inhoud (scenario's L1 en L2) blijken de uitkomsten voor alle nucliden op basis van individuele dosis beperkend. Voor lozingen naar de lucht op grotere hoogte, met ook een hogere warmte-inhoud (scenario's L3 en L4), is de collectieve dosis voor alle nucliden de beperkende factor. Dit laatste is het gevolg van de aannames voor de bevolkingsverdeling en de bredere verspreiding van op grotere hoogte geloosde radioactiviteit, met als resultaat een vlakke dosisverdeling.

5.4.2 *Lozing naar water*

Voor in totaal zeven scenario's zijn per nuclide een individuele en een collectieve effectieve dosis bepaald. Het gaat om de volgende scenario's:

W1a/b: De lozing vindt plaats op een riool, afwaterend op een openbare rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI), die vervolgens afwatert op een rivier met afvoer naar zee;

W2a/b: De lozing vindt plaats direct op het oppervlaktewater in de vorm van een rivier met afvoer naar zee;

W3a/b: De lozing vindt plaats direct op het oppervlaktewater in de vorm van een meer met afvoer naar zee;

W4: De lozing vindt plaats direct op zee of een grote zeearm.

²¹ Activity median aerodynamic diameter

Het effect van consumptie van drinkwater op de collectieve dosis is daarbij apart bestudeerd. Scenario's W1, W2 en W3 hebben daartoe twee varianten: (a) met significante drinkwaterproductie, en (b) zonder significante drinkwaterproductie.

Bij het berekenen van de dosis als gevolg van lozingen in water zijn de bijdragen van ingegroeide dochternucliden, in tegenstelling tot de berekening voor lozing naar lucht, wel in rekening gebracht. Radon (Rn-222) speelt bij lozing in water geen rol van betekenis. Dit geldt ook voor de kortlevende vervalproducten van radon.

Voor de meeste radionucliden en referentiescenario's blijken grenswaarden op basis van het collectieve dosiscriterium beperkend te zijn. Er zijn echter ook enkele scenario's waarin de berekende waarden voor sommige nucliden worden bepaald door het criterium voor de individuele dosis.

5.5 Gekozen referentiescenario

5.5.1 *Lozing naar lucht*

De uiteindelijk vastgestelde grenswaarden voor lozing van natuurlijke bronnen naar de lucht zijn bepaald op basis van het scenario L2b. Dit scenario komt neer op lozing in lucht op geringe hoogte (10 meter), met een warmte-inhoud van de rookgassen van 1 MW, en een gemiddelde deeltjesgrootteverdeling (AMAD) voor luchtverspreiding en depositie. Door de warmteinhoud van 1 MW van de rookgassen zal een pluimstijging van circa 25 ± 15 m optreden, afhankelijk van de heersende weerscondities. Hierdoor zal de effectieve lozingshoogte voor dit scenario op ongeveer 35 ± 15 m liggen²². Zoals hierboven aangegeven is in dit scenario het *individuele dosiscriterium* (10 μ Sv/jaar, effectieve dosis) beperkend.

5.5.2 *Lozing naar water*

De uiteindelijk vastgestelde grenswaarden voor lozing van natuurlijke bronnen naar de lucht zijn bepaald op basis van het scenario W2a. Dit scenario komt neer op lozing in een rivier met een afvoer naar zee, waaraan water wordt onttrokken voor de productie van drinkwater. De rivier heeft een debiet van 2500 m³/s. Voor dit scenario is het *collectieve dosiscriterium* voor alle nucliden beperkend, *met uitzondering van het nuclide Ac-227*.

5.6 Berekende lozingscriteria

De lozingscriteria die in Pruppers, M.J.M., et al (1999) zijn berekend en ten grondslag liggen aan de grenswaarden in Tabel C van het Bbs, zijn weergegeven in Tabel 5.

²² Merk op dat (pagina 170) de Nota van Toelichting bij het Besluit stralingsbescherming abusievelijk spreekt over een effectieve lozingshoogte van 10 m. Vermoedelijk wordt hier bedoeld de fysieke lozingshoogte.

Tabel 5. Lozingscriteria die ten grondslag liggen aan de grenswaarden voor lozing van natuurlijke bronnen naar lucht en water, zoals berekend in Pruppers, M.J.M., et al (1999)

Nuclide	Grenswaarde voor lozing naar water (W2a) (GBq/a)	Grenswaarde voor lozing naar lucht (L2b) (GBq/a)
Pb-210	$9,7 \times 10^0$	$5,2 \times 10^0$
Po-210	$9,7 \times 10^0$	$6,5 \times 10^0$
Rn-222+ ⁽²³⁾	-	$5,4 \times 10^3$
Ra-223	$4,6 \times 10^2$	-
Ra-224	$7,1 \times 10^2$	-
Ra-226	$2,8 \times 10^1$	$3,5 \times 10^0$
Ra-228	$6,3 \times 10^1$	$2,0 \times 10^0$
Ac-227	$5,7 \times 10^1$	$6,2 \times 10^{-2}$
Th-227	$5,5 \times 10^2$	-
Th-228	$4,4 \times 10^2$	$8,5 \times 10^{-1}$
Th-230	$2,8 \times 10^2$	$3,4 \times 10^{-1}$
Th-232	$1,0 \times 10^2$	$3,1 \times 10^{-1}$
Th-234	$1,8 \times 10^4$	-
Pa-231	$6,8 \times 10^1$	$2,4 \times 10^{-1}$
U-234	$1,8 \times 10^3$	$3,6 \times 10^0$
U-235	$1,9 \times 10^3$	$3,8 \times 10^0$
U-238	$1,8 \times 10^3$	$4,2 \times 10^0$

²³ NB: De aanduiding "+" wordt in Pruppers, M.J.M., et al (1999) niet gebruikt, maar is om redenen van consistentie hier toegevoegd.

6. Evaluatie

6.1 Berekeningswijze

De aanpak van het bepalen van nuclidespecifieke grenswaarden voor de wettelijke controle van lozingen, op basis van de berekende effectieve dosis van leden van de bevolking in een realistisch referentiescenario, en het vervolgens schalen van de te lozen hoeveelheden in GBq/a op basis van een gekozen dosiscriterium is een acceptabele en internationaal gangbare methode (EC (2003), IAEA (2010)).

6.2 Dosiscriteria

Zoals aangegeven in paragraaf 4.1 wordt in artikel 28, onder f, van de nieuwe richtlijn een vergunningplicht geëist voor "handelingen waarbij aanzienlijke hoeveelheden door de lucht verspreide of vloeibare, radioactieve afvalstoffen in de omgeving vrijkomen". Het begrip "aanzienlijke hoeveelheid" is echter niet kwantitatief ingevuld, behalve dat op grond van artikel 6, eerste lid, onder b, van de richtlijn moet gelden dat de effectieve dosis van een lid van de bevolking ten gevolge van (de lozing van) één enkele handeling significant lager moet zijn dan de dosislimiet. De dosislimiet voor een lid van bevolking is in die zelfde richtlijn vastgesteld op 1 mSv/a.

In de richtlijn worden daarnaast in Bijlage VII zogenoemde "Algemene vrijstellingscriteria" vastgesteld, die gelden als kader voor vrijstelling van handelingen met radioactieve materialen van wettelijke controle. Voor materialen met radionucliden van natuurlijke oorsprong wordt aangegeven dat "... de dosistoename, rekening houdend met de gangbare achtergrondstraling uit natuurlijke stralingsbronnen, waaraan een persoon kan worden blootgesteld ten gevolge van de vrijgestelde handeling 1 mSv/a of minder zou moeten bedragen...". Verder wordt gesteld dat de lidstaten voor specifieke soorten handelingen of specifieke blootstellingsroutes specifieke dosiscriteria van minder dan 1 mSv/a kunnen vaststellen. Voor de specifieke handeling "lozing van natuurlijke bronnen naar lucht of water" is vervolgens de vraag welke waarde hiervoor gekozen moet worden.

De Europese Commissie heeft zich eerder in EC(1999) en EC(2002) in algemene zin uitgesproken over te hanteren dosisbeperkingen of dosiscriteria voor vrijstelling van handelingen met natuurlijke bronnen. Daarbij is in beide publicaties de waarde van 0,3 mSv/a genoemd, bedoeld voor niet nader gespecificeerde handelingen met natuurlijke bronnen. In (EC, 2003) wordt specifiek ingegaan op de vaststelling van "screening levels" voor lozingen van natuurlijke bronnen, en wordt aanbevolen hiervoor een dosiscriterium te kiezen tussen de 10 en 100 μ Sv/a. Daarbij wordt overwogen dat de variatie in geplande blootstelling als gevolg van radioactiviteit van natuurlijke oorsprong in lucht en water (m.u.v. radon) relatief klein is, en dat het waarschijnlijk is dat blootstelling aan straling ten gevolge van meerdere lozingen plaatsvindt. Een vergelijkbare aanbeveling is aangetroffen in (IAEA, 2016). Gezien het voorgaande, en gezien het verlaten van het criterium voor de collectieve dosis, lijkt het handhaven van het dosiscriterium van 10

$\mu\text{Sv/a}$ individuele effectieve dosis in de nieuwe regelgeving goed verdedigbaar.

Over het gebruik van de (additionele) collectieve dosis bij de optimalisatie van de bescherming, bijvoorbeeld in de vorm van een dosiscriterium, bestaat de afgelopen jaren discussie. Zo stelt de ICRP in ICRP (2007) dat het niet wenselijk of zinvol is om zeer lage individuele effectieve doses over aanzienlijke tijdschalen en geografische regio's bij elkaar op te tellen. Bij het bepalen van de collectieve effectieve dosis moet de sommering (integratie) dan ook zijn beperkt tot van tevoren bepaalde intervallen in tijd en dosis, en moet deze eveneens in geografische zin zijn beperkt. Dit heeft er vermoedelijk toe geleid dat de collectieve dosis niet meer is toegepast als criterium in richtlijn 2013/59/Euratom. Ook in de nieuwe Nederlandse regelgeving is een dergelijk criterium niet meer aangetroffen, wat - gezien het voorgaande - verdedigbaar is. Omdat de grenswaarden voor lozingen van natuurlijke bronnen afkomstig van werkzaamheden niet zijn aangepast, en deze grenswaarden voor wat betreft de lozingen naar water (dus nog steeds) zijn gebaseerd op een criterium voor de collectieve dosis, wordt er daarmee wel een belangrijke inconsistentie gecreëerd²⁴. Het ligt in de rede deze grenswaarden dan ook opnieuw te bepalen, maar nu op basis van het criterium voor de individuele effectieve dosis. In hoofdstuk 7 worden op basis van de resultaten uit Pruppers, M.J.M., et al (1999), en het criterium voor de individuele effectieve dosis, nieuwe grenswaarden afgeleid.

