

Analyse, inform and activate

# LAKA

Analyseren, informeren, en activeren

*Stichting Laka: Documentatie- en onderzoekscentrum kernenergie*

## De Laka-bibliotheek

Dit is een pdf van één van de publicaties in de bibliotheek van Stichting Laka, het in Amsterdam gevestigde documentatie- en onderzoekscentrum kernenergie.

Laka heeft een bibliotheek met ongeveer 8000 boeken (waarvan een gedeelte dus ook als pdf), duizenden kranten- en tijdschriften-artikelen, honderden tijdschriftentitels, posters, video's en ander beeldmateriaal. Laka digitaliseert (oude) tijdschriften en boeken uit de internationale antikernenergie-beweging.

De [catalogus](#) van de Laka-bibliotheek staat op onze site. De collectie bevat een grote verzameling gedigitaliseerde [tijdschriften](#) uit de Nederlandse antikernenergie-beweging en een verzameling [video's](#).

Laka speelt met oa. haar informatie-voorziening een belangrijke rol in de Nederlandse anti-kernenergiebeweging.

## The Laka-library

This is a PDF from one of the publications from the library of the Laka Foundation; the Amsterdam-based documentation and research centre on nuclear energy.

The Laka library consists of about 8,000 books (of which a part is available as PDF), thousands of newspaper clippings, hundreds of magazines, posters, video's and other material. Laka digitizes books and magazines from the international movement against nuclear power.

The [catalogue](#) of the Laka-library can be found at our website. The collection also contains a large number of digitized [magazines](#) from the Dutch anti-nuclear power movement and a [video-section](#).

Laka plays with, amongst others things, its information services, an important role in the Dutch anti-nuclear movement.

Appreciate our work? Feel free to make a small [donation](#). Thank you.



[www.laka.org](http://www.laka.org) | [info@laka.org](mailto:info@laka.org) | Ketelhuisplein 43, 1054 RD Amsterdam | 020-6168294

RAPPORTEN  
HERBEZINNING  
KERNENERGIE

---

Economische schade van een ongeval met een kerncentrale  
Hoofdrapport

---



STUURGROEP PROJECT  
HERBEZINNING

*Collectie Stichting Laka*

www.laka.org  
Gedigitaliseerd 2022



RAPPORTEN  
HERBEZINNING  
KERNENERGIE

---

Economische schade van een ongeval met een  
kerncentrale  
Hoofdrapport

---

SIBAS



STUURGROEP PROJECT  
HERBEZINNING

# Documentbeschrijving

Rapport nr. SPH-06-13	ISBN nummer 90 346 1565 0	
Titel rapport  Economische schade van een ongeval met een kerncentrale Hoofdrapport	Distributienummer	
	Datum publicatie Voorjaar 1988	
Schrijver(s)/redacteur(s) prof. dr. ir. T. Goemans, drs. J. J. Schwarz, e.a.	Rapport type en periode  Hoofdrapport 1988	
Uitvoerend instituut  SIBAS Stichting Samenwerkende Instellingen t.b.v. Beleidsanalytische Studies	Titel onderzoekproject  Project Herbezinning Kernenergie	
	Opdrachtgever(s)	
<p><b>Samenvatting</b></p> <p>De hier uitgevoerde studie is gericht op het aangeven van de economische schade die ontstaat door een ernstig ongeval met een nieuw te bouwen kerncentrale van 1000 Mwe in Nederland. Een zestal cases zijn daarbij beschouwd die bepaald worden door de ernst van en de weersomstandigheden tijdens het ongeval en de lokatie van de centrale. De volgende schadeposten zijn daarbij in ogenschouw genomen: verlies van de centrale zelf (inclusief ontmanteling), volksgezondheid, evacuatie en relocatie van de bevolking en werken en wonen in het besmette gebied (inclusief reiskosten), export of vernietiging van landbouwproducten, decontaminatie en bezoek van buitenlandse toeristen. De gevolgen voor de drinkwatervoorzieningen konden niet goed worden gekwantificeerd. De totale schade kan worden geraamd op f 14 - 17 miljard, indien echter een sterk geurbaniseerd gebied zou worden getroffen dan kan deze oplopen tot ca. f 30 miljard. Naast de centrale zelf, bepalen exportverlies en het verminderde bezoek van buitenlandse toeristen in belangrijke mate de hoogte van de schade.</p>		
Begeleidingscommissie	Bijbehorende rapporten  SPH-01-00 SPH-06-14 SPH-06-15 SPH-06-16 SPH-06-20 Zie lijst achterin	
	Aantal blz. 116	Prijs f 17,40
<p>Rapporten uit de reeks Project Herbezinning Kernenergie zijn schriftelijk of telefonisch te bestellen bij het D.O.P. (Distributiecentrum voor Overheidspublicaties), postbus 20014, 2500 EA 's-Gravenhage, onder vermelding van het ISBN nummer en het gewenste aantal exemplaren.</p>		

## VOORWOORD

In opdracht van het Ministerie van Economische Zaken is in het kader van het Project Herbezuiniging Kernenergie een studie uitgevoerd naar de economische schade van een eventueel ongeval in een mogelijk in Nederland te vestigen kerncentrale.

De studie is in de periode januari 1987 - maart 1988 uitgevoerd binnen het samenwerkingsverband SIBAS door de volgende instituten:

- Nederlands Economisch Instituut (NEI)
  - Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN)
  - Grondmechanica Delft (GD)
  - waterloopkundig Laboratorium (WL)
- alsmede buiten SIBAS-verband:
- Landbouw Economisch Instituut (LEI)

De projectleiding van de totale studie lag in handen van drs. J. A. van der Vlist (NEI), geassisteerd door drs. J. van de Vlies (NEI voor het economische deel van de studie en door drs. J. J. Schwarz (SIBAS-bureau) voor het technische deel van de studie. Het projectteam bestond, naast vele anderen, met name uit:

- NEI: drs. L. Beumer en drs. G. R. Otten  
ECN: ir. A. D. Poley en drs. J. F. A. van Hienen  
GD: ir. H. T. Sman  
WL: drs. P. J. A. Baan  
LEI: drs. J. Breedveld en drs. L. van der Giessen

Wat thans voorligt is aan te merken als hoofdrapport. Daarnaast zijn onder verantwoordelijkheid van de betreffende instituten vier "technische" deelrapporten verschenen met gedetailleerde informatie, waarvan in het hoofdrapport gebruik is gemaakt. Deze deelrapporten zijn:

- SPH-06-14 Mobiliteit van radionucliden in de bodem (GD)
- SPH-06-15 Gevolgen van radioactieve besmetting van oppervlaktewater (WL)
- SPH-06-16 Landbouw-economische gevolgen (LEI)
- SPH-06-20 Beschrijving economische analyse (NEI)

Voorts is gebruik gemaakt van het rapport:

- SPH-08-18 Ernstige reactorongevallen opnieuw bezien; gevolgen voor de omgeving (ECN)

<b>INHOUDSOPGAVE</b>		<b>Blz.</b>
	<b>SAMENVATTING</b>	<b>7</b>
	<b>SUMMARY</b>	<b>11</b>
<b>1.</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>12</b>
	1.1. Doel en scope van het onderzoek	12
	1.2. Uitgangspunten van het onderzoek	12
	1.3. Opbouw van het onderzoek	14
<b>2.</b>	<b>ONGEVALSBESCHRIJVING</b>	<b>16</b>
	2.1. Inleiding	16
	2.2. Achtergronden van de ongevalskeuze	16
	2.2.1. Inleiding	16
	2.2.2. Brontermen	17
	2.2.3. Locaties	17
	2.2.4. Weersomstandigheden	17
	2.2.5. Radioactieve stoffen	18
	2.3. Scenario's	19
	2.4. Beschrijving en verantwoording van interventiewerkwaarden	22
	2.5. Maatregelen	26
	2.6. Berekening van de gevolgen	28
	2.6.1. Inleiding	28
	2.6.2. De eerste-dags dosis	28
	2.6.3. De eerste-jaars dosis	29
	2.6.4. De 50-jaars dosis na terugkeer	29
	2.6.5. Besmetting met radioactief materiaal	29
	2.6.6. Effecten van dosisbeperkende maatregelen	31
	2.6.7. Acute en late effecten voor de gezondheid	33
	2.7. Samenvatting	34
<b>3.</b>	<b>GEVOLGEN VOOR DE BODEM, AGRARISCHE PRODUCTEN EN GRONDWATER</b>	<b>35</b>
	3.1. Inleiding	35
	3.2. Analyse	35
	3.3. Verdeling en transport van nucliden in de bodem	36
	3.3.1. Verdeling van nucliden in de bodem	36
	3.3.2. Transport van nucliden in de bodem	37
	3.4. Besmetting van producten en grondwater	37
	3.4.1. Besmetting van het gewas	37
	3.4.2. Besmetting van vlees- en melkproducten	38
	3.4.3. Besmetting van het grondwater	39
	3.5. Functieverlies per product en grondwater	39
	3.5.1. Gewassen	39
	3.5.2. Functieverlies melk- en vleesproductie	40
	3.5.3. Functieverlies grondwater	40
	3.5.4. Samenvatting functieverlies bouwland, weiland en grondwater	40
<b>4.</b>	<b>GEVOLGEN VOOR HET OPPERVLAKTEWATER</b>	<b>42</b>
	4.1. Inleiding	42
	4.2. Atmosferische depositie	42
	4.3. Gevolgen voor de drinkwatervoorziening	44
	4.3.1. Overschrijdingsduur	44
	4.3.2. Mogelijke maatregelen en reacties	45
	4.3.3. Gevolgen voor de drinkwatervoorziening	45

4.4.	Overschrijding interventiewerkwaarden oppervlaktewater	46
4.4.1.	Functieverlies en overschrijdingsduur	46
4.4.2.	Gevolgen voor de oppervlaktewatervoorziening	48
4.4.3.	Overige gevolgen	49
4.5.	Gevolgen voor de visserij	50
4.5.1.	Overschrijdingsduur	50
4.5.2.	Productieverlies visserij	51
5.	VERLIES ELECTRICITEITSCENTRALE EN DE ERMEE GEPAARD GAANDE KOSTEN	54
5.1.	Inleiding	54
5.2.	Wegvallend productievermogen bij gelijkblijvende vraag in 1985	54
5.2.1.	Inleiding	54
5.2.2.	De extra brandstofkosten gedurende 1985-1992	55
5.2.3.	De kosten van vervangend vermogen	55
5.2.4.	De totale kosten van wegvallend productievermogen bij gelijkblijvende vraag in 1985	56
5.3.	Wegvallend productievermogen en vraagreductie	56
5.4.	De kosten van ontsmetting en ontmanteling van de kerncentrale	57
5.5.	Samenvatting	58
6.	GEZONDHEIDSEFFECTEN EN DE DAARDOOR VEROORZAAKTE ECONOMISCHE SCHADE	60
6.1.	Inleiding	60
6.2.	Raming van schade aan gezondheid	60
6.3.	Kosten van additionele gezondheidszorg en gederfd inkomen	61
7.	BEINVLOEDING WOONFUNCTIE EN DE DAARDOOR VEROORZAAKTE KOSTEN	63
7.1.	Aantasting woonfunctie en kosten van evacuatie	63
7.2.	Alternatieve huisvestingskosten	64
7.3.	Kosten schade aan verlaten woningen en bewaking van het ontruimde gebied	67
7.4.	Samenvatting	67
8.	BEINVLOEDING WERKFUNCTIE EN DE DAARDOOR VEROORZAAKTE ECONOMISCHE SCHADE	73
8.1.	Inleiding	73
8.2.	Directe effecten landbouw	73
8.2.1.	Inleiding	73
8.2.2.	Productieverlies in land- en tuinbouw	74
8.2.3.	Exportverlies in land- en tuinbouw	85
8.2.4.	Samenvatting en conclusies directe effecten landbouw	89
8.3.	Raming verminderde productie als gevolg van beïnvloeding van de werkfunctie in radioactief besmette gebieden	92
8.4.	Doorwerkingen economie	93
8.5.	Samenvatting	94
9.	OVERIGE EFFECTEN	96
9.1.	Beschrijving van de overige effecten	96
9.2.	Samenvattend overzicht van overige schade	99
10.	SAMENVATTEND OVERZICHT ECONOMISCHE SCHADE	101
	BEGRIPPENLIJST	107
	LIJST VAN RAPPORTEN	113

## SAMENVATTING

In opdracht van het Ministerie van Economische Zaken is door de Samenwerkende Instellingen voor Beleidsanalyse Studies (SIBAS) in het kader van het Project Herbezinning Kernenergie een onderzoek uitgevoerd naar de economische schade als gevolg van een eventueel ongeval met een nieuw te bouwen kerncentrale in Nederland met een vermogen van 1000 MWe.