Ten slotte wordt nog opgemerkt dat het, voor wat betreft de transparantie en helderheid van de regelgeving, de aanbeveling verdient de criteria die zijn gebruikt en/of bedoeld voor het afleiden van grenswaarden voor wettelijke controle van lozingen, net als de criteria voor vrijstelling en vrijgave van radioactieve stoffen, op te nemen in het Bbs.

6.3 Dosisconversiecoëfficiënten

De bij de berekeningen toegepaste dosisconversiecoëfficiënten voor leden van de bevolking betreffen de tot op heden door de ICRP aanbevolen waarden. De ICRP is echter voornemens deze dosisconversiecoëfficiënten in de komende jaren te actualiseren. Tezijnertijd zal moeten worden geëvalueerd of deze actualisatie aanleiding geeft tot het opnieuw uitvoeren (of opnieuw schalen) van de berekeningen.

6.3.1 *Lozing naar lucht*

Zoals aangegeven in paragraaf 5.2.2 is bij de berekening van de effectieve dosis ten gevolge van inhalatie telkens gebruik gemaakt van de hoogste dosisconversiecoëfficiënt. Deze DCC's hebben daardoor weliswaar alle betrekking op deeltjes met een AMAD van $1 \mu\text{m}$, maar op verschillende longzuiveringstypen. In Weers, A.W. Van, et al. (2000) wordt hierover opgemerkt dat het logischer en consistentier lijkt het

²⁴ Daarbij zij overigens opgemerkt dat de huidige normering op basis van een criterium voor de collectieve dosis, ten opzichte van het elders gehanteerde uitgangspunt van normering op basis van individuele effectieve dosis, in dit geval leidt tot een relatief conservatief resultaat.

longzuiveringstype te kiezen op basis van een keuze voor generieke matrixkarakteristieken. Dit leidt in Pruppers, M.J.M., et al (1999) voor scenario's waarin inhalatie de dominante blootstellingsweg vormt, voor de radionucliden Pa-231, Th-232, Th-230 en Ac-227 tot een overschatting van de effectieve volg dosis met een factor 4 tot 8, met als gevolg een relatief streng lozingscriterium.

In Weers, A.W. Van, et al. (2000) wordt aangegeven dat in situaties waarin Ra-226 voorkomt in een sterk onoplosbare matrix (bijvoorbeeld in BaSO₄-scale, of in minerale zanden) dochternuclide Rn-222 slecht emaneert vanuit de matrix. Dit betekent dat de dochternucliden (meer) in evenwicht blijven, wat een hoge inhalatiedosis tot gevolg heeft. Bij de afleiding van de gebruikte DCC voor inhalatie is echter wél aangenomen dat een deel van het Rn-222 emaneert en wordt uitgeademd. Het gebruik van de DCC voor Ra-226 uit richtlijn 96/29/Euratom leidt volgens Weers, A.W. Van, et al. (2000) in dit geval tot een onderschatting van de inhalatiedosis, en daarmee een overschatting van het lozingscriterium met een factor 5.

6.3.2 *Lozing naar water*

Er zijn geen specifieke opmerkingen bij de dosisconversiecoëfficiënten die zijn gebruikt voor de berekeningen van de grenswaarden voor lozingen naar water.

6.4 **Representativiteit referentiescenario's**

6.4.1 *Lozing naar lucht*

Zoals aangegeven in paragraaf 5.5.1 zijn de grenswaarden voor lozing van natuurlijke bronnen naar lucht gebaseerd op berekeningen op basis van het L2b-scenario. Dit scenario is representatief voor de lichte procesindustrie, ventilatie- en dakafblaassystemen (Pruppers, M.J.M., et al (1999)). Voor dit scenario is het *individuele dosis criterium* (10 µSv/jaar, effectieve dosis) beperkend.

Op pagina 170 van de Nota van Toelichting bij het Bs 2001 wordt gesteld dat de bovenstaande aanpak een conservatieve benadering is, omdat het bij luchtlozingen in het algemeen de procesindustrie met hogere temperaturen en schoorstenen betreft. In Weers, A.W. Van, et al. (2000) wordt hierover echter opgemerkt dat lozingsbronnen op grondniveau en bronnen op geringe hoogte met geen of een kleine warmte-inhoud op basis van de resultaten uit Pruppers, M.J.M., et al (1999) met de voorgenomen grenswaarden niet onvoorwaardelijk kunnen worden vrijgesteld, omdat het individueel dosis criterium bij deze lozingen minimaal met een factor 10 kan worden overschreden. Ter illustratie wordt gewezen op de waarden die in Tabel 5 op pagina 11 van Pruppers, M.J.M., et al (1999) zijn berekend voor scenario L2a (lozingshoogte = 10 m, warmte-inhoud = 0,1 MW, effectieve lozingshoogte circa 15 ± 5 m) en scenario's L1a en L1b (lozing op grondniveau met niet of nauwelijks een warmte-inhoud). De laatste twee scenario's corresponderen, zoals genoemd in paragraaf 3.2.1, met bijvoorbeeld verwaaiing van stofdeeltjes tijdens de overslag van minerale zanden. Toepassing van deze scenario's in combinatie met het individuele dosis criterium leidt dus tot grenswaarden die ongeveer een

factor 10 tot 100 lager liggen dan de uiteindelijk op basis van scenario L2b vastgestelde grenswaarden.

Het destijds gekozen scenario L2b is daarmee dus strikt genomen geen limiterend scenario. In de Nota van Toelichting bij de Uitvoeringsregeling is hierover destijds opgemerkt dat er inderdaad "uitzonderingsgevallen" kunnen zijn waarvoor het dosiscriterium kan worden overschreden bij het hanteren van de op basis van L2b afgeleide grenswaarden. Dergelijke scenario's zijn, volgens deze Nota van Toelichting, niet bij de vaststelling van de uiteindelijke grenswaarden betrokken, omdat het uitzonderingsgevallen betreft, welke de vele andere gevallen onnodig zouden beperken. Op grond van artikel 3.17 van de ANVS-verordening geldt voor dergelijke uitzonderingsgevallen overigens onverkort een vergunningplicht.

Opgemerkt wordt nog dat de resultaten van de verspreidingsberekeningen gebaseerd op scenario's L1a en L1b relatief onzeker zijn, vanwege het feit dat modellering over korte verspreidings- en blootstellingsafstanden relatief grote onzekerheden kent. Daarnaast geldt dat de lokale structuur van de directe omgeving (bomen, gebouwen, etc.) rondom het verspreidingspunt een belangrijke invloed heeft op de verspreiding van naar de lucht geloosde stofdeeltjes. In het bijzonder voor minerale zanden geldt daarnaast dat sprake is van relatief "zwaar" stof. Nader onderzoek is nodig om hier meer inzicht in te krijgen. Dergelijk onderzoek zou gerechtvaardigd kunnen worden, gegeven relatief hoge potentiële blootstelling.

Het RIVM heeft in 2017 een onderzoek uitgevoerd naar radioactiviteit van natuurlijke oorsprong in processen, materiaalstromen en lozingen in de Nederlandse niet-nucleaire industrie (Folkertsma, E., et al (2017)). Resultaten wijzen uit dat lozing naar de lucht via een schoorsteen veelal plaatsvindt op enkele tientallen meters²⁵. Nadere informatie over verwaaiing van stofdeeltjes op grondniveau is in dit onderzoek niet verkregen.

Het voorgaande in aanmerking nemende lijkt het niet onverantwoord om scenario L2b als representatief te beschouwen voor de (lozingen ten gevolge van) handelingen met natuurlijke bronnen in Nederland.

6.4.2 *Lozing naar water*

De grenswaarden voor lozing van natuurlijke bronnen naar water zijn gebaseerd op het W2a-scenario. Op pagina 170 van de Nota van Toelichting bij het Bs 2001 is aangegeven dat is gekozen voor dit scenario omdat de waterlozingen van de procesindustrie in het algemeen op deze wijze plaatsvinden. Een nadere onderbouwing voor deze stelling is niet gevonden.

Het in scenario W2a gekozen debiet van 2500 m³/s van de ontvangende rivier is gelijk aan die van een grote rivier, zoals bijvoorbeeld de Boven-Rijn. In Weers, A.W. Van, et al. (2000) wordt als kanttekening hierbij

²⁵ Uitzondering is het drukloos maken van gasleidingen, dit gebeurt op een hoogte in de orde van 1 m. Afbazen en affakkelen kan plaatsvinden op een hoogte vanaf ca. 10 m. In beide gevallen gaat het vooral om lozing van radon naar de lucht. Dit is in de ANVS-verordening specifiek vrijgesteld van wettelijke controle.

gesteld dat het aangenomen debiet aan de hoge kant is. Lozing in een rivier of kanaal met een lager debiet is in Nederland niet ondenkbaar, leidende tot een lagere verdunning, en hogere activiteitsconcentraties in de rivier. Dit leidt mogelijk tot hogere ingestiedoses, tenzij de collectieve dosis wordt gedomineerd door de bijdrage afkomstig uit de ingestie van zeevis. Dit laatste is het geval voor de nucliden Po-210, Pb-210+, Ra-226+ en Th-232, waarmee deze grenswaarden onafhankelijk zijn van het rivierdebiet. Voor een verlaging van het debiet met een factor 2 zouden de grenswaarden voor de overige nucliden dus met een factor 2 kunnen dalen. Dit is mogelijk relevant omdat in veel Nederlandse rivieren en kanalen het debiet aanzienlijk lager is dan 2500 m³/s. Anderzijds moet worden opgemerkt dat het beschouwen van een veel kleinere rivier waarschijnlijk niet zinvol is, omdat (1) installaties in verband met koeling of transport van ertsen vaak gelegen zijn bij een grotere rivier, en (2) het de vraag is of er bij kleinere rivieren sprake is van een realistische bijdrage via visserij en drinkwatervoorziening.

De lozingscriteria (in GBq/a) die zijn bepaald op basis van scenario W3a (lozing op een meer) zijn voor de meeste nucliden restrictiever dan de waarden op basis van scenario W2a. Lozing naar een meer komt in de Nederlandse praktijk echter, voor zover bekend op basis van bijvoorbeeld Folkertsma, E., et al (2017), (nog steeds) niet voor. Uit dit onderzoek blijkt dat lozing naar water veelal plaatsvindt naar een rivier (vergelijkbaar met W2, maar wellicht met lager debiet) of zee/zeearm (vergelijkbaar met W4). Omdat de grenswaarden op basis van scenario W2 restrictiever zijn dan die op basis van scenario W4 (én eveneens W1), lijkt de keuze voor scenario W2 (variant a) nog steeds gerechtvaardigd.