Indien zich een ernstig ongeval zoals hier wordt beschouwd voordoet, zal de omgeving van de getroffen centrale met radioactiviteit worden besmet. De mate van besmetting hangt af van enkele uitgangspunten, waarvan de belangrijkste zijn de zogenoemde bronterm, de locatie van de centrale en de weersomstandigheden ten tijde van het ongeval. Teneinde de gevoeligheid van de economische schade voor de verschillende uitgangspunten aan te kunnen geven, zijn in het onderzoek de volgende aannamen gedaan:

- twee verschillende voor nieuw te bouwen kerncentrales als extreem te beschouwen ongevallen; deze worden gekarakteriseerd door de ernstigste lozingen waarmee gezien de kans van optreden nog volgens het ECN rekening dient te worden gehouden, n.l. de 1% bronterm en de 0,1% bronterm met een berekende kans van optreden van  $10^{-8}$  á  $10^{-7}$  resp.  $< 10^{-6}$  per reactorjaar
- twee verschillende, representatief voor de te beschouwen gevolgen te achten, vestigingsplaatsen voor een kerncentrale, n.l. Moerdijk en Westelijke Noordoostpolderdijk
- voor de locatie Moerdijk twee verschillende meteorologische situaties, waarbij de radioactiviteit wordt verspreid over een sterk verstedelijkt gebied (richting Zuid-Holland) resp. over een groot agrarisch gebied (richting Utrecht)
- voor de locatie Westelijke Noordoostpolderdijk verspreiding van de radioactiviteit over het IJsselmeer.

Op deze wijze zijn zes onderzoekcases gedefinieerd met als doel extreme (in de zin van relatieve grote) gevolgen — vanuit de voor het betreffende ongevalsscenario gekozen invalshoek (economische schade, landbouw-economische schade en de gevolgen voor de (drink)waterkwaliteit) — van een ongeval met een kerncentrale in beeld te brengen. De ernst van de gevolgen van een ongeval wordt, behalve door bovengenoemde uitgangspunten ook nog bepaald door maatregelen die worden genomen om de gevolgen te beperken (het interventiebeleid), zoals bijv. evacuatie en schuilen van bevolking. Ook voor de maximum toelaatbare radioactiviteit zijn twee verschillende aannamen gedaan in de vorm van zogenoemde interventiewerkwaarden. Als economische situatie ten tijde van het ongeval is die van 1985 genomen.

De in deze studie geraamde schade kan worden gedefinieerd als de door het ongeval veroorzaakte aantasting van de welvaart in Nederland. Dit houdt in dat geen rekening is gehouden met een eventuele schade aan buitenlandse economieën. Tot de economische schade wordt gerekend:

- het verlies van de centrale zelf, de kosten van het opruimen van de centrale en de kosten van vervangende elektrische energie gedurende de periode dat nieuw vermogen nog niet beschikbaar is
- kosten van schade aan de gezondheid van de bevolking
- schade toegebracht aan de kwaliteit van de woonomgeving (inclusief evacuatiekosten e.d.)
- schade voor de agrarische sector (inclusief exportbelemmeringen)
- kosten samenhangend met vermindering van het buitenlandse bezoek aan Nederland
- derving van (nationale) toegevoegde waarde
- kosten van overige noodzakelijke maatregelen en effecten (zoals decontaminatie, extra reiskosten woon-werk verkeer, enz.)

Het onderzoek is beperkt tot de kwantificeerbare economische (in geld waardeerbare) schade. Waar kwantificering niet goed mogelijk bleek, zoals bij het tekort aan goed drinkwater en bij de tijdelijke onbruikbaarheid van oppervlaktewater bijvoorbeeld voor water gebonden recreatie, zijn de factoren die een rol spelen toch zo goed mogelijk weergegeven. Dit houdt overigens in dat niet of moeilijk kwantificeerbare aspecten, zoals het gedrag van mensen met



betrekking tot het eten van besmet voedsel of de terugkeer naar (geëvacueerde) gebieden waar de stralingsintensiteit onder de gehanteerde interventiewerkwaarden is gedaald, wel degelijk invloed kan hebben op de hoogte van de totale economische schade.

Om de economische schade van een ongeval met een kerncentrale te kunnen ramen is een groot aantal onderzoeksactiviteiten uitgevoerd. Zo heeft het Energieonderzoek Centrum Nederland (ECN) aan de hand van modellen de verspreiding van radionucliden en de gevolgen daarvan voor het verblijf van mensen in het besmette gebied berekend. Grondmechanica Delft (GD) heeft, ten behoeve van de bepaling van de landbouwschade en drinkwatervoorziening via grondwater, de verspreiding van radionucliden in de bodem nagegaan. Tevens heeft zij aangegeven welk deel van deze nucliden in de gewassen en door het vee opgenomen worden. Het Waterloopkundig Laboratorium (WL) heeft berekend in hoeverre oppervlaktewater gedurende een bepaalde tijd niet gebruikt kan worden voor de bereiding van drinkwater, voor de watervoorziening van de omliggende gebieden (o.m. berekening bij agrarische activiteiten) en voor andere gebruiksfuncties zoals vervoer te water, koelwater voor industriële processen etc. Daarnaast zijn de productieverliezen voor de visserij berekend en is ingegaan op de effecten op de watergebonden recreatie. Het Landbouw Economisch Instituut (LEI) heeft op basis van de resultaten van de hiervoor genoemde onderzoeken de schade voor de landbouw berekend (inclusief de exportverliezen), terwijl het Nederlands Economisch Instituut (NEI) tenslotte de schadeberekening voor de volksgezondheid, wonen en werken, de electriciteitsvoorziening, buitenlands toerisme en de totalisering van de economische schade voor zijn rekening heeft genomen. Ook is aandacht geschonken aan de kosten van effectbeperkende maatregelen. Elk van de hier genoemde instituten heeft de resultaten van het betreffende deel van het onderzoek neergelegd in een deelrapport.

De resultaten van de schadeberekeningen zijn samengevat in onderstaande tabel, waarbij onderscheid is gemaakt naar de gehanteerde scenario's (locatie en weersomstandigheden die in combinatie met de gehanteerde brontermen een aantal cases opleveren) en de aard van het te voeren interventiebeleid.

Voor de overzichtelijkheid is een aantal posten samengevoegd; onderscheiden worden:

- . kosten verlies centrale (waarde verlies van de centrale, overbruggings- en opruimkosten)
- . kosten inzake gezondheid en verlies woonfunctie
- . verlies toegevoegde waarde gehele economie inclusief kosten maatregelen in de agrarische sector
- . nadelig verschil betalingsbalans (verlies exportwaarde + gederfd buitenlands bezoek – uitkering buitenlandse verzekeringen en bijdragen van andere staten)
- . overig (extra kosten woon-werkverkeer, kosten stilleggen continue productie, extra kosten i.v.m. gebruik oppervlaktewater, decontaminatie bebouwde omgeving).

Totale economische schade als gevolg van een ongeval met een kerncentrale  
(in miljarden gulden)

Ongevalsecase		economische schade						
Scenario	Type ongeval	Inter- ventie- beleid	Verlies centrale	Gezond- heid + wonen	Toege- voegde waarde		Overig	Totaal
					+ maat- regelen	Buiten- land		
Moerdijk-Utrecht	zeer ernstig	streng	7,7	0,3	2,8	6,0	0,3	17,1
Moerdijk-Utrecht	ernstig	streng	7,7	0,0	2,0	6,1	0,1	16,0
Moerdijk-Utrecht	zeer ernstig	licht	7,7	0,1	2,0	6,1	0,1	16,0
Moerdijk-Utrecht	ernstig	licht	7,7	0,0	1,8	6,1	0,1	15,7
Moerdijk-ZH	zeer ernstig	streng	7,7	4,8	7,6	4,2	5,3	29,6
Moerdijk-ZH	ernstig	streng	7,7	0,0	2,8	5,9	0,1	16,5
Moerdijk-ZH	zeer ernstig	licht	7,7	0,3	2,3	5,9	0,1	16,3
Moerdijk-ZH	ernstig	licht	7,7	0,0	1,3	6,1	0,1	15,2
Westelijke NOP	zeer ernstig	streng	7,7	-	0,3	6,0	0,1	14,2
Westelijke NOP	ernstig	streng	7,7	-	0,3	6,1	0,0	14,2
Westelijke NOP	zeer ernstig	licht	7,7	-	0,2	6,1	0,0	14,1
Westelijke NOP	ernstig	licht	7,7	-	0,1	6,1	0,0	14,0

Onder een "streng" interventiebeleid wordt hier verstaan een beleid dat gebaseerd is op lage interventiewerkwaarden; een "licht" interventiebeleid is gebaseerd op hoge interventiewerkwaarden.

In het algemeen blijken de gehanteerde brontermen, de locatie van de centrale en de weersomstandigheden tijdens de lozing van radionucliden uit de beschadigde centrale relatief weinig invloed te hebben op het uiteindelijke schadebedrag. Afgerond bedraagt de economische schade f 14 tot 17 miljard; ongeveer de helft hiervan wordt veroorzaakt door verlies van de centrale. In één geval is de schade echter aanzienlijk groter, n.l. wanneer de radioactieve pluim bij een ernstig ongeval over een sterk verstedelijkt gebied trekt (Rotterdam en omgeving) en er relatief strenge interventiewerkwaarden worden gehanteerd. De schade bedraagt dan gemiddeld f 30 miljard, hetgeen voornamelijk een gevolg is van beperkingen in werken en wonen, extra transportkosten, kosten van evacuatie en relocatie van mensen uit het besmette gebied en het verlies aan toegevoegde waarde door het verlies van productiefuncties van het besmette gebied.

Wordt in dit geval een licht interventiebeleid gevoerd, dan kan echter het aantal slachtoffers (dat kan variëren tussen 0 en 2400) op de lange termijn maximaal 80% hoger liggen dan bij het voeren van een streng beleid.

Bij de interpretatie van de verkregen uitkomsten dient met het volgende rekening te worden gehouden.

1. De verkregen uitkomsten gelden uiteraard slechts voor de in beschouwing genomen ongevalsecases.
2. Bij sommige schadeposten zijn maximum en minimum ramingen opgesteld (verlies centrale, "maatregelen" land- en tuinbouw, exportverlies en verminderd buitenlands bezoek). In de tabel zijn alleen gemiddelden overgenomen.
3. Geen rekening is gehouden met een verminderde binnenlandse vraag naar uit Nederland afkomstige agrarische producten en mede als gevolg daarvan een grotere afname van agrarische producten uit het buitenland. Ook niet met een mogelijke toename van het doorbrengen van vacaties in het buitenland, indien nederlandse recreatiegebieden besmet zijn geraakt. Op grond hiervan kunnen die bedragen als minima worden opgevat.

4. Geen rekening is gehouden met een zekere flexibiliteit van de nederlandse economie, waardoor de berekende verliezen aan toegevoegde waarde als maxima kunnen worden beschouwd.

De met een onderzoek als het onderhavige samenhangende problemen zijn aangepakt door het doen van aannamen, waarover discussie mogelijk is. Gegeven een bepaald ongevalsscenario met bijbehorende cases hangt veel af van hoe overheden, bedrijven, groepen en individuen zullen reageren. Hierover is op voorhand niet genoeg bekend om tot een nauwkeurige raming van de economische schade te kunnen komen. Gewezen wordt op de volgende punten:

- . afzetproblemen met produkten op de langere termijn
- . kwetsbaarheid van de voorzieningenstructuur m.n. bij de drinkwatervoorziening
- . functieverlies bij recreatieve voorzieningen
- . psychologische weerstanden bij (geëvacueerde) personen om weer in besmet gebied te gaan werken en/of wonen
- . beperkte kennis over de mogelijke ecologische gevolgen van een ongeval

Ondanks de hiervoor gegeven beperkingen kan worden gesteld dat het onderzoek systematisch en voldoende breed is opgezet om van nut te zijn bij de discussie en besluitvorming over kernenergie. Tot slot wordt er op gewezen dat de beide hypothetische ongevallen die in deze studie zijn gehanteerd, zoals eerder aangegeven, een zéér lage kans van optreden hebben. Bij de in dit rapport weergegeven effecten dient men deze kansen van optreden, naast de verschillende weersgesteldheden met hun specifieke kansen en gevolgen, steeds in gedachten te houden.

## SUMMARY

### ECONOMIC DAMAGE OF SEVERE ACCIDENTS IN A NUCLEAR POWER PLANT IN THE NETHERLANDS

This report is part of an extensive study undertaken by the Joint Institute for Policy Analysis (SIBAS) on behalf of the Dutch Ministry of Economic Affairs. SIBAS is a joint venture of seven Dutch research institutes, several of which participated in this multidisciplinary study. A number of cases for possible accidents with a newly built 1000 MWe nuclear power plant in The Netherlands have been developed. The cases are specified by:

- 1) the severity of the accident (in terms of the amount of radionuclides released from the plant)
- 2) the location of the nuclear power plant
- 3) the weather conditions during the accident

Also two different sets of intervention values have been taken into account, specifying the acceptable level of radioactivity in food and water or on the ground.

The Netherlands Energy Research Foundation (ECN) estimated the severity of the accident and calculated the spatial distribution of the radionuclides released from the plant. Two types of accidents are discerned, one with a probability of occurrence of  $< 10^{-6}$  per reactor year and the other with a probability of occurrence of between  $10^{-7}$  and  $10^{-8}$  per reactor year. Delft Geotechnics (GD) looked into the consequences for the soil and Delft Hydraulics (WL) analyzed the consequences for surface and drinking water and fisheries. The Agricultural Economics Research Institute (LEI, not a SIBAS partner) estimated the damage to the agricultural sector and the Netherlands Economic Institute (NEI) managed the entire project and calculated the economic damage to the Dutch society as a whole.

For each accident case the economic damage have been estimated for the following impact categories:

- 1) loss of the power plant
- 2) public health
- 3) evacuation and relocation of population
- 4) export of agricultural products
- 5) working and living in contaminated regions
- 6) decontamination
- 7) costs of transportation
- 8) incoming foreign tourism

In general the conclusion is that the economic damage can amount to 14-17 billion guilders. In all cases large and rather constant losses concern the nuclear power plant, foreign trade and incoming foreign tourism. Only in one case the economic damage could reach 30 billion guilders, when a heavily urbanized region would be affected by the accident and a stringent intervention policy with respect to living and working in the contaminated region would be pursued. The additional costs relate to transportation, evacuation and relocation costs, and the loss of total value added due to discontinuing the production functions. When a less stringent intervention policy is pursued, the economic damage will be less but the effect on public health (in terms of the possible number of radiation victims between 0 and 2400) will be about 80% higher.

## 1. INLEIDING

### 1.1. Doel en scope van het onderzoek

In de discussie over de vestiging van nieuwe kerncentrales in Nederland heeft het veiligheidsaspect steeds een belangrijke rol gespeeld. Daarbij was de aandacht vooral gericht op het mogelijke aantal slachtoffers dat bij een eventueel ongeval zou kunnen vallen. Aan de economische gevolgen van een ongeval is tot op heden relatief weinig aandacht besteed. De ramp met de kerncentrale in Tsjernobyl, die ook in Nederland tot niet te verwaarlozen effecten heeft geleid, heeft ongetwijfeld de wens verstrekt om meer inzicht te krijgen in de omvang van de economische schade als gevolg van een ongeval met een kerncentrale in Nederland.

Doelstelling van het onderhavige onderzoek is inzicht te geven in die economische schade, teneinde in het kader van het "Project Herbezinning Kernenergie" tot een zo goed mogelijke onderbouwing van de besluitvorming te komen. Daarnaast kan dit onderzoek ook bijdragen aan een beter zicht op de ongevalsbestrijding in brede zin.

Het onderzoek is zodanig opgezet dat de extreme (op te vatten als relatief grote) gevolgen van een ongeval vanuit enkele specifieke invalshoeken in beeld gebracht zijn. Het is tevens beperkt tot de kwantificeerbare economische (in geld waardeerbare) schade. Daarmee wil niet gezegd zijn dat de niet in geld waardeerbare en niet-kwantificeerbare gevolgen, zoals stress en leed, minder belangrijk zouden zijn. Het is echter in de beleidsanalyse een vooralsnog onopgelost probleem hoe dergelijke van karakter verschillende effecten tot één beeld kunnen worden samengevoegd. In het kader van de onderhavige studie is gekozen voor bovenstaande beperking; desalniettemin is op gezette plaatsen het resultaat in perspectief geplaatst door te wijzen op de overige gevolgen.

### 1.2. Uitgangspunten van het onderzoek

Wil men tot een zo goed mogelijke raming van de economische schade bij een ongeval komen, dan ontmoet men een aantal problemen op het onderzoekspad:

- er zijn meerdere vestigingsplaatsen voor nieuwe kerncentrales mogelijk; tot een definitieve keuze is het (nog) niet gekomen. Om tot een reële raming van schade te kunnen komen moet met een concrete en representatief te achten vestigingsplaats worden gewerkt.
- er zijn voor nieuw te bouwen kerncentrales verschillende ongevallen denkbaar, variërend van klein tot groot elk met een eigen kansschatting. Gegevens over kansen en gevolgen van dergelijke ongevallen zijn schaars, zodat een bepaald ongevalsverloop moet worden voorondersteld.
- de verspreiding van radioactiviteit hangt in belangrijke mate af van de weersomstandigheden ten tijde van het ongeval. Ook hier zal dus met aannamen moeten worden gewerkt.
- de ernst van de gevolgen van een reactorongeval wordt in belangrijke mate bepaald door maatregelen die collectief en individueel worden genomen teneinde die gevolgen te beperken. Ervaring met dit soort maatregelen is zeer beperkt.
- een nieuwe kerncentrale zal niet eerder dan eind negentiger jaren in bedrijf kunnen zijn, zodat de economische situatie op dat moment aanzienlijk kan verschillen van de huidige. Hoe groot dat verschil is, valt echter moeilijk te zeggen.

Hoewel onzekerheden in beleidsanalytische studies altijd een belangrijke rol spelen, levert bovenstaande opsomming toch een moeilijke situatie op. Het gevaar bestaat dat men door lichtvaardig gemaakte vooronderstellingen tot totaal onrealistische uitkomsten van schadeberekeningen komt (onrealistisch zowel naar boven als naar beneden). In het onderhavige geval hebben we te maken met verschillende soorten onzekerheden. Enerzijds de z.g. stochastische onzekerheden, waarbij een objectieve dan wel subjectieve kansverdeling voor een gebeurtenis bekend is (bijv. de aard van een ongeval of de weersomstandigheden op enigerlei tijdstip). Anderzijds de "echte" onzekerheden, waarbij geen kansverdeling voor een gebeurtenis bekend is (bijv. het gedrag van mensen tijdens evacuatie of de vestigingsplaats van een centrale). Gezien het karakter van de studie zijn kansverdelingen buiten beschouwing gelaten,

maar is er wel met een beperkte gevoeligheidsanalyse gewerkt. Dat wil zeggen dat voor enkele onzekerheden de gevoeligheid van het schadepatroon voor bepaalde aannamen is onderzocht. Binnen de beschikbare tijd en middelen zijn voor aannamen die essentiële invloed op het resultaat hebben tenminste twee verschillende plausibele uitgangspunten gehanteerd. Het betreft hierbij:

- . twee verschillende representatief te achten vestigingsplaatsen
- . twee verschillende voor nieuw te bouwen kerncentrales als extreem te beschouwen ongevallen
- . twee verschillende meteorologische situaties voor één der vestigingsplaatsen
- . twee verschillende besmettingswaarden waarbij de overheid tot interventie overgaat.

Voor de andere onzekerheden is geen gevoeligheid onderzocht, maar is één bepaalde aanname gedaan. Met name betreft dat:

- . één meteorologische situatie voor een der vestigingsplaatsen met als doel een bepaald effect te bewerkstelligen
- . een gedrag van mensen na het ongeval "volgens de voorschriften"
- . een economische situatie ten tijde van het ongeval die gelijk is aan de situatie in 1985.

Daarnaast zijn bij verschillende berekeningen van hogere-orde effecten nog andere, meer specifieke aannamen gedaan, die steeds zo goed mogelijk zijn geëxpliciteerd.

De in deze studie geraamde economische schade kan worden gedefinieerd als de door het ongeval veroorzaakte aantasting van de welvaart in Nederland. Dit houdt in dat geen rekening wordt gehouden met een eventuele schade aan buitenlandse economieën. De gevolgen van een ongeval betreffen enerzijds de kerncentrale zelf en anderzijds de omgeving van de centrale als gevolg van radioactieve besmetting. De economische schade kan in dezelfde twee onderdelen worden gesplitst. Het tenietgaan van de centrale zelf betekent een verlies aan capaciteit voor de opwekking van electriciteit. De waarde van dit verlies kan worden gelijkgesteld aan de vervangingskosten van eenzelfde opwekkingscapaciteit. Daarnaast dient nog rekening te worden gehouden met de kosten die nodig zijn om tijdens de voorbereidings- en bouwtijd van een nieuwe centrale in de behoeften te voorzien en met de kosten van opruimen van de getroffen centrale.

De economische schade als gevolg van besmetting van de omgeving van de centrale worden veroorzaakt door:

- a) schade aan de gezondheid van de bevolking
- b) schade toegebracht aan de kwaliteit van de woonomgeving (inclusief evacuatiekosten e.d.)
- c) schade voor de agrarische sector (inclusief exportbelemmeringen)
- d) kosten samenhangend met vermindering van het buitenlandse bezoek aan Nederland
- e) derving van (nationale) toegevoegde waarde
- f) kosten van overige noodzakelijke maatregelen en effecten (zoals decontaminatie, extra kosten woon-werk verkeer, enz.).

De kosten van de in dit kader te treffen maatregelen kunnen ook als economische schade worden aangemerkt, indien ervan wordt uitgegaan dat de in te zetten productiefactoren aan andere bestemmingen worden onttrokken, of dat importen noodzakelijk zijn om (een deel) van de maatregelen te kunnen treffen. Evacuatie respectievelijk beperking van de verblijfsduur van de bevolking kan tevens impliceren dat de voordien uitgeoefende werkfunctie in het getroffen gebied wordt aangetast. Voorts dient er nog rekening mee te worden gehouden dat de buitenlandse vraag naar Nederlandse producten en met name die naar agrarische producten negatief zal worden beïnvloed. Dit geldt ook voor het toeristisch bezoek uit het buitenland. De schade aan de gezondheid, aan voorraden en gewassen en de omvang van de evacuatie hangt behalve met de ernst van het ongeval ook samen met het terzake gevoerde interventiebeleid.