Opgemerkt wordt nog dat de blootstelling van leden van de bevolking ten gevolge van het wonen op havenspeciepoldergronden niet is beschouwd in de scenario's. Het gaat daarbij om inhalatie van radon, dat ontstaat als vervalproduct van naar het water geloosde radionucliden. De belangrijkste reden hiervoor was dat dit destijds geen reguliere methode was om met rivierslib om te gaan. In Weers, A.W. Van, et al. (2000) wordt aangegeven dat een jaarlijkse lozing tot aan de grenswaarde voor Ra-226+ (10 GBq/a) voor dit belastingpad resulteert in een individuele dosis van 22 µSv/a. Externe straling zal hierbij waarschijnlijk geen rol spelen, aangezien het slib in de praktijk wordt afgedekt met een laag grond. Doordat het afvalwater van de relevante industrieën meestal zowel Ra-226+ als Pb-210+ bevat, zal ten gevolge van het toepassen van de sommatieregel in de praktijk niet tot aan de grenswaarde voor Ra-226+ (kunnen) worden geloosd. Dat betekent dus in de praktijk ook minder Rn-222+, met als gevolg dat voor dit belastingpad het individuele dosiscriterium van 10 µSv/a uiteindelijk niet zal worden overschreden.

Verder wordt opgemerkt dat het niet onwaarschijnlijk is dat, sinds het uitvoeren van de berekeningen in 1998, wijzigingen zijn doorgevoerd in de processen voor de zuivering van rioolwater. Het is goed mogelijk dat daardoor vandaag de dag een groter deel van de geloosde activiteit via zuiverings-slib uit het water wordt verwijderd. Dat kan enerzijds leiden tot een lagere blootstelling van leden van de bevolking, maar anderzijds mogelijk leiden tot hogere blootstelling van werknemers, als gevolg van

sterkere cumulatie van radioactiviteit in de het zuiveringsslib. Daarnaast is het goed mogelijk dat als gevolg van verbeterde zuiveringsprocessen het zuiveringsslib zelf dusdanig radioactief wordt, dat het niet langer vrijgesteld kan worden van wettelijke controle²⁶. Tot op heden zijn hiervan geen gevallen bekend, maar evenmin is bekend of dit in de praktijk überhaupt wordt gemonitord. Zuivering van rioolwater is aan de orde in scenario's W1a en W1b, waarin wordt aangenomen dat alle geloosde activiteit de rioolwaterzuiveringsinstallatie bereikt, en een deel daarvan achterblijft in het slib.

Iets vergelijkbaars geldt voor de drinkwaterbereiding in de a-scenario's. Daarnaast wordt er in Weers, A.W. Van, et al. (2000) op gewezen dat in de berekeningen geen correcties zijn uitgevoerd voor de vertraging in spaarbekkens en de verschillende zuiveringsstappen die bij de drinkwaterbereiding worden toegepast. Het niet verdisconteren van deze processen leidt tot conservatieve (dosis-overschattende) uitkomsten voor kortlevende radionucliden (spaarbekkens) en voor radionucliden met een hoge distributiecoëfficiënt K_d ²⁷ (duinfiltratie). Uit onderzoek van KWR²⁸ blijkt dat de meeste radionucliden van natuurlijke oorsprong goed verwijderd kunnen worden met verschillende methoden. De processen voor drinkwaterbereiding en -zuivering zijn hier echter niet primair op ingericht. Bovendien is onbekend wat de efficiency hiervan in de praktijk is bij de drinkwaterbedrijven. Voor wat betreft de blootstelling van personen²⁹ is het daarom bij elkaar genomen niet onwaarschijnlijk dat de grenswaarden voor lozing naar water voor een aantal nucliden te conservatief zijn.

6.5 Verschillen tussen berekende lozingscriteria en vastgestelde grenswaarden

In Tabel 5 zijn de in Pruppers, M.J.M., et al (1999) berekende lozingscriteria opgenomen, welke aan de basis liggen van de momenteel in regelgeving opgenomen grenswaarden (zie Tabel 4). Indien de waarden in deze tabellen met elkaar worden vergeleken, kunnen enkele verschillen worden geconstateerd. Dit wordt hieronder verder toegelicht.

6.5.1 Afronding

De in de regelgeving opgenomen grenswaarden zijn afgerond naar een macht van 10, op basis van een veelgebruikte afrondingsregel: berekende getallen tussen de 3×10^x en $3 \times 10^{x+1}$ GBq/a zijn afgerond naar 10^{x+1} GBq/a. Dit kan bij het hanteren van de grenswaarden in de praktijk leiden tot een onderschrijding of een overschrijding van het criterium voor de individuele effectieve dosis met (maximaal) een factor van circa 3. Dit is te rechtvaardigen, gezien de onzekerheden in de aannames, rekenfactoren en resultaten.

²⁶ Een aanwijzing hiervoor is te vinden in Hill, L., et al (2018).

²⁷ Gedefinieerd als concentratie geadsorbeerde fase / concentratie water fase

²⁸ Van Leerdam RC, Puijker LM, Schriks M, Stuyfzand P, "Evaluatie gevolgen van een kernongeval zoals Fukushima voor de Nederlandse drinkwatervoorziening", KWR BTO 2013.xxx, januari 2013

²⁹ Voor non-humane blootstelling geldt dit mogelijk niet.

6.5.2 *Afwijkende grenswaarden*

Voor de nucliden Ac-227 (lozing naar lucht, in 2014 aangepast naar Ac-227+) en Pa-231 (lozing naar water) zijn in 2001 grenswaarden vastgesteld die een factor 100 hoger (d.w.z. minder streng) zijn dan verwacht op basis van afronding van de lozingscriteria die zijn berekend in Pruppers, M.J.M., et al (1999).

Toepassing van de grenswaarde voor Ac-227 (lozing naar lucht) kan theoretisch leiden tot een overschrijding van het criterium voor de individuele dosis met ongeveer een factor 160⁽³⁰⁾. Hierbij is nog geen rekening gehouden met de introductie van het achtervoegsel "+" in 2014 (zie ook paragraaf 3.2.1). Dit zou betekenen dat de blootstelling ten gevolge van een vrijgestelde lozing van Ac-227 theoretisch boven de (individuele) dosislimiet van 1 mSv/a³¹ uit kan komen. Op een vergelijkbare wijze kan toepassing van de grenswaarde voor Pa-231 (lozing naar water) leiden tot een overschrijding van het criterium voor de individuele dosis met ongeveer een factor 40, met als gevolg dat hierdoor de locatielimiet van 0,1 mSv/a zou kunnen worden overschreden.

Een reden voor de afwijking van de berekende waarden is niet gevonden, maar heeft mogelijk te maken met het feit dat beide nucliden afkomstig zijn uit de U-235-reeks. Vanwege de vaste natuurlijke verhouding³² tussen U-235 en U-238 zullen ook de dochternucliden van U-235 ten opzichte van andere bepalende nucliden uit de U-238-reeks in veel lagere concentratie voorkomen. Om dezelfde reden is het ook zeer onwaarschijnlijk dat de hierboven genoemde theoretische overschrijdingen van de dosislimiet en de locatielimiet in de praktijk zullen voorkomen, aangezien de grenswaarden voor de U-238-dochters dan beperkend zullen zijn.

6.5.3 *Ontbrekende grenswaarden*

Zoals ook in Weers, A.W. Van, et al. (2000) wordt gesignaleerd, zijn voor lozingen naar lucht geen grenswaarden vastgesteld voor de (kortlevende) nucliden Ra-223, Th-227, Th-234 en Ra-224. Deze nucliden zullen in grondstoffen en reststoffen die al enige tijd zijn opgeslagen in de ertsverwerkende industrie doorgaans in evenwicht worden aangetroffen met hun langlevende moeders. Het is de vraag of dat geldt voor lozingen naar de lucht door deze industrieën.

Voor de hierboven genoemde nucliden is wel een grenswaarde voor lozing naar water vastgesteld. Dit is opmerkelijk, omdat het traject tussen een feitelijke lozing en mogelijke blootstelling van leden van de bevolking bij lozingen in water meestal veel langer is dan bij lozingen in lucht. Om deze reden zou het logischer zijn bij kortlevende radionucliden wel lozingscriteria voor lozingen naar lucht vast te stellen en niet voor lozingen naar water.

³⁰ Dit is de verhouding van vigerende grenswaarde en het onafgeronde lozingscriterium (overeenkomend met een dosis van 10 µSv) uit Pruppers, M.J.M., et al (1999): $10/0,062 = 161$. Merk op dat, zoals gesignaleerd in paragraaf 6.5.1, het hanteren van de afgeronde grenswaarde(n) al kan leiden tot een overschrijding met (maximaal) een factor van circa 3.

³¹ Voor Ac-227 was de individuele dosis beperkend: $160 \times 10 \mu\text{Sv/a} = 1,6 \text{ mSv/a}$.

³² Alleen indien sprake is van verrijking of verarming van uranium in de component U-235 is deze verhouding anders dan de natuurlijke verhouding. In dergelijke gevallen zijn de grenswaarden echter niet van toepassing.

In Weers, A.W. Van, et al. (2000) zijn op basis van de verhoudingen van inhalatie-DCC's en het criterium voor de individuele dosis in scenario L2b onafgeronde lozingscriteria bepaald voor de hierboven genoemde nucliden. Daarbij is er van uitgegaan dat voor deze nucliden inhalatie de belangrijkste bijdrage aan de effectieve dosis levert. Deze lozingscriteria zijn weergegeven in zie Tabel 6 op de volgende pagina.

Tabel 6. Criteria voor lozing van enkele aanvullende nucliden naar lucht, zoals berekend in Weers, A.W. Van, et al. (2000)

Nuclide	Criterium voor lozing naar lucht (GBq/jaar)
Ra-223	$3,9 \times 10^0$
Ra-224	$1,0 \times 10^1$
Th-227	$3,4 \times 10^0$
Th-234	$4,4 \times 10^3$

Of de bovenstaande aanname in de RIBRON-benadering daadwerkelijk geldig is, kan echter niet eenvoudig worden bepaald. Zo valt niet uit te sluiten dat groundshine ten gevolge van depositie van de geloosde nucliden leidt tot een externe stralingsdosis die hoger is dan de inhalatiedosis. De in Weers, A.W. Van, et al. (2000) uitgevoerde schaling van lozingscriteria voor moeder- en dochternucliden leidt in dat geval tot een onderschatting van de individuele effectieve dosis, en daarmee mogelijk tot te lage (onvoldoende strenge) grenswaarden. De waarden in Tabel 6 moeten daarom worden beschouwd als een bovengrens.