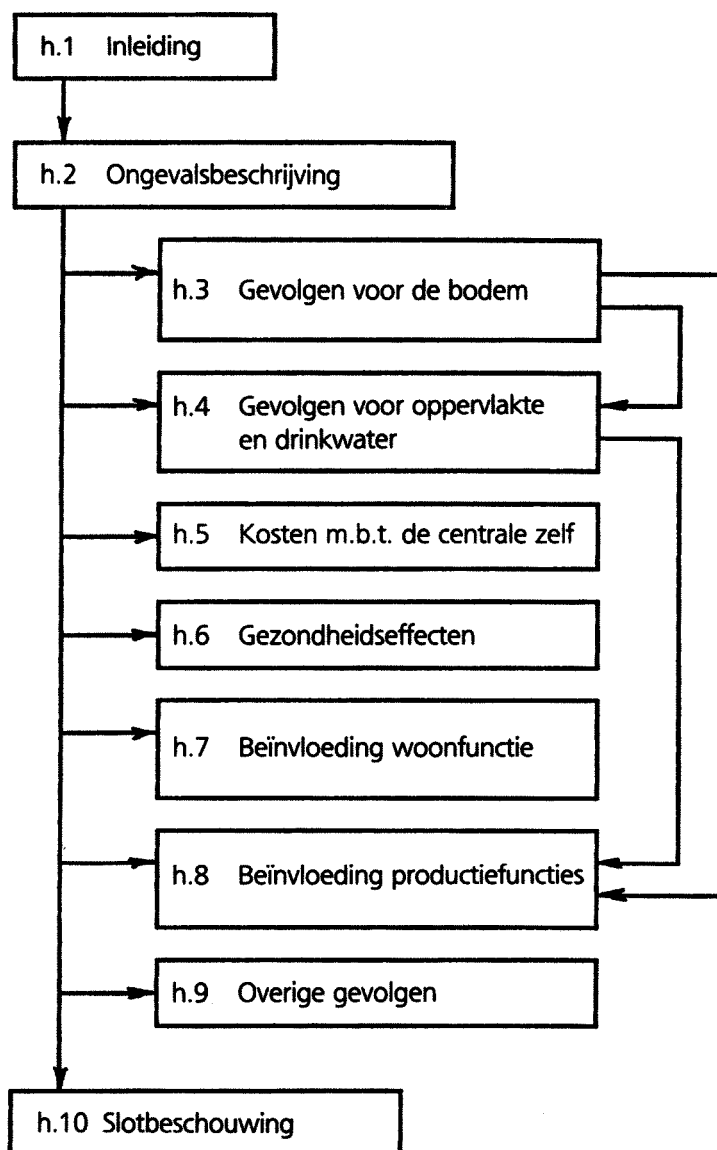
### 1.3. Opbouw van het onderzoek

Het onderzoek is volgens het onderstaande schema opgebouwd, hetgeen in de rapportage is terug te vinden.

Hoofdstuk 2 begint met de ongevalsbeschrijving, waarbij aandacht wordt besteed aan de achtergronden van de ongevalskeuze, de verspreiding van de vrijkomende radioactieve stoffen en de blootstelling van de bevolking aan de optredende straling. De verspreiding van de radioactieve stoffen vindt niet alleen plaats via de lucht maar in tweede instantie ook via bodem en water. Aan de gevolgen voor de bodem is hoofdstuk 3 gewijd. Deze gevolgen zijn met name van belang voor het bepalen van de effecten voor de land- en tuinbouw en voor de drinkwatervoorziening via het grondwater. Het daaropvolgende hoofdstuk 4 betreft de gevolgen voor het oppervlaktewater en de functies die hiermee samenhangen, zoals de (drink)watervoorziening; tevens komen hier de gevolgen voor de (beroeps)visserij aan de orde. De hoofdstukken 2 t/m 4 omvatten het min of meer "technische" deel van de studie.

Voor wat betreft de economische schade kan een onderscheid worden gemaakt tussen de gevolgen met betrekking tot de centrale zelf (hoofdstuk 5) en de gevolgen met betrekking tot de effecten buiten de centrale (hoofdstukken 6 t/m 9). Bij de beschouwing van de kosten m.b.t. de centrale in hoofdstuk 5 wordt aandacht besteed aan de consequenties van zowel het wegvallende opwekkingsvermogen en aan de kosten van ontsmetting van de beschadigde centrale. Hoofdstuk 6 betreft de gezondheidseffecten en de daarmee gepaard gaande kosten. Naast de noodzakelijke kosten van (extra) gezondheidszorg is uitsluitend rekening gehouden met gedeerde arbeidsinkomsten als gevolg van het niet volledig kunnen functioneren in het arbeidsproces. Menselijke pijn en leed zijn niet gekwantificeerd.

De indeling is als volgt:



Hoofdstuk 7 behandelt de beïnvloeding van de woonfunctie en de daarmee gepaard gaande kosten. Ter sprake komen de kosten van evacuatie op langere termijn, de kosten van bewaking e.d. Hoofdstuk 8 heeft betrekking op de beïnvloeding van de productiefuncties. Achtereenvolgens komen de effecten in de land- en tuinbouw en de nijverheids- en diensten sectoren aan de orde, gevolgd door de indirecte doorwerkingen in de rest van de economie. Hoofdstuk 9 betreft de overige effecten, zoals de kosten van stilleggen van continue productieprocessen in de chemische industrie, de extra reiskosten van werkenden, effecten op het buitenlandse bezoek aan Nederland, de eventuele vergoedingen uit het buitenland op grond van aansprakelijkheidsregelingen, decontaminatiekosten, enz.

In het slothoofdstuk wordt een samenvattend overzicht gepresenteerd van de belangrijkste resultaten welke aan een beschouwing worden onderworpen.



## 2. ONGEVALSBESCHRIJVING

### 2.1. Inleiding

In dit hoofdstuk wordt gerapporteerd over het deel van het onderzoek dat is gericht op het verschaffen van inzicht in de directe gevolgen van radioactieve besmetting van de omgeving als gevolg van een ernstig ongeval met een kerncentrale van 1000 MWe in Nederland. Het gaat daarbij met name om de verspreiding van vluchtig radioactief materiaal na ontsnapping uit het reactorgebouw en om de stralingsdoses die mensen als gevolg van de lucht- en bodembesmetting kunnen ontvangen. De verspreiding en de mogelijk te ontvangen doses zijn een functie van de plaats ten opzichte van de centrale en hangen af van het weer ten tijde van de lozing. In de hieropvolgende hoofdstukken worden de gevolgen van de radioactieve besmetting op het land en in het water berekend, zowel op korte als op lange termijn. Deze gevolgen worden vervolgens "vertaald" naar de mate van functieverlies die daarvan het gevolg is.

Het onderhavige hoofdstuk is als volgt opgebouwd. In paragraaf 2.2 wordt ingegaan op de achtergronden van de ongevalskeuze, waarbij achtereenvolgens de typen ongevallen, de locaties van de centrale en de weersomstandigheden ten tijde van het ongeval aan de orde zullen komen. Eveneens wordt daar de keuze ten aanzien van de radioactieve stoffen ter beschrijving van de landbouwgevolgen toegelicht. In paragraaf 2.3 worden vervolgens zes cases samengesteld, welke worden gebruikt om de gevolgen voor een aantal sectoren aan te kunnen geven. In paragraaf 2.4 worden de in deze studie te hanteren interventiewaarden gegeven en verantwoord, in paragraaf 2.5 gevolgd door de beschrijving van een aantal maatregelen die de gevolgen van een ongeval kunnen reduceren. De berekening van de gevolgen in termen van de blootstelling van de bevolking aan ioniserende straling, alsook de verspreiding van radioactief materiaal, komen in paragraaf 2.6 aan de orde. Hier wordt ook ingegaan op de wijze waarop radioactieve stoffen het menselijk lichaam binnen kunnen komen en op de risico's ten aanzien van het optreden van acute en late effecten. Hoofdstuk 2 wordt afgerond met een korte samenvatting in paragraaf 2.7.

### 2.2. Achtergronden van de ongevalskeuze

#### 2.2.1. Inleiding

Afhankelijk van de preciese hoeveelheden radioactieve stoffen die bij een ongeval kunnen vrijkomen (de zogenoemde bronterm), zal een meer of minder sterke besmetting optreden van een gebied rondom en benedenwinds van de centrale. Deze besmetting kan ertoe leiden dat de bevolking gedurende een zekere periode niet in deze gebieden mag verblijven en dat drinkwater en voedsel uit deze gebieden (tijdelijk) niet geconsumeerd mogen worden. Teneinde een zo goed mogelijk inzicht te krijgen in de economische schade van een ongeval, dient in eerste instantie te worden nagegaan welke soort ongevallen kunnen leiden tot bepaalde economische schade. Hiertoe moeten uit een groot aantal mogelijkheden op praktische gronden keuzen worden gemaakt, die zo goed mogelijk de doel- en probleemstelling van het onderzoek recht doen. Deze keuzen betreffen ondermeer:

- . de bronterm
- . de locaties van de centrale
- . de weersomstandigheden tijdens de ongevalssituatie
- . de in beschouwing te nemen radioactieve stoffen

Uit de eerste drie hier genoemde elementen zullen zes cases worden samengesteld die als basis zullen dienen voor de berekeningen van de economische gevolgen. De weersomstandigheden gecombineerd met de geselecteerde locaties leiden tot een drietal (weer)scenario's. Deze scenario's gecombineerd met de brontermen leiden tot het genoemde aantal van zes cases. Ter beschrijving van de gevolgen voor landbouw en (drink)watervoorziening is een vijftal radioactieve stoffen geselecteerd, die tezamen een goed beeld geven van de besmetting met radioactief materiaal in relatie tot economisch functieverlies.

### 2.2.2. Brontermen

Teneinde vast te kunnen stellen in welke hoeveelheid en daarmee onderlinge verhouding de diverse radioactieve stoffen bij een bepaald ongeval met een nieuw te bouwen kerncentrale van 1000 MWe vrij zou kunnen komen, is gebruik gemaakt van een tweetal brontermen die uit het oogpunt van diversiteit aan gevolgen en kansen op ongevallen met dergelijke kerncentrales goed bruikbaar zijn. Door het ECN zijn in het kader van het project herbezinning Kernenergie drie brontermen gepresenteerd <sup>1)</sup>. Bij deze brontermen zou resp. 10%, 1% en 0,1% van de reactorinhoud aan vluchtige stoffen buiten de reactorinsluiting vrijkomen. De voor de 10%-bronterm berekende kans bij nieuw te bouwen centrales is echter zo klein, dat deze in het ECN-rapport uitgesloten wordt genoemd. In de onderhavige studie zijn — om redenen van consistentie met andere in dit programma uitgevoerde studies - alleen de 1%- en 0,1%-bronterm beschouwd; tabel 2.1 geeft een beschrijving van beide brontermen.

Tabel 2.1. Beschrijving van de brontermen

geelosde fractie van de kernreactorinhoud:		1%-bronterm	0,1%-bronterm
Xe, Kr	gassen	1	1
I, Br	vluchtig	0,01	0,001
Cs, Rb		0,01	0,001
Te, Se	minder	0,01	0,001
Ba	vluchtig	0,01	0,001
Ru*		0,01	0,001
Sr, La*	niet-vluchtig	0,001	0,0001
vertragingstijd	(uur)	6	6
lozingsduur	(uur)	6	6
lozingshoogte	(m)	0**	65**
kans op bronterm per reactor(bedrijfs-)jaar		1:100.000.000 à 1:10.000.000	< 1:1.000.000

\* stoffen representatief voor de groep edelmetalen respectievelijk zeldzame aarden

\*\* ontsnapping door lek direct uit de reactorinsluiting respectievelijk lozing door de schoorsteen

### 2.2.3. Locaties

Voor het doel van deze studie is uitgegaan van twee locaties die tezamen de raming van economische schade met betrekking tot wonen, werken, landbouw, visserij en (drink)watervoorziening mogelijk moeten maken. Eén locatie ligt dichtbij een stedelijk, geïndustrialiseerd en agrarisch gebied, de andere locatie bij een belangrijk waterbekken. Moerdijk en de Westelijke-Noordoostpolderdijk zijn gekozen als mogelijke locaties voor nieuw te bouwen centrales en voldoen tezamen aan de voor deze studie gestelde eisen.