6.5.4 *Introductie achtervoegsels "+" en "sec"*

Zoals beschreven in paragraaf 4.2.1 zijn in 2014 bij een groot aantal nucliden (en in 2018 ook nog bij Th-234) achtervoegsels "+" of "sec" geplaatst, hetgeen inhoudt dat de grenswaarden vanaf dat moment gelden voor de betreffende nucliden in evenwicht met de kortlevende dochternucliden. Dat betekent ook dat deze dochternucliden vanaf dat moment niet apart hoeven te worden getoetst aan de grenswaarden. Voorwaarde hiervoor is dat de bijdrage van de relevante dochternucliden aan de effectieve dosis is verdisconteerd in de grenswaarden. De grenswaarden voor luchtlozingen zijn echter oorspronkelijk in Pruppers, M.J.M., et al (1999) alleen afgeleid voor moedernucliden zonder dochternucliden in seculair evenwicht.

Vergelijking van de grenswaarden voor (Bs 2001) en na plaatsing van de achtervoegsels (Uitvoeringsregeling en Bbs) leert dat er geen numerieke verschillen zijn tussen deze waarden. De vraag is of de noodzakelijke correcties zodanig klein waren dat ze geen effect hadden op de afgeronde grenswaarden, of dat de correctie destijds niet is uitgevoerd. Het feit dat de grenswaarde voor U-238sec in de Uitvoeringsregeling (en nu in het Bbs) groter is dan die van enkele dochters (zoals Pb-210+ of Po-210) geeft aan dat deze numerieke correctie niet is uitgevoerd.

Als gevolg hiervan is het niet onmogelijk dat de dosiscriteria bij toepassing van de grenswaarden in enkele vrijgestelde gevallen (ruim) worden overschreden. In hoofdstuk 7 wordt dit verder verkend, en

wordt ingegaan op de noodzakelijke correcties van enkele grenswaarden, om (opnieuw) te kunnen voldoen aan de dosiscriteria. Verder wordt opgemerkt dat voor de achtervoegsels "+" is niet (duidelijk) gedefinieerd welke dochternucliden het betreft. In hoofdstuk 7 wordt een voorstel gedaan om de dochternucliden behorende bij de nucliden met het achtervoegsel "+" (en "sec") te definiëren.

6.6 Overige bevindingen

6.6.1 *Overschrijding individuele dosiscriterium bij lozing Ac-227 naar water*
 Zoals aangegeven in paragraaf 5.2.1 zijn de grenswaarden voor lozing naar water vastgesteld op basis van scenario W2a, op basis van een schaling op het criterium voor de collectieve dosis. In tegenstelling tot alle andere nucliden is voor het nuclide Ac-227 in dit scenario echter niet de collectieve dosis, maar de individuele effectieve volg dosis beperkend.

Het onafgeronde lozingscriterium uit Pruppers, M.J.M., et al (1999), dat is afgeleid op basis van het collectieve dosiscriterium, bedraagt 57 GBq/a. Deze waarde is afgerond tot 100 GBq/a, en uiteindelijk vastgesteld als grenswaarde. Indien zou worden geschaald op het individuele dosiscriterium, dan zou dit 22 GBq/a opleveren, wat zou zijn afgerond naar 10 GBq/a. Schaling op dit criterium ligt voor de hand met het oog op het verlaten van het criterium voor de collectieve dosis.

Toepassing van de (afgeronde) grenswaarde zou daardoor in de praktijk kunnen leiden tot een overschrijding van het individuele dosiscriterium met circa een factor 5⁽³³⁾.

6.6.2 *Cumulatierisico ten gevolge lozingen vanaf offshore platforms*
 In Weers, A.W. Van, et al. (2000) wordt nog ingegaan op het risico op cumulatie van blootstelling ten gevolge van lozingen door de meer dan 100 gas- en olieproductieplatforms in de Noordzee. Zoals opgemerkt in paragraaf 3.1.1 gelden de grenswaarden voor de gedurende een jaar in totaal over een locatie gesommeerde hoeveelheid geloosde radioactiviteit. Indien elk platform als een individuele locatie wordt beschouwd, en per platform een (vrijgestelde) lozing plaatsvindt ter grootte van de grenswaarden, treedt een cumulatie op van blootstelling die kan leiden tot een individuele effectieve dosis van 20 µSv/a en een collectieve dosis van circa 100 mensSv/a. Met andere woorden: de dosiscriteria voor de individuele en collectieve dosis worden in een dergelijk geval met een factor 2 respectievelijk een factor 100 overschreden.

Gezien de onzekerheden wat betreft visvangst, biologische concentratie in vis en stroming in de Noordzee lijkt de factor 2 voor de individuele dosis zeer beperkt en binnen de onzekerheid van de berekeningen. Dit kan niet worden gesteld voor de factor 100 voor de collectieve dosis. Tegelijkertijd geldt volgens Weers, A.W. Van, et al. (2000) dat de werkelijke lozingen vanaf de meeste gasproductieplatforms een factor 200 tot 20.000 onder de grenswaarden liggen, en dat daardoor de

³³ Verhouding van vigerende grenswaarde en het onafgeronde lozingscriterium (overeenkomend met een dosis van 10 microSv) uit Pruppers, M.J.M., et al (1999): $100/22 = 4,54$. Zoals eerder gesignaleerd kan het hanteren van een naar machten van 10 afgeronde grenswaarde al leiden tot een overschrijding met een factor 3.

collectieve dosis ten gevolge van deze lozingen in de praktijk de waarde van 1 mensSv/a niet zal overschrijden. Met het oog op de gewenste transitie naar een koolstof-armere energievoorziening lijkt het niet waarschijnlijk dat de lozingen van radioactiviteit vanaf productieplatforms in de Noordzee in de toekomst sterk zullen toenemen. Ten slotte wordt nogmaals opgemerkt dat het criterium voor de collectieve dosis in de nieuwe regelgeving is verlaten.

6.6.3

Ontbreken van grenswaarde voor natuurlijk uranium

Zoals eerder opgemerkt ontbreekt een grenswaarde voor de lozing van natuurlijk uranium. Zoals eerder aangegeven komen de uranium-isotopen U-235 en U-238 in de praktijk een vaste verhouding voor. Deze isotopen kunnen daarnaast ook beide in seculair evenwicht worden aangetroffen met al hun dochters. Indien lozing hiervan optreedt naar lucht of water, dan moet deze, bij gebrek aan een grenswaarde hiervoor, worden getoetst aan een gewogen gesommeerde grenswaarde. In het Verenigd Koninkrijk is wel een dergelijke grenswaarde vastgesteld (zie bijvoorbeeld Anderson, T. and Mobbs, S. (2010)).

7. Voorstel voor aanpassing grenswaarden in het Bbs

Zoals gesignaleerd in paragraaf 6.5.4 is het niet onwaarschijnlijk dat de toevoeging van achtervoegsels "+" en "sec" in 2014, zonder numerieke aanpassing van de grenswaarden zelf, leidt tot overschrijding van de dosiscriteria. Bovendien zijn de grenswaarden onderling niet consistent, aangezien de grenswaarde voor bijvoorbeeld U-238sec in Tabel 1 groter is dan die van enkele dochters (zoals Pb-210+ of Po-210). Daarnaast is in paragraaf 6.5.2 aangegeven dat de grenswaarden in het Bbs voor Ac-227+ (lucht) en Pa-231 (water) niet zijn gebaseerd op de oorspronkelijk in 1999 berekende lozingscriteria. In paragraaf 6.6.1 is vastgesteld dat toepassing van de grenswaarde voor Ac-227+ (water) kan leiden tot overschrijding van het dosis criterium voor de individuele effectieve dosis. Ten slotte is in paragraaf 6.2 betoogd dat, om redenen van consistentie, de grenswaarden voor lozing naar water zouden moeten worden gebaseerd op het criterium voor de individuele effectieve dosis.

In dit hoofdstuk wordt een voorstel gedaan voor opnieuw vast te stellen - gecorrigeerde - grenswaarden, die allen (opnieuw) voldoen aan het dosis criterium voor de individuele effectieve dosis. Omdat een duidelijke definitie van de achtervoegsels "+" en "sec" ontbreekt, en deze noodzakelijk is voor het uitvoeren van de correcties³⁴, wordt hiervoor eerst een voorstel gedaan.

7.1 Voorstel voor definitie achtervoegsels "+" en "sec"

Voor de hand ligt dat het achtervoegsel "sec" duidt op de volledige vervalketen in seculair evenwicht (alle dochternucliden in de keten in absoluut evenwicht met het moedernuclide), terwijl "+" erop duidt dat alleen de relatief kortlevende dochternucliden in evenwicht zijn met het moedernuclide. Wat onder relatief kortlevend wordt verstaan hangt uiteraard af van de specificaties van de onderliggende blootstellingsscenario's (in het bijzonder, de betrokken tijdsduren) die op basis van de RIBRON-systematiek zijn opgesteld en doorgerekend³⁵.

Omdat de gehanteerde RIVM-scenario's niet aanzienlijk afwijken van die uit EC (2003), wordt voorgesteld in de regelgeving een verklarende tabel op te nemen, die (zoveel mogelijk) overeenkomt met de definities die in dat document zijn gehanteerd³⁶. Het ligt voor de hand om daarin ook de nucliden Rn-222+, Ra-223+, Ra-224+, Th-234+ op te nemen. De definitie van "+" voor deze nucliden kan worden gebaseerd op een vergelijking van de halfwaardetijden van de dochters (in relatie tot de moeders) en met de typische tijdschalen van de dispersieprocessen. Eén en ander is samengevat in Tabel 7.

³⁴ Een duidelijke definitie is ook van belang voor de toetsing aan de grenswaarden in de praktijk, omdat de dochternucliden die vallen onder de "+" of "sec" zijn vrijgesteld van de (gewogen) somregel, en daarom dus ook niet apart behoeven te worden gemeten.

³⁵ In het algemeen gaat het er om of bepaalde dochternucliden in het gehanteerde blootstellingsscenario in evenwicht kunnen raken met hun dochternucliden. De duur van het scenario (1 jaar), maar ook de aanname dat er in de 25 jaar voorafgaand aan het scenario werd geloosd, spelen hierbij een belangrijke rol.

³⁶ Nucliden met een branching ratio in de orde van 1% of minder zijn weggelaten. Ze staan wel in Tabel 35 van EC (2003), en worden ook in het voorliggende rapport verondersteld in seculair evenwicht te zijn met de moedernucliden.

Tabel 7. Definitie van (deel)ketens (Nucliden met een branching ratio in de orde van 1% of minder zijn weggelaten).

(Deel)keten (moedernuclide en achtervoegsel)	Omvat (moedernuclide en dochternucliden in evenwicht):
Pb-210+	Pb-210, Bi-210
Rn-222+	Rn-222, Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214
Ra-223+	Ra-223, Rn-219, Po-215, Pb-211, Bi-211, Tl-207
Ra-224+	Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212, Po-212 (0,64), Tl-208 (0,36)
Ra-226+	Ra-226, Rn-222+
Ra-228+	Ra-228, Ac-228
Ac-227+	Ac-227, Th-227, Ra-223+
Th-228+	Th-228, Ra-224+
Th-232sec	Th-232, Ra-228+, Th-228+
Th-234+	Th-234, Pa-234m
U-235+	U-235, Th-231
U-235sec	U-235+, Pa-231, Ac-227+
U-238+	U-238, Th-234+
U-238sec	U-238+, U-234, Th-230, Ra-226+, Pb-210+, Po-210

Zoals eerder aangegeven zullen, door de aanvulling met "+" en "sec", de grenswaarden zelf opnieuw onder de loep moeten worden genomen en mogelijk moeten worden gecorrigeerd. Hier gaan we in de volgende paragrafen op in.

7.2 Aanpassing grenswaarden voor lozing naar lucht

De grenswaarden voor lozing van natuurlijke bronnen afkomstig van werkzaamheden naar lucht zijn gebaseerd op het criterium van de individuele effectieve dosis, en (met uitzondering van Rn-222+) bedoeld voor slechts de moedernucliden. De dochternucliden die worden bedoeld met het achtervoegsel "+" of "sec" (in evenwicht met het moedernuclide) leveren echter (ook) een bijdrage aan de effectieve dosis. Dit kan er voor sommige moedernucliden met achtervoegsel toe leiden dat niet meer wordt voldaan aan het dosis criterium. Om grenswaarden voor de van achtervoegsels voorziene nucliden (opnieuw) te laten voldoen aan het dosis criterium voor de individuele effectieve dosis heeft het RIVM correctiefactoren afgeleid.

7.2.1 Aanpassing grenswaarden voor nucliden met "+"

Voor de nucliden met achtervoegsel "+" is op basis van de resultaten³⁷ van de berekeningen in Pruppers, M.J.M., et al (1999), en conform de RIBRON-systematiek, per nuclide een schatting gemaakt van de totale effectieve jaardosis ten gevolge van een eenheidslozing van de betreffende (moeder)nucliden in evenwicht met de dochternucliden, zoals gedefinieerd in Tabel 7. Vervolgens is per moedernuclide een

³⁷ Het gaat hier om de gemiddelde uitvoer van de luchtverspreidingsberekeningen (activiteitsconcentraties in de lucht en deposities op de bodem)

correctiefactor bepaald, die is gedefinieerd als de verhouding van de totale (individuele) effectieve dosis van enkel het moedernuclide en de totale (individuele) effectieve dosis van het moedernuclide in evenwicht met de relevante dochternucliden uit Tabel 7. In formulevorm is de nuclidespecifieke correctiefactor dus gedefinieerd als:

$$\text{correctiefactor} = \frac{E_{\text{tot}}(\text{moeder})}{E_{\text{tot}}(\text{moeder}+\text{dochters})} = \frac{E_{\text{tot}}(M)}{E_{\text{tot}}(M+)} \quad (1)$$

Hierbij is E_{tot} de totale (individuele) effectieve jaardosis ten gevolge van inhalatie van besmette lucht, externe straling vanuit de lucht (submersie) en externe straling vanaf de besmette grond (groundshine). De bijdrage uit ingestie van besmette gewassen is bij deze schatting niet meegenomen. De effectieve volgdosis uit inhalatie levert dan veelal de grootste bijdrage aan de totale effectieve jaardosis, terwijl de effectieve externe stralingsdosis vanuit de wolk nagenoeg verwaarloosbaar is ten opzichte van deze inhalatiedosis.

De onafgeronde grenswaarden (d.w.z. de lozingscriteria uit Tabel 5) moeten dus worden vermenigvuldigd met deze correctiefactor, om opnieuw te voldoen aan de dosiscriteria, indien handhaving van de achtervoegsels "+" gewenst is. Dit geldt ook voor de vier nucliden waarvoor in het Bbs (nog) geen grenswaarde bestaat voor lozing naar de lucht, en waarvoor in Weers, A.W. Van, et al. (2000) waarden zijn bepaald³⁸, en voor het nuclide U-238+.

Het resultaat van de hierboven beschreven correctie voor nucliden met achtervoegsel "+" is weergegeven in Tabellen 8a en 8b op de volgende pagina. De nucliden waarvoor wordt voorgesteld de grenswaarde in het Bbs aan te passen zijn daarin **vetgedrukt** weergegeven. Voor het nuclide Ra-226+ is aanpassing noodzakelijk vanwege de relatief grote bijdrage van de dochters, voor het nuclide Ac-227+ is de reden voor aanpassing met name dat de grenswaarde in het Bbs niet is gebaseerd op de oorspronkelijk berekende waarde in 2001.

³⁸ Zie Tabel 5 in paragraaf 6.5.3 van dit briefrapport.

Tabel 8a. Correctie grenswaarden lozing naar lucht voor nucliden met "+"

Nuclide	Grenswaarde Bbs (GBq/jaar)	Oorspronkelijk berekende waarde, onafgerond ^(a) (GBq/jaar)	Correctie factor ^(b) (-)	Gecorrigeerde waarde, onafgerond (GBq/jaar)	Voorgestelde grenswaarde, afgerond (GBq/jaar)
Pb-210+	10	$5,2 \times 10^0$	0,98	$5,1 \times 10^0$	10
Rn-222+	10.000	$5,4 \times 10^3$	n.v.t. ^(c)	$5,4 \times 10^3$	10.000
Ra-226+	10	$3,5 \times 10^0$	0,66	$2,3 \times 10^0$	1
Ra-228+	1	$2,0 \times 10^0$	0,94	$1,9 \times 10^0$	1
Ac-227+	10	$6,2 \times 10^{-2}$	0,97	$6,0 \times 10^{-2}$	0,1 ^(d)
Th-228+	1	$8,5 \times 10^{-1}$	0,91	$7,7 \times 10^{-1}$	1
U-235+	10	$3,8 \times 10^0$	1,00	$3,8 \times 10^0$	10

(a) Uit Pruppers, M.J.M., et al (1999). NB: Deze waarde is bepaald voor (enkel) het moedernuclide.

(b) Berekend door RIVM m.b.v. formule (1)

(c) Oorspronkelijk berekend inclusief dochternucliden, dus geen correctie nodig.

(d) Aanpassing is met name nodig vanwege het feit dat de in 2001 vastgestelde grenswaarde niet is gebaseerd op de oorspronkelijk berekende waarde.

Tabel 8b. Grenswaarden lozing naar lucht voor aanvullende nucliden

Nuclide	Grenswaarde Bbs (GBq/jaar)	Oorspronkelijk berekende waarde, onafgerond (GBq/jaar)	Correctie factor (-)	Gecorrigeerde waarde, onafgerond (GBq/jaar)	Voorgestelde grenswaarde, afgerond (GBq/jaar)
U-238+	-	$4,2 \times 10^0$ ^(a)	0,98 ^(b)	$4,1 \times 10^0$	10

(a) Uit Pruppers, M.J.M., et al (1999)

(b) Berekend door RIVM m.b.v. formule (1)

7.2.2 Aanpassing grenswaarden voor nucliden met "sec"

Ook de lozingscriteria voor de "head-of-chain"-nucliden U-238 en Th-232 zijn oorspronkelijk berekend zonder de bijdrage van de dochternucliden. Plaatsing van het achtervoegsel "sec" betekent dat de grenswaarde geldt voor het betreffende moedernuclide samen met alle dochternucliden in seculair evenwicht. Net als bij het achtervoegsel "+" kan dit er toe leiden dat het dosiscriterium voor de individuele effectieve dosis bij gebruik van deze grenswaarden wordt overschreden.

Met behulp van de oorspronkelijk in Pruppers, M.J.M., et al (1999) berekende *onafgeronde* lozingscriteria³⁹, zijn eenvoudig *onafgeronde* grenswaarden af te leiden voor de totale vervalketens in seculair evenwicht, die wél corresponderen met het criterium voor de individuele effectieve dosis. Deze grenswaarden G_{sec} kunnen als volgt worden bepaald:

$$G_{sec} = \left(\sum_{i=1}^n \frac{\gamma_i}{G_i} \right)^{-1} \quad (2)$$

waarbij n het aantal nucliden of het aantal deelketens is waaruit de totale vervalketen bestaat, γ_i de netto 'opbrengst' (ten opzichte van het primordiale "head of chain" nuclide) is van nuclide (of deelketen) i , en G_i de bijbehorende (onafgeronde) grenswaarde van het i -de nuclide (of van de i -de deelketen). Formule (2) is in feite de gewogen som-regel, toegepast op alle nucliden of deelketens uit de gehele keten. Omdat de 'opbrengst' voor de belangrijkste nucliden of deelketens in de U-238sec en Th-232sec (en U-235sec)-ketens een waarde van (nagenoeg) 1 heeft, volstaat voor deze nucliden vergelijking (3):

$$G_{sec} = \left(\sum_{i=1}^n \frac{1}{G_i} \right)^{-1} \quad (3)$$

De op deze manier bepaalde grenswaarde is de maximale activiteit van het *head-of-chain* nuclide die jaarlijks mag worden geloosd, in seculair evenwicht met alle dochternucliden in GBq/a. De grenswaarde slaat dus niet op de totale activiteit van de keten (moeder- en dochternucliden samen). De op deze wijze berekende waarde dient vervolgens nog te worden afgerond naar een macht van tien, voor gebruik als grenswaarde.