### 2.2.4. Weersomstandigheden

Het NUDOS-programma, dat voor de verspreidingsberekeningen is gebruikt, gaat uit van een vaste windrichting en windsterkte voor het gehele gebied waarover de radioactieve stoffen verspreid worden. Te verwachten kleine veranderingen in de windrichting worden verrekend via een grote verspreiding bij toenemende lozingsduur. Plotselinge veranderingen in de windrichting zijn niet in het NUDOS-programma gemodelleerd: deze leveren een groter

<sup>1)</sup> ECN, Ernstige reactorongevallen opnieuw bezien; de bronterm. Project Herbezinning Kernenergie, rapport SPH-03-01, december 1987.

verspreidingsgebied, maar daarmee ook een verdere verdunning van het geloosde radioactief materiaal. Voor gebruik in het NUDOS-programma is het Nederlandse weer ingedeeld in 14 weerklassen wat betreft stabiliteit en bijbehorende windsnelheden. Verder kan voor het gehanteerde model de weersfrequentie opgegeven worden per windrichting (12 sectoren van 30 graden). Op basis van gegevens van het KNMI zijn per weerklasse kansverdelingen berekend ten aanzien van de windrichting voor dag en nacht en — belangrijk voor de landbouw — lente en herfst. Deze berekeningen zijn, in verband met de locatiekeuze, uitgevoerd voor de stations Den Helder, Schiphol (WNOP-dijk) en Rotterdam (Moerdijk). Voor de specifieke resultaten wordt verwezen naar het desbetreffende ECN-rapport<sup>2)</sup>.

#### 2.2.5. Radioactieve stoffen

De voor de consequenties voor voedsel en drinkwater in beschouwing te nemen radioactieve stoffen dienen zodanig te worden gekozen, dat verwacht mag worden dat zij de gevolgen voor de landbouw en de (drink)watervoorziening zodanig beschrijven dat de afwijking ten opzichte van een beschouwing met alle geloosde stoffen minimaal is. De te kiezen stoffen zullen daarom aan een of meer van de volgende criteria moeten voldoen:

- in redelijke grote hoeveelheden worden geloosd
- door hun chemische eigenschappen gemakkelijk in het menselijk lichaam worden opgenomen
- een relatief lange halfwaardetijd bezitten
- de belangrijkste bijdrage leveren aan de ingestiedosis (dosis ontvangen door inname van radioactieve stoffen via het spijsverteringskanaal) op enig tijdstip.

Op grond hiervan zijn uit het zeer grote aantal radioactieve stoffen dat bij een ongeval uit de reactorinsluiting kan ontsnappen, de volgende vijf gekozen:

I-131	(jodium) halfwaardetijd 8 dagen
Sr-89	(strontium) halfwaardetijd 52 dagen
Sr-90	(strontium) halfwaardetijd 28,1 jaren
Cs-134	(cesium) halfwaardetijd 2,05 jaren
Cs-137	(cesium) halfwaardetijd 30 jaren

De keuze van deze radioactieve stoffen is gebaseerd op de volgende overwegingen. Door hun relatief lange halfwaardetijden en chemische gelijkenis met lichaamsvriendelijke stoffen, waardoor ze gemakkelijk worden opgenomen, vormen de laatste vier stoffen een begrenzend factor voor consumptie van vele landbouwproducten. Jodium heeft weliswaar een korte halfwaardetijd, maar geeft in de tijd direct na het ongeval verreweg de grootste bijdrage aan de ingestiedosis; het wordt met name via consumptie van melk en verse groente (spinazie) opgenomen en opgeslagen in de schildklier. De relatieve bijdrage aan de ingestiedosis van deze stoffen staat vermeld in tabel 2.2. Gemiddeld over het eerste jaar dragen deze vijf radionucliden voor ca. 80% aan de ingestiedosis bij.

<sup>2)</sup> ECN, Ernstige reactorongevallen opnieuw bezien: gevolgen voor de omgeving. Project Herbezinning Kernenergie, rapport SPH-08-18.

**Tabel 2.2.** Relatieve bijdragen (in %) aan de effectieve ingestiedosis (50-jaars volgdosis) voor de (gevoelige) groep van éénjarige kinderen op een aantal tijdstippen na het ongeval.

Radioactieve stof	blootstellingsweg				Tp
	direct	indirect			
	eerste dag	1 maand	1 jaar	2 jaar	
Sr-89	1,2	46	2,1	0,01	0,75
Sr-90	0,2	12	53	62	0,75
I -131	48	5,4	-	-	0,02
Sc-134	0,5	6,2	20	17	0,07
Cs-137	0,2	3	12	14	0,07
<b>totaal</b>	<b>50,1</b>	<b>72,6</b>	<b>87,1</b>	<b>93,0</b>	

De directe blootstellingsweg gaat uit van een onderlinge verhouding van de radioactieve stoffen in het voedsel die gelijk is aan die op de bodem. Bij de indirecte weg verloopt de overdracht van activiteit door opname via de wortels uit de besmette bodem en wordt de onderlinge verhouding aangepast met behulp van een gemiddelde overdrachtsfactor (Tp). Deze factor wordt verder gebruikt in hoofdstuk 3, tabel 3,2.

### 2.3. Scenario's

In principe bestaan er vele ongevals- en verspreidingsmogelijkheden, nl. de combinaties van twee brontermen met twee locaties en een groot aantal weersomstandigheden (14 weertypen met al of niet regen en 12 windrichtingen). Uit praktische overwegingen is het aantal te hanteren scenario's tot drie beperkt en wel zodanig dat extreme effecten voor resp. de algemene economie, de landbouw en het (drink)water in beeld wordt gebracht. Overigens is "extreem" hier niet op te vatten als maximaal, maar als relatief groot.

Daarnaast dienen de daarbij gekozen weertypen een redelijke mate van voorkomen te hebben. Op grond van deze overwegingen zijn de volgende drie scenario's gekozen:

Scenario: Moerdijk-Utrecht (hierna genoemd **M'dijk-Utr**)  
 Optiek: extreme gevolgen te verwachten vanuit landbouw-economisch oogpunt  
 Locatie: Moerdijk  
 Weertype: neutraal weer, wind uit ZW-richting, snelheid 8 m/s

Scenario: Moerdijk-Zuid-Holland (hierna genoemd **M'dijk-ZH**)  
 Optiek: extreme gevolgen te verwachten vanuit algemeen economisch oogpunt  
 Locatie: Moerdijk  
 Weertype: neutraal weer met regen, wind uit ZZO-richting, snelheid 4 m/s

Scenario: Westelijke Noordoostpolderdijk (hierna genoemd **WNOP**)  
 Optiek: extreme besmetting van het IJsselmeer bij Westelijke NOP-dijk  
 Locatie: Westelijke Noordoostpolderdijk  
 Weertype: zeer stabiel weer, wind uit ZO-richting, snelheid 1,45 m/s

De kansen op voorkomen van deze zeer specifieke scenario's met de precies omschreven windrichting, zijn niet te geven. Wel is van de samenstellende elementen enige indruk van de kans op voorkomen te geven.

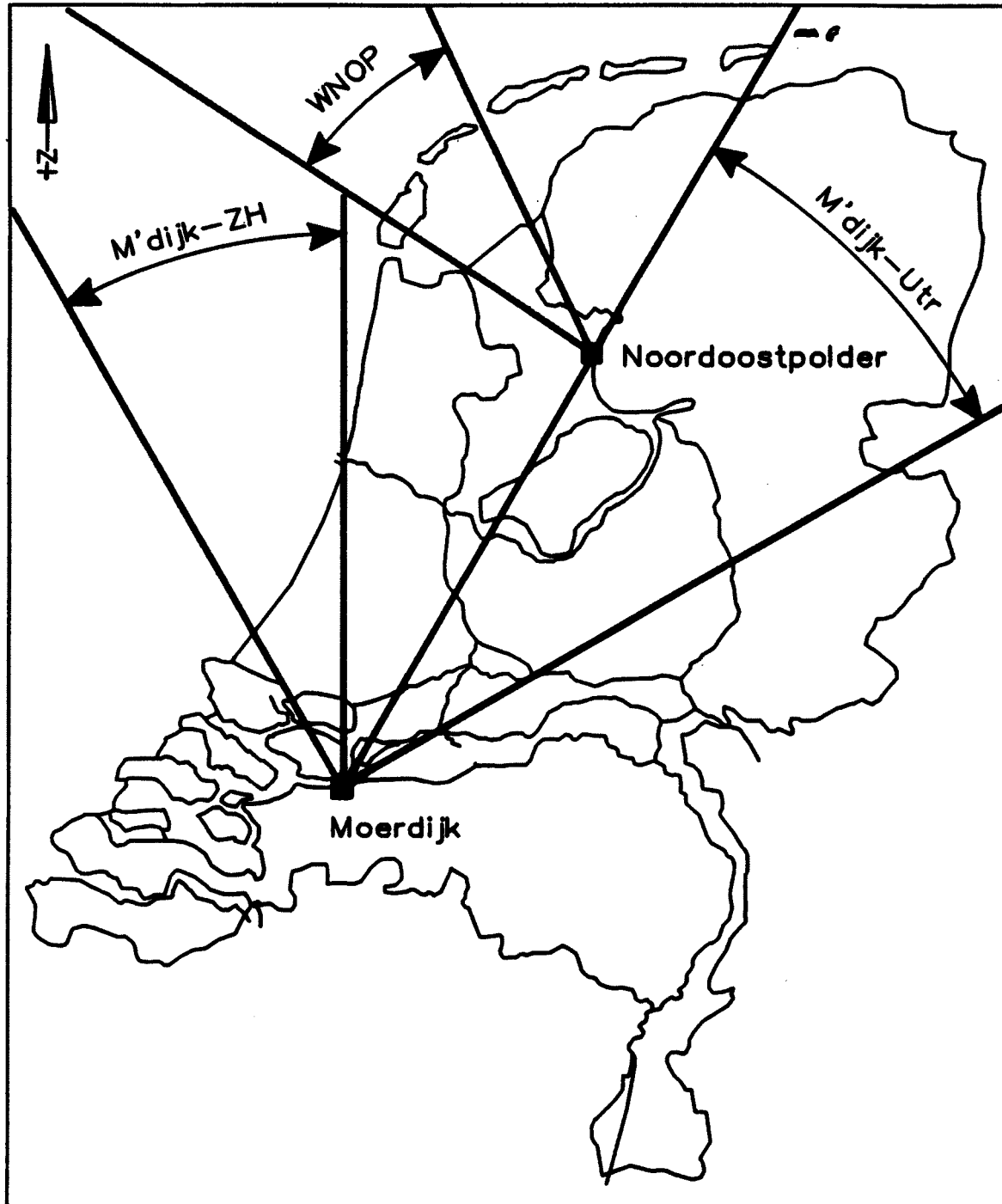
Neutraal weer met windsnelheidsklasse 8 m/s komt gemiddeld over het jaar in 39% van de tijd voor in het noordwestelijke deel van Nederland. Neutraal weer met windsnelheidsklasse 4 m/s komt daar in 25% van de tijd voor. Op de locatie Moerdijk komt het bij scenario M'dijk-Utr behorende weertype in de lente (groei seizoen) 28% van de tijd voor, waarbij gedurende 23% van de tijd de wind uit het zuid-westen waait. Verspreiding in noord-oostelijke richting levert een besmet gebied, dat een groot deel van het landbouwgebied van Nederland beslaat.

Scenario M'dijk-ZH vertegenwoordigt een grote besmetting van stedelijk en geïndustrialiseerd gebied. Het hierbij optredende weertype komt daar, al dan niet vergezeld van regen, zowel in de lente als de herfst in 24% van de tijd voor. In de lente waait de wind gedurende 6% (herfst: 9%) van de tijd uit ZZO-richting. Het scenario met regen (gemiddeld 6% van de tijd) levert een grotere neerslag van radioactieve stoffen op op relatief kortere afstanden. De gekozen windrichting betekent verspreiding over o.a. Rotterdam.