Bij wijze van voorbeeld wordt voor lozing van U-238sec naar lucht deze berekening uitgewerkt: U-238sec is opgemaakt uit de deelketens / nucliden U-238+, U-234, Th-230, Ra-226+, Pb-210+ en Po-210, waarbij de deelketens U-238+, Ra-226+ en Pb-210+ zijn gedefinieerd in Tabel 6. De grenswaarden G_i (in GBq/a) voor de deelketens zijn de *gecorrigeerde onafgeronde* waarden uit (kolom 4 van) Tabel 8. De grenswaarden voor de nucliden U-234, Th-230 en Po-210 zijn de *gecorrigeerde onafgeronde* waarden uit (kolom 3 van) Tabel 5. De onafgeronde grenswaarde voor U-238sec wordt daarmee:

$$\begin{aligned} G_{U-238sec} &= \left(\frac{1}{U-238+} + \frac{1}{U-234} + \frac{1}{Th-230} + \frac{1}{Ra-226+} + \frac{1}{Pb-210+} + \frac{1}{Po-210} \right)^{-1} \\ &= \left(\frac{1}{4,1} + \frac{1}{3,6} + \frac{1}{0,34} + \frac{1}{2,31} + \frac{1}{5,1} + \frac{1}{6,5} \right)^{-1} = (4,2)^{-1} = 0,24 \text{ GBq/a} \end{aligned}$$

Deze waarde wordt, conform de eerder beschreven afrondingsregel, afgerond naar een grenswaarde van 0,1 GBq/jaar.

³⁹ En uiteraard de oorspronkelijke (niet-gecorrigeerde) lozingscriteria voor de nucliden die geen achtervoegsel "+" dragen

Uit de bovenstaande berekening valt af te leiden dat een lozing van U-238sec naar de lucht ter grootte van de vigerende (afgeronde) grenswaarde kan leiden tot overschrijding van het criterium voor de individuele effectieve dosis met circa een factor 40⁽⁴⁰⁾. Dit betekent dat in een dergelijk geval de locatielimiet van 0,1 mSv/a kan worden overschreden, zonder dat voor de lozing een vergunning is vereist.

De bovenstaande berekening is eveneens uitgevoerd voor Th-232sec. Daarnaast zijn ook aanvullende grenswaarden bepaald voor lozing naar lucht van U-235sec en van uranium in de natuurlijke isotopenverhouding met beide isotopen in seculair evenwicht met alle dochternucliden ("Unat-sec"). Het resultaat van de hierboven beschreven berekeningen is weergegeven in Tabel 9a en 9b. De nucliden waarvoor wordt voorgesteld de grenswaarde in het Bbs aan te passen zijn daarin **vetgedrukt** weergegeven.

Tabel 9a. Correctie grenswaarden lozing naar lucht voor nucliden met "sec"

Nuclide	Grenswaarde Bbs (GBq/jaar)	Oorspronkelijk berekende waarde, onafgerond ^(a) (GBq/jaar)	Opnieuw berekende waarde, onafgerond (GBq/jaar)	Voorgestelde grenswaarde, afgerond (GBq/jaar)
Th-232sec	1	3,1 × 10 ⁻¹	2,0 × 10 ⁻¹	0,1
U-238sec	10	4,2 × 10 ⁰	2,4 × 10 ⁻¹	0,1

(a) Uit Pruppers, M.J.M., et al (1999). NB: Deze waarde is bepaald voor (enkel) het moedernuclide.

Tabel 9b. Correctie grenswaarden lozing naar lucht voor aanvullende nucliden met achtervoegsel "sec"

Nuclide	Grenswaarde Bbs (GBq/jaar)	Oorspronkelijk berekende waarde, onafgerond ^(a) (GBq/jaar)	Opnieuw berekende waarde, onafgerond (GBq/jaar)	Voorgestelde grenswaarde, afgerond (GBq/jaar)
U-235sec	-	3,8 × 10 ⁰	4,7 × 10 ⁻²	0,1
Unat-sec	-	-	2,0 × 10 ⁻¹	0,1

(a) Uit Pruppers, M.J.M., et al (1999). NB: Deze waarde is bepaald voor (enkel) het moedernuclide.

7.3 Aanpassing grenswaarden voor lozing naar water

De grenswaarden voor lozing van natuurlijke bronnen afkomstig van werkzaamheden naar water zijn gebaseerd op het criterium voor de collectieve effectieve dosis. Om deze waarden in overeenstemming te brengen met het criterium voor de individuele dosis moet worden terug gegrepen op de resultaten van de berekeningen in Tabel 12 van Pruppers, M.J.M., et al (1999). Bij deze berekeningen is wèl rekening

⁴⁰ Zoals gesignaleerd in paragraaf 6.5.1 kan het hanteren van de afgeronde grenswaarde(n) al leiden tot een overschrijding met (maximaal) een factor van circa 3

gehouden met dochternucliden. Welke dochternucliden precies zijn verdisconteerd, hangt af van het ingestiegerelateerde belastingpad⁴¹. In Tabel 10 is per (moeder)nuclide en per belastingpad aangegeven welke dochternucliden zijn meegenomen, en daarbij in evenwicht zijn verondersteld⁴². Merk op dat een aantal kortlevende dochternucliden die wel in Tabel 7 zijn opgenomen niet zijn vermeld in Tabel 10. De reden daarvoor is dat deze dochternucliden een dosisconversiecoëfficiënt voor ingestie hebben die minstens een orde grootte kleiner is dan die van het betreffende moedernuclide.

Uit de eerste en de vijfde rij in Tabel 10 valt op te maken dat in Pruppers, M.J.M., et al (1999) beoogd was een lozingscriterium voor U-238+ en Th-232+ te berekenen, en niet voor U-238sec en Th-232sec, zoals in Tabel C in het Bbs. Om de grenswaarden voor deze nucliden te laten voldoen aan het dosiscriterium voor de individuele effectieve dosis heeft het RIVM nieuwe waarden berekend op basis van dit criterium.

Voor de volledigheid wordt nog het volgende opgemerkt: Zoals blijkt uit een vergelijking van Tabel 7 en Tabel 10 zijn bij de oorspronkelijke dosisberekeningen voor sommige belastingpaden soms meer dochternucliden in evenwicht meegenomen dan volgens de "+" (Tabel 7) nodig zou zijn. Voorbeelden hiervan zijn: Pb-210+, Ra-226+ en Ra-228+. Tegelijkertijd zijn voor sommige nucliden die geen "+" dragen (voor sommige belastingpaden) wel dochternucliden in evenwicht meegenomen, zoals voor Th-230 en Pa-231. De reden hiervoor is dat volgens de RIBRON-systematiek uitgegaan moet worden van een continue (reguliere) lozing in de 25 jaar voorafgaand aan het jaar waarin de dosis wordt bepaald. Daarmee kunnen aanvullend, voor sommige belastingpaden, dus ook langerlevende dochternucliden in evenwicht zijn geraakt met het moedernuclide. Omdat deze aanvullende dochternucliden verder niet onder de definitie van "+" vallen, moeten hun dosisbijdragen apart nog worden verdisconteerd middels de gewogen somregel, indien deze ook apart nog worden geloosd. De totale dosis is daarbij dus op een conservatieve manier bepaald. Voor het nuclide Th-230 is de dosis waarschijnlijk te conservatief ingeschat, omdat het dochternuclide Ra-226 - en daarmee dus ook Pb-210 en Po-210 - niet binnen 25 jaar in evenwicht kunnen raken⁴³.

⁴¹ Voor ieder belastingpad is voorafgaand aan de dosisberekening bekeken welke nucliden mogelijkerwijs in evenwicht kunnen zijn of raken met hun dochternucliden. Het gaat hierbij dan niet alleen om de radiologische eigenschappen van de nucliden, maar ook om bijvoorbeeld de transferfactoren in en naar het milieu (naar vis, naar gras, etc) binnen de scenario's.

⁴² Dit is destijds gedaan door de dosisconversiecoëfficiënt(en) voor ingestie van de dochternucliden op te tellen bij die van de moeder.

⁴³ Ra-226 heeft immers een halfwaardetijd van 1602 jaar.

Tabel 10. Nucliden die "in evenwicht" zijn meegenomen in de dosisberekeningen voor lozingen van natuurlijke bronnen naar water, in Pruppers, M.J.M., et al (1999). Alleen nucliden met een significante dosisconversiecoëfficiënt voor ingestie zijn weergegeven.

Zoetwatervis	Drinkwater	Melk	Vlees	Zeevis (lokaal en regionaal)
U-238, Th-234	U-238, Th-234	U-238, Th-234	U-238, Th-234	U-238, Th-234
U-235	U-235	U-235	U-235	U-235
U-234	U-234	U-234	U-234	U-234
Th-234	Th-234	Th-234	Th-234	Th-234
Th-232	Th-232	Th-232, Ra-228, Th-228, Ra-224	Th-232, Ra-228, Th-228, Ra-224	Th-232, Ra-228, Th-228, Ra-224
Th-230	Th-230	Th-230, Ra-226, Pb-210, Po-210	Th-230, Ra-226, Pb-210, Po-210	Th-230, Ra-226, Pb-210, Po-210
Th-228, Ra-224	Th-228, Ra-224	Th-228, Ra-224	Th-228, Ra-224	Th-228, Ra-224
Th-227, Ra-223	Th-227, Ra-223	Th-227, Ra-223	Th-227, Ra-223	Th-227, Ra-223
Pa-231	Pa-231	Pa-231, Ac-227, Th-227, Ra-223	Pa-231, Ac-227, Th-227, Ra-223	Pa-231, Ac-227, Th-227, Ra-223
Ac-227, Th-227, Ra-223	Ac-227, Th-227, Ra-223	Ac-227, Th-227, Ra-223	Ac-227, Th-227, Ra-223	Ac-227, Th-227, Ra-223
Ra-228	Ra-228	Ra-228, Th-228, Ra-224	Ra-228, Th-228, Ra-224	Ra-228, Th-228, Ra-224
Ra-226	Ra-226	Ra-226, Pb-210, Po-210	Ra-226, Pb-210, Po-210	Ra-226, Pb-210, Po-210
Ra-224	Ra-224	Ra-224	Ra-224	Ra-224
Ra-223	Ra-223	Ra-223	Ra-223	Ra-223
Pb-210, Po-210	Pb-210	Pb-210, Po-210	Pb-210, Po-210	Pb-210, Po-210
Po-210	Po-210	Po-210	Po-210	Po-210

7.3.1 Aanpassing grenswaarden op basis van criterium voor individuele effectieve dosis

Op grond van het voorgaande is – met uitzondering van de nucliden met achtervoegsel "sec" – geen correctie van de grenswaarden nodig voor de bijdrage van de dochternucliden. Wel ligt het voor de hand om deze grenswaarden zodanig aan te passen dat wordt voldaan aan (enkel) het criterium voor de individuele effectieve dosis. Dit kan door de lozingscriteria die in (de tweede kolom van Tabel 12 van) Pruppers, M.J.M., et al (1999) zijn bepaald op basis van het criterium voor de individuele dosis over te nemen. Na afronding naar machten kunnen deze waarden worden vastgesteld als grenswaarden.

In Tabel 11 wordt voor deze nucliden een grenswaarde voorgesteld, die in overeenstemming is met het criterium voor de individuele effectieve dosis. De nucliden waarvoor de *afgeronde* grenswaarde moet worden aangepast zijn daarin **vetgedrukt** weergegeven.

Tabel 11. Grenswaarden voor lozing naar water o.b.v. criterium voor de individuele dosis

Nuclide	Grenswaarde Bbs (GBq/jaar)	Oorspronkelijk berekende waarde, onafgerond (GBq/jaar)	Voorgestelde grenswaarde, afgerond (GBq/jaar)
Pb-210+	10	$5,0 \times 10^1$	100
Po-210	10	$5,1 \times 10^1$	100
Rn-222+	-	-	-
Ra-223+	1.000	$1,6 \times 10^3$	1.000
Ra-224+	1.000	$2,5 \times 10^3$	1.000
Ra-226+	10	$1,6 \times 10^2$	100
Ra-228+	100	$2,3 \times 10^2$	100
Ac-227+	100	$2,2 \times 10^1$	10
Th-227	1.000	$6,2 \times 10^3$	10.000
Th-228+	1.000	$4,4 \times 10^3$	10.000
Th-230	100	$2,4 \times 10^3$	1.000
Th-234+	10.000	$1,6 \times 10^5$	100.000
Pa-231	10.000	$2,7 \times 10^2$	100
U-234	1.000	$2,3 \times 10^4$	10.000
U-235+	1.000	$2,4 \times 10^4$	10.000
U-238+	-	$2,3 \times 10^4$	10.000

Met uitzondering voor de nuclide Ac-227+ en Pa-231 betekent dit een verhoging (d.w.z. een minder strenge) van de grenswaarde, ten opzichte van de grenswaarde in Tabel C in het Bbs. Voor het nuclide Ac-227+ is dit eenvoudigweg uitkomst van de berekeningen in Pruppers, M.J.M., et al (1999). Voor het nuclide Pa-231 is dit, zoals aangegeven in paragraaf 6.5.2, het gevolg van het feit dat de grenswaarde in 2001 niet is gebaseerd op de oorspronkelijk berekende waarde.

7.3.2

Aanpassing grenswaarden met "sec" op basis van criterium voor individuele effectieve dosis

De lozingscriteria voor de "head-of-chain"-nucliden U-238 en Th-232 zijn oorspronkelijk berekend zonder de bijdrage van alle dochternucliden, op basis van het criterium voor de collectieve dosis. Conform de werkwijze die is beschreven in paragraaf 7.2.2 kunnen voor deze nucliden nieuwe waarden worden berekend die voldoen aan het criterium voor de individuele effectieve dosis.

Wederom wordt bij wijze van voorbeeld voor lozing van U-238sec naar water de berekening uitgewerkt: De grenswaarden G_i (in GBq/a) voor de deelketens zijn de *onafgeronde* waarden uit (kolom 2 van) Tabel 12 uit Pruppers, M.J.M., et al (1999). Deze waarden zijn gebaseerd op scenario W2a, en corresponderen met het dosiscriterium voor de individuele effectieve dosis. De onafgeronde grenswaarde voor U-238sec wordt daarmee:

$$G_{U-238sec} = \left(\frac{1}{2,3 \times 10^4} + \frac{1}{2,3 \times 10^4} + \frac{1}{2,4 \times 10^3} + \frac{1}{1,6 \times 10^2} + \frac{1}{5,0 \times 10^1} + \frac{1}{5,1 \times 10^1} \right)^{-1}$$

$$= 21,6 \text{ GBq/a}$$

Deze waarde wordt, conform de eerder beschreven afrondingsregel, afgerond naar een grenswaarde van 10 GBq/a.

Uit de bovenstaande berekening valt af te leiden dat een lozing van U-238sec naar water ter grootte van de vigerende (afgeronde) grenswaarde kan leiden tot overschrijding van het criterium voor de individuele effectieve dosis met circa een factor 46.

De bovenstaande berekening en afronding is eveneens uitgevoerd voor lozing naar water van Th-232sec. Daarnaast is een grenswaarde bepaald voor lozing naar water van U-235sec en uranium in de natuurlijke isotopenverhouding met beide isotopen in seculair evenwicht met alle dochternucliden ("Unat-sec"). De resultaten hiervan zijn weergegeven in Tabel 12a en Tabel 12b. De nucliden waarvoor wordt voorgesteld de grenswaarde in het Bbs aan te passen zijn in Tabel 12a **vetgedrukt** weergegeven.

Tabel 12a. Correctie grenswaarden lozing naar water voor nucliden met achtervoegsel "sec"

Nuclide	Grenswaarde Bbs (GBq/jaar)	Oorspronkelijk berekende waarde, onafgerond ^(a) (GBq/jaar)	Opnieuw berekende waarde, onafgerond (GBq/jaar)	Voorgestelde grenswaarde, afgerond (GBq/jaar)
Th-232sec	100	$6,0 \times 10^2$	$1,6 \times 10^2$	100
U-238sec	1.000	$2,3 \times 10^4$	$2,2 \times 10^1$	10

(a) Uit (kolom 2 van Tabel 12 uit) Pruppers, M.J.M., et al (1999). Het betreft hier de waarde voor het moedernuclide in evenwicht met de kortlevende dochters zoals gedefinieerd als U-238+ in Tabel 7.

Tabel 12b. Grenswaarden lozing naar water voor aanvullende nucliden met achtervoegsel "sec"

Nuclide	Grenswaarde Bbs (GBq/jaar)	Oorspronkelijk berekende waarde, onafgerond ^(a) (GBq/jaar)	Opnieuw berekende waarde, onafgerond (GBq/jaar)	Voorgestelde grenswaarde, afgerond (GBq/jaar)
U-235sec	-	$2,4 \times 10^4$	$2,0 \times 10^1$	10
Unat-sec	-	-	$2,1 \times 10^1$	10

(a) Uit (kolom 2 van Tabel 12 van) Pruppers, M.J.M., et al (1999). Het betreft hier de waarde voor het moedernuclide in evenwicht met de kortlevende dochters zoals gedefinieerd als U-235+ in Tabel 7.

7.4 Samenvatting voorstel tot aanpassing grenswaarden

Samengevat stelt het RIVM voor 16 grenswaarden aan te passen. Het betreft een correctie voor:

- Overschrijding van het criterium voor de individuele effectieve dosis als gevolg van het in 2001 niet baseren van de grenswaarden voor de nucliden Ac-227(+) (lucht) en Pa-231 (water) op de in Pruppers, M.J.M., et al (1999) berekende lozingscriteria (zie paragraaf 6.5.2);
- Overschrijding van het criterium voor de individuele effectieve dosis als gevolg van het in 2001 baseren van de grenswaarde voor het nuclide Ac-227+ (water) op het criterium voor de collectieve dosis (zie paragraaf 6.6.1);
- Overschrijding van het criterium voor de individuele effectieve dosis als gevolg van het de introductie in 2014 van de achtervoegsels "+" en "sec";
- Het baseren van de grenswaarden voor lozing naar water op (enkel) het criterium voor de individuele effectieve dosis.

Daarnaast stelt het RIVM voor zes aanvullende grenswaarden vast te stellen. Het bovenstaande is samengevat in Tabel 13.

Tabel 13. Samenvatting voorgestelde correcties en aanvulling grenswaarden

Nuclide	Grenswaarde voor lozing naar water (GBq/jaar)		Grenswaarde voor lozing naar lucht (GBq/jaar)	
	Bbs (Tabel C)	Voorstel RIVM voor aanpassing	Bbs (Tabel C)	Voorstel RIVM voor aanpassing
Pb-210+	10	100	10	10
Po-210	10	100	10	10
Rn-222+	-	-	10.000	10.000
Ra-223+	1.000	1.000	-	-
Ra-224+	1.000	1.000	-	-
Ra-226+	10	100	10	1
Ra-228+	100	100	1	1
Ac-227+	100	10	10	0,1
Th-227	1.000	10.000	-	-
Th-228+	1.000	10.000	1	1
Th-230	100	1.000	1	1
Th-232sec	100	100	1	0,1
Th-234+	10.000	100.000	-	-
Pa-231	10.000	100	0,1	0,1
U-234	1.000	10.000	10	10
U-235+	1.000	10.000	10	10
U-235sec	-	10	-	0,1
U-238+	-	10.000	-	10
U-238sec	1.000	10	10	0,1
Unat-sec	-	10	-	0,1

7.5 Impact voorgestelde aanpassingen op Nederlandse ondernemingen

In dit briefrapport is vastgesteld dat de vigerende grenswaarden in Tabel C bij het Bbs voor de wettelijke controle van lozingen van natuurlijke bronnen op enkele punten correctie behoeven, in verband met het risico op (in sommige gevallen forse) overschrijding van het criterium voor de effectieve dosis. Het RIVM heeft daarom voorstellen gedaan voor aanpassing van deze grenswaarden. Zoals aangegeven in hoofdstuk 1 wenst de opdrachtgever daarnaast inzicht in de impact van deze aanpassingen. Met name gaat het daarbij om Nederlandse ondernemingen die momenteel zijn vrijgesteld van vergunningplicht, en die op basis van de voorgestelde grenswaarden te maken zullen krijgen met een vergunning-regime.

Het blijkt echter niet eenvoudig een volledig beeld te verkrijgen van de impact van de voorgestelde aanpassingen. De reden hiervoor is dat de

hiervoor benodigde gegevens over (momenteel) vrijgestelde handelingen bij Nederlandse ondernemingen niet systematisch worden bijgehouden. Dat betekent dat de analyse in dit hoofdstuk is beperkt tot ondernemingen of sectoren waarvoor openbare (en vaak slechts globale) informatie beschikbaar is.

7.5.1 *Lozingen naar lucht*

Ten eerste is onderzocht wat de impact van de voorgestelde aanpassing van grenswaarden is voor de wettelijke controle van lozingen naar lucht door de vijf nog in bedrijf zijnde Nederlandse kolengestookte elektriciteitscentrales⁴⁴. Hiervoor heeft het RIVM een inschatting gemaakt van de gemiddelde en maximale jaarlijkse lozing van radioactiviteit naar de lucht door deze centrales, en deze getoetst aan de vigerende en de voorgestelde grenswaarden. De inschatting van de lozingen is gebaseerd op (deels openbaar beschikbare) cijfers over het vermogen, de jaarlijkse productie en doorzet van steenkool van deze centrales, en gegevens over de radioactiviteitsconcentraties in steenkool en verbrandings- en rookgasreinigingsprocessen.