Scenario WNOP vertegenwoordigt een grote besmetting van het IJsselmeer bij de Westelijke Noordoostpolderdijk. Het bijbehorende weertype levert bij lozing een relatief smalle radioactieve pluim. Het naar verwachting besmette gebied is hierbij beperkt tot met name het IJsselmeer en een deel van de Waddenzee. Met uitzondering van de gevolgen voor de watervoorziening en de visserij zijn van dit scenario, gezien de geringe besmetting van landoppervlak, de geringste sociaal-economische en landbouw-economische gevolgen te verwachten. Het gehanteerde weertype komt in het noordwestelijke deel van Nederland ongeveer 5% van de tijd (alleen 's nachts!) voor, waarbij in de lente gedurende 9% (herfst: 13%) de wind uit het zuidoosten waait.

Op het kaartje van figuur 2.1 zijn de drie scenario's ingetekend, waarbij de sectoren zijn aangegeven waar de verspreiding van radioactief materiaal zal plaatsvinden. Deze sectoren komen overeen met de windrichtingindeling zoals die hiervoor is beschreven. Bij het gehanteerde verspreidingsmodel hebben de besmette gebieden zelf een "sigaarvorm".

Figuur 2.1. De gehanteerde scenario's



De scenario's gecombineerd met de reeds aangegeven brontermen geven de volgende cases.

Tabel 2.3. Overzicht van de beschouwde cases

scenario	bronterm 1%	bronterm 0,1%
Moerdijk-Utrecht	M'dijk-Utr. 1%	M'dijk-Utr. 0,1%
Moerdijk-Zuid-Holland	M'dijk-ZH. 1%	M'dijk-ZH 0,1%
Westnoordoostpolderdijk	WNOP 1%	WNOP. 0,1%

Met behulp van deze cases kunnen in principe de gevolgen van twee typen lozingen na een ernstig reactorongeval op de reeds aangegeven economische activiteiten worden nagegaan. Alvorens tot de berekening van de gevolgen over te kunnen gaan, is het noodzakelijk aandacht te schenken aan de voor deze studie te gebruiken interventiewerkwaarden, waarmee de (on)bruikbaarheid van besmette gebieden voor economische activiteiten kan worden bepaald en aan mogelijke maatregelen om de gevolgen van de lozing van de radioactieve stoffen te verminderen.

#### 2.4. Beschrijving en verantwoording van interventiewerkwaarden

Voor het adequaat vaststellen van het verlies aan economische functies in een met radioactieve stoffen besmet gebied zijn normen of interventieniveau's nodig, die aangeven bij welke mate van besmetting functieverlies gedurende een bepaalde tijd op zal treden. Deze normen hebben betrekking op de toelaatbaarheid van:

- de aanwezigheid van mensen in een besmet gebied gedurende een bepaalde tijd
- het eten van besmet voedsel
- het drinken van besmet water en/of andere dranken zoals melk.

Sinds het ongeval met de kerncentrale bij Tsjernobyl hebben, als gevolg van de besmetting in West-Europa, de discussies rondom de normstellingen weer een extra impuls gekregen. Dit heeft er toe geleid dat extra aandacht is geschonken aan de gevolgen van langdurige bestraling en daarmee aan normen en interventieniveau's die gericht zijn op het beperken van de gevolgen van de inname van besmet voedsel en dranken. Op de korte termijn wordt de blootstelling aan straling vooral veroorzaakt door:

- uitwendige bestraling vanuit de radioactieve pluim tijdens het overtrekken daarvan, de zg. "cloud-shine"
- inwendige bestraling door deeltjes die worden ingeademd
- uitwendige bestraling door op de grond terecht gekomen radioactief materiaal uit de pluim, de zg. "ground-shine".

Bij een ernstig ongeval met een kerncentrale komt een groot aantal radioactieve stoffen vrij die bijdragen tot het opnemen van een bepaalde dosis stralingsenergie in het lichaam. Deze dosis kan op verschillende wijzen tot stand komen, nl. door inademen (inhalatie), inslikken (ingestie), en opname door de (beschadigde) huid.

Inhalatie van radionucliden zal vrijwel geheel plaats vinden tijdens het overtrekken van de radioactieve pluim, terwijl ingestie en opname via de huid ook daarna nog plaats kan vinden. Ingestie van radioactief besmet voedsel kan ook in niet-besmette gebieden gebeuren. Radioactieve stoffen worden in het lichaam getransporteerd en worden later weer uitgescheiden dan wel opgeslagen in bepaalde organen. Zo wordt bijvoorbeeld Jodium geconcentreerd in de schildklier. Tengevolge van verschillen in blootstellingswegen (inademen of opeten) of verschillen in verwerking door het lichaam van de diverse stoffen, zal de bestraling van het lichaam veelal niet homogeen zijn. Om de gevolgen van de bestraling onderling vergelijkbaar te maken, wordt daarom meestal gekeken naar het effectief dosisequivalent, ook wel effectieve dosis genoemd, zijnde de gewogen som van orgaandosis-equivalenten. Deze effectieve dosis komt overeen met de dosis van een homogene bestraling van het gehele lichaam en wordt daarom ook wel aangeduid met de term (gehele) lichaamsdosis.

Voor gebruik tijdens noodsituaties zijn voor de lichaamsdosis maximaal toelaatbare dosisniveau's opgesteld, terwijl voor gebruik tijdens "normale" situaties met een acceptabel (lager) dosisniveau wordt gewerkt. Een grotere dosis dan de maximaal toelaatbare, kan negatieve effecten op de kortere en langere termijn voor mensen tot gevolg hebben, zoals stralingsziekten en afwijkingen bij het nageslacht. Dit dosisniveau is dan de norm of het interventieniveau en wordt uitgedrukt in de sievert, afgekort Sv, die weergeeft de in het lichaam geabsorbeerde dosis stralingsenergie (J/kg), vermenigvuldigd met een kwaliteitsfactor die afhangt van de soort straling. Door de ICRP (International Commission on Radiological Protection) zijn voor

stochastische (=kansbepaalde) en niet stochastische effecten trajecten van interventieniveau's voorgesteld. Zolang de ondergrens van de trajecten niet wordt overschreden is het nemen van dosisbeperkende maatregelen in het algemeen niet noodzakelijk. Bij het overschrijden van de bovengrens van het traject zullen deze maatregelen vrijwel altijd genomen worden, tenzij er door andere maatregelen een grotere beperking van de dosis kan worden verkregen. De ICRP (International Commission on Radiological Protection) heeft voor niet-ingrijpende maatregelen, zoals schuilen en voedselbeperking, een traject voorgesteld van 0,005 tot 0,05 Sv per jaar. Voor de schildklierdosis is een traject voorgesteld van 0,05 tot 0,5 Sv voor schuilen en voor het toedienen van jodiumtabletten<sup>3</sup>). In 1986 zijn door de Gezondheidsraad<sup>4</sup>) eveneens trajecten voor interventieniveau's aanbevolen voor maatregelen op de korte termijn. De beoordelingsperiode om tot passende maatregelen te komen, is gesteld op 14 dagen na de lozing van radioactieve stoffen.

Voor de gehele lichaamsdosis zijn voor een aantal maatregelen de volgende interventieniveau's voor het effectieve dosisequivalent aanbevolen:

#### Effectief dosisequivalent

interventieniveau (Sv)		tegenmaatregel
laag	hoog	
0,5	0,05	evacuatie
0,005	0,05	schuilen
0,005	0,05	beperking voedsel

Voor de ontvangen doses in de organen zijn de volgende niveau's voorgesteld (in het algemeen zal de schildklierdosis beperkend zijn);

#### Orgaandosisequivalent

laag	hoog	
0,25	1,5	evacuatie
0,05	0,25	schuilen
0,05	0,25	jodium-tabletten
0,05	0,25	beperking voedsel

Evacuatie zal, volgens deze interventietrajecten, plaats moeten vinden indien binnen korte tijd (14 dagen):

- meer dan 0,5 Sv totale lichaamsdosis zal worden ontvangen
- meer dan 1,5 Sv orgaandosis zal worden ontvangen

Afhankelijk van de pluimsamenstelling zal een van deze doses worden gehanteerd. Als er bijvoorbeeld relatief veel radioactief jodium aanwezig is dan zal de orgaandosis (schildklier) bepalend zijn voor de te nemen maatregelen.

Aangezien de ontwikkelingen in te hanteren interventieniveau's nog niet zijn afgerond, mede onder invloed van de zich langzamerhand duidelijk aftekenende gevolgen van "Tsjernobyl",

<sup>3</sup>) ICRP, Protection of the public in the event of major radiation accidents; principles for planning. Annals of the ICRP, publication 40, 1984.

<sup>4</sup>) Gezondheidsraad, Normen voor interventie bij reactorongevallen. Rapport 1986/10.



zullen in deze studie voorlopige werkwaarden voor de interventieniveau's worden gehanteerd. Deze interventiewerkwaarden zijn gebaseerd op de hiervoor gegeven hoge en lage interventietrajecten<sup>5)</sup>.

De Gezondheidsraad ging daarbij uit van een beoordelingsperiode van 14 dagen. Ook na deze periode kan nog blootstelling plaatsvinden als gevolg van bestraling vanaf de bodem en de ingestie van besmet voedsel en dranken. Daarom is in deze studie de bovengrens van het interventietraject voor de lichaamsdosis gesteld op 0,25 Sv te verwachten in het eerste jaar, zodat ook na terugkeer nog eenzelfde dosis kan worden ontvangen zonder boven in totaal 0,5 Sv uit te komen. De "resterende" 0,25 Sv, te ontvangen in de gehele periode (50 jaar) na terugkeer, wordt dan gezien als bovengrens voor terugkeer van de bevolking naar besmet gebied. De ondergrens voor evacuatie blijft gehandhaafd op 0,05 Sv en dient tevens als "gevoeligheid" bij het bepalen van het tijdstip van terugkeer van de bevolking naar besmet gebied.

Gebieden waar tijdens het overtrekken van de pluim een hogere effectieve dosis dan 0,5 Sv kan worden verwacht, dienen dus voor het overtrekken van de pluim te worden geëvacueerd. In de onderhavige studie is aansluitend daarop aangenomen dat personen die 0,5 Sv of meer lichaamsdosis hebben opgelopen, niet meer naar het besmette gebied mogen terugkeren.

Vervolgens komen de niveau's voor de inname van diverse soorten voedsel, zoals vlees, groenten, vis, drinkwater e.d. aan de orde. Daarbij wordt uitgegaan van volledige besmetting van al het voedsel in het besmette gebied en de inname ervan door een eenjarige. Deze groep ontvangt voor de meeste radionucliden een hogere stralingsdosis ten gevolge van een bepaalde inwendige besmetting dan volwassenen.

In de volgende tabellen worden de interventiewerkwaarden voor voedsel weergegeven, waarbij de dosis in millisivert (mSv) wordt aangeduid. In het vervolg zullen alle dosis-equivalente eenheden (kortweg dosis genoemd) in mSv worden aangegeven. Het gehalte aan radioactieve stoffen in voedingsmiddelen etc. wordt aangeduid met de eenheid Becquerel per kilogram of per liter afgekort tot Bq/kg en Bq/l.

**Tabel 2.4.** Interventiewerkwaarden voor het gehalte aan radioactieve stoffen in voedsel voor de 1% en 0,1% brontermen, gebaseerd op de 50 en 5 mSv/jaar werkwaarden.

radionuclide	50 mSv/jaar <sup>a</sup>		5 mSv/jaar <sup>b</sup>	
	melk <sup>c</sup>	"rest"	melk <sup>c</sup>	"rest"
Sr- 89	1750	5250	140	420
Sr- 90	75	225	6	18
I -131	2500	6500	500	1300
Cs-134	1500	4500	125	375
Cs-137	900	2700	75	225

a De afgeronde waarden geven gezamenlijk, rekening houdend met het fysisch verval van Sr-89, een effectief dosis-equivalent van ca. 31,5 mSv/jaar.

b De afgeronde afgeleide waarden geven gezamenlijk, rekening houdend met het fysisch verval van Sr-89, een effectief dosisequivalent van 3,5 mSv/jaar.

c Melk omvat alle verse melkproducten en derhalve het aantal becquerel per liter of kilo.