Op grond van een toetsing aan de huidige grenswaarden blijken alle lozingen vrijgesteld van vergunningplicht. Indien echter de door het RIVM voorgestelde grenswaarden worden toegepast, verschuift dit voor vier (gemiddelde lozingen) of vijf (maximale lozingen) van de vijf centrales naar een vergunningplicht. Deze verschuiving wordt vrijwel geheel bepaald door de correctie voor de bijdragen van de dochternucliden in de grenswaarden voor U-238sec en Th-232sec.

Of de verwaaiing van stof (met daarin U-238sec en Th-232sec) bij de overslag van minerale zanden in zeehavens vergunningplichtig wordt, is op grond van de hierover beschikbare gegevens niet vast te stellen. Het voorhanden hebben van minerale zanden zelf is vaak registratieplichtig.

De vigerende grenswaarde voor lozing van Rn-222 (radon) naar lucht hoeft niet te worden aangepast. Dat betekent dat er geen veranderingen te verwachten zijn voor wat betreft de lozingen naar de lucht van radon door de olie- en gasindustrie, en het affakkelen of afblazen van aardgas.

7.5.2 *Lozingen naar water*

In Folkertsma, E., et al (2017) zijn de gemiddelde jaarlijkse lozingen naar water van een aantal bedrijven geanonimiseerd gerapporteerd. Het betreft acht Nederlandse olie- en gasproductiebedrijven en één pigmentproductie-bedrijf. Van twee olie- en gasproductiebedrijven zijn de gerapporteerde lozingen op grond van een toetsing aan de vigerende grenswaarden vergunningplichtig. Indien de door het RIVM voorgestelde grenswaarden zouden worden toegepast, zouden deze lozingen zijn vrijgesteld.

Voor het pigmentproductiebedrijf geldt dat de gerapporteerde lozingen al op grond van de vigerende grenswaarden zouden kunnen worden vrijgesteld. Aanpassing van de grenswaarden zou daarom in principe geen effect hebben op dit bedrijf. In de vergunning van dit bedrijf is

⁴⁴ Het betreft de centrales Amer-9, de Hemweg, Maasvlakte Engie, Maasvlakte Uniper en Eemshaven.

echter een lozingslimiet opgenomen die lager is dan één van de vigerende grenswaarden. Of dit wordt gehandhaafd is niet duidelijk. Voor dit bedrijf kan daarom geen effect worden vastgesteld van aanpassing van de grenswaarden.

8. Conclusies en aanbevelingen

Geconcludeerd kan worden dat de berekeningen die aan de basis liggen van de vigerende grenswaarden voor lozingen van natuurlijke bronnen zijn uitgevoerd op een manier die internationaal acceptabel is. Wel geldt dat deze berekeningen bijna twintig jaar geleden zijn uitgevoerd. Hoewel de gehanteerde scenario's in grote lijnen nog als representatief kunnen worden beschouwd, is het evident dat sindsdien ontwikkelingen hebben plaatsgevonden die reden kunnen zijn om blootstellingsroutes opnieuw te onderzoeken en te modelleren. Daarnaast hebben ontwikkelingen plaatsgevonden in de modellering van verspreiding van radioactiviteit en de blootstellingsroutes.

Voor wat betreft de dosiscriteria die ten grondslag liggen aan de oorspronkelijke berekeningen wordt opgemerkt dat deze goed verdedigbaar zijn, gegeven de (Europese) aanbevelingen op dit gebied. Dat geldt ook voor het verlaten van het criterium voor de collectieve dosis in de nieuwe regelgeving. Wel verdient het aanbeveling dit (gewijzigde) uitgangspunt als basisnorm vast te stellen in regelgeving, bij voorkeur voorzien van een toelichting.

Meer specifiek is gesignaleerd dat bij het vaststellen van de grenswaarden in 2001 voor enkele nucliden de berekende waarden niet één-op-één zijn overgenomen uit het onderbouwende rapport. Wat hier de reden voor was is niet duidelijk geworden. Verder zijn in een later stadium bij in totaal twaalf nucliden de achtervoegsels "+" en "sec" geplaatst, zonder dat noodzakelijke numerieke correcties zijn doorgevoerd. Beide zaken kunnen leiden tot overschrijding van het dosiscriterium voor de individuele effectieve dosis. Voor een aantal nucliden bestaat in theorie zelfs het risico dat een op grond van deze grenswaarden vrijgestelde lozing leidt tot een blootstelling van leden van de bevolking die groter is dan de locatielimiet⁴⁵. Of een dergelijke blootstelling in de praktijk daadwerkelijk plaatsvindt, is in sterke mate afhankelijk van onder meer de bebouwing rondom het lozingspunt. In de ANVS-verordening is (net als in de eerder geldende regelgeving) een voorschrift opgenomen dat voor deze gevallen een vergunning eist. Onduidelijk is echter hoe hieraan in de praktijk kan worden voldaan, bij gebrek aan specifieke basisinformatie.

Gesignaleerd is verder dat de definitie van de achtervoegsels "+" ontbreekt. Dit introduceert onduidelijkheden bij het toetsen aan de grenswaarden. Dit briefrapport bevat een voorstel voor een (nieuwe) definitie van deze achtervoegsels, die in overeenstemming is met Europese aanbevelingen.

Om de grenswaarden (opnieuw) in overeenstemming te brengen met het criterium voor de individuele effectieve dosis heeft het RIVM enkele numerieke correcties uitgevoerd. Daarbij is, om redenen van

⁴⁵ Boven de "locatielimiet", met een waarde van 0,1 mSv/a, wordt volgens Bbs artikel 3.7, onder b, geen vergunning verleend.

consistentie, uitgegaan van enkel het criterium voor de individuele effectieve dosis. Dit leidt voor een aantal grenswaarden tot een verlaging of verhoging van de oude waarde met een factor 10 of 100. Ten slotte heeft het RIVM een aantal aanvullende grenswaarden afgeleid, waaronder grenswaarden voor de lozing naar lucht en water van natuurlijk uranium, in evenwicht met alle dochternucliden (Unat-sec).

Indien de door het RIVM voorgestelde aanpassingen zouden worden doorgevoerd in de regelgeving, dan zou dit leiden tot een vergunningplicht voor de meeste Nederlandse kolengestookte elektriciteitscentrales. Tegelijkertijd zou dit leiden tot het vervallen van de vergunningplicht voor lozing naar water voor twee olie- en gasondernemingen. Omdat momenteel geen volledig overzicht bestaat van welke andere ondernemingen te maken gaan krijgen met een vergunningplicht, wordt aanbevolen dit in beeld te brengen, te beginnen bij de ondernemingen die een zogenoemde "NABIS-melding" hebben gedaan.

Ten slotte wordt aanbevolen om op de langere termijn nieuwe berekeningen uit te voeren op basis van verbeterde verspreidingsmodellering, en geactualiseerde kengetallen en gegevens over de niet-nucleaire industrie en bijvoorbeeld rioolwater- en drinkwaterzuivering.

Referenties

Anderson, T. and Mobbs, S. (2010). Conditional exemption limits for NORM wastes, Health Protection Agency, Report HPA-CRCE-001, ISBN 0-978-85951-667-9

EC (1999). Radiation Protection 112. Radiological Protection Principles concerning the Natural Radioactivity of Building Materials, Directorate-General Environment, Nuclear Safety and Civil Protection

EC (2002). Radiation Protection 122. Practical use of the concepts of exemption and clearance. Part II Application of the concepts exemption and clearance to natural radiation sources. Commission of the European Communities. Luxembourg. ISBN 92-894-3315-9.

EC (2003). Radiation Protection 135. Effluent and dose control from European Union NORM industries: Assessment of current situation and proposal for a harmonised Community approach. Directorate-General for Energy and Transport. European Commission, directorate H – Nuclear Safety and Safeguards Unit H.4 – Radiation Protection, Luxemburg.

EZ (2013). Regeling van de Minister van Economische Zaken, de Minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid en de Minister van Volksgezondheid, Welzijn en Sport van 18 oktober 2013, nr. WJZ/12066857, tot vaststelling van de uitvoeringsregeling voor stralingsbescherming van de Minister van Economische Zaken (Uitvoeringsregeling stralingsbescherming EZ)

Folkertsma, E., et al (2017). Processen met natuurlijke radioactiviteit in de niet-nucleaire industrie in Nederland - geactualiseerde basisinformatie: Onderzoek voor de implementatie van richtlijn 2013/59/Euratom. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Rapport 2017-0042, Bilthoven.

Hill, L., et al (2018). Long-term monitoring of water treatment technology designed for radium removal - removal efficiencies and NORM formation. Journal of Radiological Protection 38, 1

IAEA (2005). Derivation of Activity Concentration Values for Exclusion, Exemption and Clearance. Safety Report Series No. 44. International Atomic Energy Agency. Vienna.

IAEA (2010). Setting Authorized Limits for Radioactive Discharges: Practical Issues to Consider. Report for Discussion. IAEA-TECDOC-1638. International Atomic Energy Agency. Vienna.

IAEA (2016). Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment. Draft Safety Guide DS442 (revision of WS-G-2.3). International Atomic Energy Agency. Vienna.

ICRP (1995). Age-dependent Doses to the Members of the Public from Intake of Radionuclides - Part 5 Compilation of Ingestion and Inhalation Coefficients. ICRP Publication 72, Elsevier, Annals of the ICRP 26 (1).

ICRP (2007). The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103, Elsevier, Annals of the ICRP, 103.

ICRP (2008). Scope of Radiological Protection Control Measures. ICRP Publication 104, Elsevier, Annals of the ICRP, 104.

Jaarsveld, J.A., Van (1995). An operational atmospheric transport model for priority substances. Modelling the atmospheric behaviour of pollutants. Proefschrift Universiteit Utrecht; RIVM rapport nr. 722501005

Kocher, D. C. (1983). Dose-rate conversion factors for external exposure to photons and electrons, Health Physics 45(3), 665-686

Laheij, G.M.H., et al (1996). Risicoberekening voor het in het milieu geloosde radionucliden - Onderbouwing richtlijn voor vergunningen (RIBRON) – EERSTE HERZIENE VERSIE. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Rapport 610053005, Bilthoven.

Pruppers, M.J.M., et al (1999). Onderzoek naar lozingscriteria voor vergunningverlening in de procesindustrie. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Rapport 610310002, Bilthoven.

Pruppers, M.J.M. en Blaauboer R.O. (2002). Gevolgen van nieuwe vergunningplichtige grenzen voor lozingen in lucht en water door radionuclidenlaboratoria. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Rapport 610310003, Bilthoven.

Weers, A.W. Van, et al. (2000). Evaluatie van de onderbouwing van voorgenomen vrijstellingsgrenzen uit BS2000. Nuclear Research and Consultancy Group. Rapport 20293/00.31670/C, Petten.

RIVM

De zorg voor morgen begint vandaag