<sup>5)</sup> VROM; Overzicht van de gehanteerde interventiewerkwaarden. Project Herbezinning Kernenergie, rapport SPH-04-11.

**Tabel 2.5.** Van voedselwaarden afgeleide interventiewerkwaarden voor gehalte radionucliden in vis voor de 1% en 0,1% bronterm, gebaseerd op de 5 en 50 mSv/jaar werkwaarden.

radionucliden	50 mSv/jaar	5 mSv/jaar
Sr- 89	5250	420
Sr- 90	225	18
I -131	6500	1300
Cs-134	4500	375
Cs-137	2700	225

**Tabel 2.6.** Interventiewaarden voor radionucliden in drinkwater voor de 1% en 0,1% brontermen, gebaseerd op de 50 en 5 mSv/jaar niveau's\*.

radionuclide	50 mSv/jaar	5 mSv/jaar
Sr- 89	350	35
Sr- 90	20	2
I -131	800	80
Cs-134	100	10
Cs-137	50	5

\* Deze niveau's gelden voor drinkwater en voedsel tezamen. 10% van deze doses is aan drinkwater toebedeeld.

Naast deze waarden zijn ten behoeve van de onderhavige studie nog andere interventiewerkwaarden gebruikt, die deels van de hiervoor gegeven waarden zijn afgeleid en deels op grond van andere inzichten tot stand zijn gekomen. Het gaat daarbij m.n. om de niveau's in oppervlaktewater die in de onderstaande tabel zijn weergegeven. Door het Waterloopkundig Laboratorium<sup>6)</sup> zijn, op basis van atmosferische depositie (dit is de hoeveelheid radioactiviteit die uit de atmosfeer op het aardoppervlak terecht komt) die nog net niet tot overschrijding van de interventieniveau's voor gewassen en met name peulvruchten (zie hoofdstuk 3) leidt, interventiewerkwaarden afgeleid voor de belangrijkste economische functie van het oppervlaktewater, namelijk het gebruik voor beregening van landbouwgebieden. Deze zijn in de onderstaande tabel weergegeven.

**Tabel 2.7.** Afgeleide interventiewerkwaarden voor oppervlaktewater op basis van de maximale dosis voor beregening van landbouwgebieden voor de 50 en 5 mSv/jaar niveau's.

radionuclide	50 mSv/jaar	5 mSv/jaar
Sr- 89	3200	250
Sr- 90	140	11
I -131	335	67
Cs-134	30000	2500
Cs-137	18000	1500

<sup>6)</sup> Zie het WL-deelrapport SPH-06-15.

De hiervoor aangegeven, voor deze studie afgeleide interventiewerkwaarden zullen voor de berekening van de economische gevolgen van een ongeval met een nieuw te bouwen kerncentrale worden gehanteerd. In de diverse deelrapporten worden de afkortingen gebruikt:

- WE – interventiewerkwaarde evacuatie
- WV – interventiewerkwaarde voedsel
- WM – interventiewerkwaarde melk
- WD – interventiewerkwaarde drinkwater
- WO – interventiewerkwaarde oppervlaktewater

waarbij WE50 betekent: interventiewerkwaarde evacuatie gebaseerd op 50 mSv.

## 2.5. Maatregelen

Aangezien het bij de berekening van de economische schade ook van belang is om na te gaan of het nemen van maatregelen in dit verband effectief is, zullen in het onderzoek ook effecten en de kosten van dosisbeperkende maatregelen aan de orde komen. Het al of niet nemen van dergelijke maatregelen wordt in belangrijke mate bepaald door de dosisniveau's die door de verantwoordelijke instanties worden gehanteerd bij zo'n beslissing. Daarnaast spelen een rol: de daadwerkelijke situatie tijdens het ongeval, de aanwezigheid van voldoende mensen en middelen om de maatregelen te kunnen effectueren, de risico's die maatregelen met zich brengen (bijvoorbeeld verkeersslachtoffers vanwege de panieksituatie bij plotselinge evacuatie), en ook de kosten.

De dosisbeperkende maatregelen zijn te onderscheiden in maatregelen vooraf en maatregelen achteraf; zij zijn vooral bedoeld voor het beperken van de individuele doses. De maatregelen vóór de lozing zijn, gezien de op dat moment aanwezige onzekerheid met betrekking tot het ongevalsverloop, gebaseerd op dosisberekeningen voor de 1%-bronterm. De dosisberekeningen, die als criterium dienen voor het effectueren van de maatregelen ná de lozing, worden uitgevoerd voor de vastgestelde brontermen en scenario's waarbij het dosis-effect van de maatregelen vooraf niet is verwerkt, omdat deze individueel minder effectief kunnen zijn geweest.

De volgende maatregelen zijn voorzien op grond van de voor deze studie vastgestelde interventiewerkwaarden en de bovenbeschreven dosisberekeningen.

Maatregelen vóór de lozing:

- evacuatie van de bevolking binnen een straal van 2 km van de centrale
- evacuatie van de bevolking binnen een sector van 90 graden rond de gemiddelde windrichting tot een afstand van 5 km van de centrale
- jodiumprofylaxe (tabletten) voor de bevolking in het mogelijk te besmetten gebied tot een afstand van 20 km van de centrale
- oproep tot schuilen voor de bevolking in het mogelijk te besmetten gebied tot een afstand van 40 km van de centrale.

Het evacuatiegebied van 2 km rond de centrale is gekozen omdat uit dosisberekeningen voor de 1%-bronterm is gebleken dat het gebied, waarin het niveau van 1000 mSv eerste-dags rode-beenmerg dosis (d.i. ontvangen in de 24 uur na het begin van de lozing) wordt overschreden, zich nooit buiten dit gebied uitstrekt. Tevens wordt buiten dit gebied bij de gecombineerde maatregelen schuilen en jodiumprofylaxe nooit het niveau van 1500 mSv eerste-dags schildklierdosis overschreden.

Het evacuatiegebied van de 90 graden-sector tot 5 km van de centrale is gekozen, omdat in 94% van de tijd buiten dit gebied met de gecombineerde maatregelen schuilen en jodiumprofylaxe in de 24 uur na de lozing het niveau van 500 mSv eerste-dags effectieve dosis niet wordt

overschreden. Tevens wordt dan buiten dit gebied in 94% van de tijd binnen 24 uur het niveau van 250 mSv schildklierdosis niet bereikt.

Jodiumprofylaxe wordt geacht te zijn toegepast in het mogelijk te besmetten gebied tot 20 km van de centrale, omdat 94% van de tijd buiten dit gebied met de maatregel schuilen het niveau van 250 mSv eerste-dags schildklierdosis niet wordt overschreden. Tevens reduceert deze maatregel de schildklierdosis in het betrokken gebied tot ongeveer een achtste. De reductie tengevolge van deze maatregel van de eerste-dags effectieve dosis is veel minder spectaculair: namelijk 10%.

De maatregel schuilen tot 40 km van de centrale is gekozen, omdat buiten dit gebied zonder maatregelen het niveau van 250 mSv eerste-dags schildklierdosis nooit wordt overschreden. Tevens reduceert deze maatregel de eerste-dags effectieve dosis in het betrokken gebied tot ongeveer een derde. Ten behoeve van specifieke werkzaamheden (bijvoorbeeld voor het stoppen van processen in de chemische industrie) kan voor radiologisch gecontroleerde groepen een uitzondering worden gemaakt. Het gekozen interventieniveau van 250 mSv voor de eerste-dags schildklierdosis is voor risicogroepen aan de hoge kant. Daarom zullen voor risicogroepen (kinderen, zwangere vrouwen en zieken) de maatregelen jodiumprofylaxe en schuilen over een groter gebied worden getroffen. Dit wordt in deze studie niet nader beschouwd. Ook bij het treffen van de maatregelen schuilen en jodiumprofylaxe zijn onzekerheden te verwachten: niet alle schuilgelegenheden bieden een even effectieve bescherming en niet iedereen zal tijdig een goede schuilgelegenheid kunnen bereiken of voorzien zijn van (voldoende) jodiumtabletten.

Maatregelen na afloop van de lozing:

- binnen 24 vanaf het begin van de lozing (maar zo mogelijk ervoor) wordt de bevolking geëvacueerd uit het gebied waar de individuele eerste-dags effectieve dosis zonder maatregelen vooraf het niveau van 250 mSv (hoge interventiewerkwaarde) resp. 50 mSv (lage interventiewerkwaarde) zou overschrijden. Wat betreft de niveau's voor evacuatie is de invloed van dosisbeperkende maatregelen verwaarloosd, omdat die individueel minder effectief kunnen zijn.
- in de periode van 1 dag tot 14 dagen vanaf het begin van de lozing wordt de bevolking geëvacueerd uit het gebied waar zonder maatregelen vooraf de effectieve dosis in het eerste jaar het niveau van 250 mSv resp. 50 mSv zou overschrijden.
- de bevolking keert terug naar besmet gebied wanneer plaatselijk de te verwachten effectieve dosis in de 50 jaar na het moment van terugkeer (d.i. 50 jaar grond dosis) gelijk aan 250 mSv resp. 50 mSv is geworden.
- verbod van gebruik van voedsel, melk en drinkwater met een te hoog gehalte aan radioactieve stoffen.

Om deze maatregelen te kunnen uitvoeren moeten respectievelijk de eerste-dags dosis, de eerste-jaars dosis en de 50-jaar dosis worden berekend. Deze worden in paragraaf 2.6 gegeven.

Ten behoeve van werkzaamheden in besmette gebieden kunnen de genoemde niveaus voor de werkenden met een factor 5 worden vergroot, omdat men dan slechts 20% van de tijd in besmet gebied aanwezig is. Deze tijd is gebaseerd op de totale werktijd in een jaar, bij een 40-urige werkweek.

Maatregelen die ook voor de bevolking buiten het besmette gebied gelden omvatten in de tijd na het ongeval:

- vernietiging van voedsel met te hoge gehalten aan radioactieve stoffen
- geen gebruik van drinkwater en melk als deze een te hoog gehalte aan radioactieve stof bevat.

Het totaal aan dosisbeperkende maatregelen is zodanig opgesteld dat, als ze effectief worden uitgevoerd, het totale individuele effectief dosisequivalent (d.i. de som van de inhalatiedosis, pluimdosis en grond dosis tot het tijdstip van evacuatie plus de 50 jaar grond dosis na het moment van terugkeer) nooit het niveau van 500 mSv te boven zal gaan.

Naast het vernietigen van besmet voedsel kunnen de volgende maatregelen worden overwogen:

- ontsmetting van woongebieden en industrieterreinen  
Teneinde besmette gebieden weer zo snel mogelijk voor werken en bewoning geschikt te maken, kan op diverse manieren tot ontsmetting worden overgegaan. In de eerste plaats kan hier gebruik worden gemaakt van afsputten met schoon (niet besmet) water. Voor de behandeling van speciale oppervlakken kan gebruik worden gemaakt van toeslagstoffen zoals zeep, chemicaliën en zand. Daarnaast kan hogedruk-sputten worden toegepast. Voor het ontsmetten van de installaties in de centrale kan gebruik worden gemaakt van zand- en gritstralen. Dit kan alleen in gesloten ruimten, aangezien verdere verspreiding van radioactief stof moet worden voorkomen. Ernstig besmette gebouwen etc. zullen moeten worden vervangen. Het puin zal moeten worden behandeld als radioactief afval.
- ontsmetting van oppervlaktewater  
Daar waar stroming aanwezig is, zal zoveel mogelijk het besmette water moeten worden afgevoerd en worden (drink)waterbekkens zo snel mogelijk ververs. Verder kan water bestemd voor de drinkwaterbereiding worden gedecontamineerd door ionenwisselaars en/of toevoeging van chemicaliën. Hierop wordt in hoofdstuk 4 teruggekomen. Voor zeer grote waterbekkens zoals het IJsselmeer is dit niet uitvoerbaar, alleen doorspoelen kan tot op zekere hoogte soelaas bieden. Tenslotte kan gedacht worden aan het aanvoeren van onbesmet water van elders, speciaal voor de drinkwatervoorziening.

## 2.6. Berekening van de gevolgen

### 2.6.1. Inleiding

Teneinde een zo goed mogelijk inzicht te verkrijgen in de gevolgen van een ongeval met een kerncentrale, zijn berekeningen uitgevoerd om te kunnen vaststellen welke dosis mensen zouden ontvangen, die worden blootgesteld aan ioniserende straling. Deze dosis is een functie van de afstand tot de centrale. Achtereenvolgens komen aan de orde:

- het effectief dosisequivalent dat kan worden ontvangen (d.i. zonder maatregelen) in verschillende tijdvakken gerekend vanaf het begin van de lozing: eerste-dags dosis (24 uur), eerste-jaars dosis, en 50-jaars dosis vanaf ieder tijdstip
- bodembesmetting verrekend naar het tijdstip 24 uur na het begin van de lozing
- de collectieve dosis die door de bevolking in bovengenoemde tijdvakken zou worden ontvangen wanneer de in paragraaf 2.5 genoemde maatregelen zouden worden toegepast.

### 2.6.2. De eerste-dags dosis

Onder de eerste-dags effectieve dosis wordt verstaan het totale effectieve dosisequivalent dat zonder maatregelen kan worden ontvangen in de eerste 24 uur na het begin van de lozing. De volgende blootstellingswegen kunnen worden onderscheiden:

- bestraling vanuit de pluim met radioactieve stoffen
- inwendige bestraling na inademing van radioactieve stoffen (deze bestraling zal ook na de eerste dag doorgaan; de in de 50 jaren nadien daarvan te ontvangen doses worden toegerekend aan het moment van inademing)
- bestraling vanaf de met radioactieve stoffen besmette bodem.

De totale dosis tengevolge van een verblijf in het getroffen gebied gedurende 24 uur na het begin van de lozing is berekend voor een gemiddeld volwassen persoon (referentiepersoon). Deze persoon ontvangt de volledige inhalatiedosis en, tengevolge van de gemiddelde afscherming, de helft van de uitwendige stralingsdosis (pluim en bodem).

Ter bepaling van het gebied waar (zonder maatregelen) de eerste-dags (effectieve) dosis de interventiewerkwaarden van 250 mSv resp. 50 mSv zou kunnen overschrijden, zijn voor de twee relevante vestigingslocaties (d.w.z. Moerdijk, want voor de locatie Westnoordoostpolderdijk bevindt zich geen bevolking op een zodanige afstand van het lozingspunt dat van overschrijding van deze niveaus sprake kan zijn) contourtekeningen gemaakt. Als illustratie is in

figuur 2.2 het dosispatroon van de 1%-bronterm voor M'dijk-ZH afgebeeld. Ter verduidelijking zijn ook de gebieden ingetekend (stippellijnen) waar maatregelen voor het begin van de lozing zouden worden genomen en de begrenzing van het gebied dat mogelijk besmet zou raken met radioactief materiaal.

Voor de overige contourtekeningen wordt verwezen naar het desbetreffende ECN-rapport<sup>7)</sup>.

### 2.6.3. De eerste-jaars dosis

De effectieve dosis in het eerste jaar is gelijk aan de in de vorige paragraaf beschreven eerste-dags (effectieve) dosis, aangevuld met de grond dosis die (zonder maatregelen) in de periode van 1 dag tot 1 jaar na het begin van de lozing zou kunnen worden ontvangen.

Bij scenario M'dijk-Utr is er een eenvoudig verband tussen de eerste-dags (effectieve) dosis en de effectieve dosis in het eerste jaar: de eerste-jaars dosis is ongeveer tweemaal zo groot. Zo'n verband bestaat niet bij scenario M'dijk-ZH: regen veroorzaakt een snellere verwijdering van radioactieve stof uit de wolk, waardoor de relatieve bijdrage aan de totale dosis van de blootstellingsweg inhalatie als functie van de afstand afneemt. Wanneer het niet regent blijft deze verhouding constant. Ter bepaling van het gebied waar (zonder maatregelen) de eerste-jaars (effectieve) dosis de niveau's van 250 of 50 mSv zou kunnen overschrijden, zijn voor de twee relevante scenario's weer contourtekeningen gemaakt (zie hoofdstuk 7).

### 2.6.4. De 50-jaars dosis na terugkeer

De belangrijkste blootstellingswegen op langere termijn na het ongeval zijn:

- inwendige bestraling door geconsumeerd besmet voedsel en water. Deze zogenaamde ingestiedosis wordt in belangrijke mate bepaald door de op dat moment gehanteerde maximale gehalte aan radioactieve stoffen in voedsel en drinkwater. Dit komt in volgende hoofdstukken nog aan de orde.
- uitwendige bestraling vanaf de met radioactieve stoffen besmette bodem. Deze dosis is afhankelijk van de oorspronkelijke besmetting na het ongeval, de tijd die sinds het ongeval verlopen is (in verband met verval van radioactieve stoffen), de invloed van opname in de bodem of afvoer door regenwater en de eventueel ondernomen ontsmettingsmaatregelen.

De verschillende ontsmettingsmaatregelen hebben een eigen effectiviteit: zij reduceren de besmetting door radioactieve stoffen met een bepaalde factor; afhankelijk van de 'ondergrond' en de maatregel zijn reductiefactoren van 3 — 100 mogelijk. Reductie van de besmetting betekent eveneens een reductie van de grond dosis met een zelfde factor.

Conform de interventiewerkwaarden ten aanzien van blootstelling aan straling van de bevolking op langere termijn na een kernongeval, is voor beide brontermen en de twee relevante scenario's voor het tijdstip van 1 jaar na het ongeval de naar verwachting te ontvangen effectieve (grond-)dosis berekend in de 50 daarop volgende jaren.

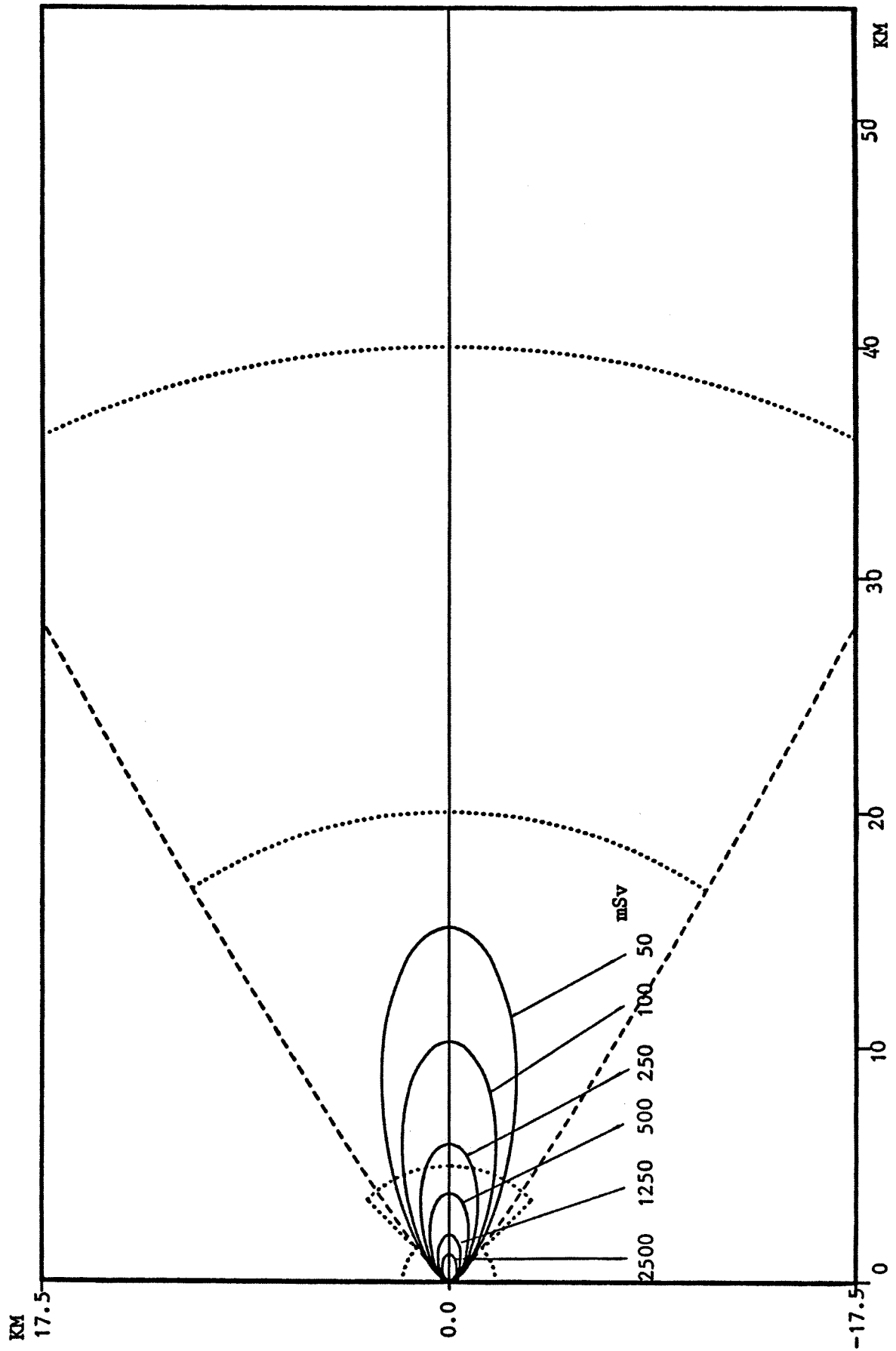
Omdat de onderlinge verhouding in de bodemconcentraties van de voor de grond dosis belangrijke radioactieve stoffen bij het gebruikte verspreidingsmodel plaatsafhankelijk is, is het mogelijk een grafiek te maken, waaruit men het tijdstip kan bepalen waarop terugkeer van de bevolking mogelijk is, bij gegeven 50-jaars dosis. Dit wordt dan nog bepaald door de gebruikte interventiewerkwaarde ten aanzien van (gedeeltelijke) terugkeer naar besmet gebied en de veronderstelde ontsmettingsmaatregel.

### 2.6.5. Besmetting met radioactief materiaal

In de tijd na de lozing speelt de blootstelling via besmet voedsel en drinken een belangrijke rol; deze blootstellingsweg is niet noodzakelijkerwijs beperkt tot het in eerste instantie besmette

<sup>7)</sup> ECN, Ernstige reactorongevallen opnieuw bezien; gevolgen voor de omgeving. Project Herbezinning Kernenergie, rapport SPH-08-18.

Figuur 2.2. Verspreiding van radioactieve stoffen: eerste-dags effectieve dosis, 1%-bronterm, scenario M'dijk-ZH (zonder maatregelen)



gebied! De stralingshygienische normen ten aanzien van voedingsmiddelen hebben in het algemeen de vorm van limieten per radioactieve stof die een produkt mag bevatten. Voor het berekenen van de gehalten aan radioactieve stoffen in voedselprodukten of drinkwater als functie van tijd en plaats is nodig om op zeker moment de bodembesmetting per radioactieve stof te kennen.

Voor de bepaling van de gevolgen voor de landbouw en de (drink)watervoorziening, is voor beide brontermen en de drie scenario's de relatieve concentratie berekend. De resultaten hiervan zijn gepresenteerd in contour-tekeningen.

#### 2.6.6. Effecten van dosisbeperkende maatregelen

Wanneer alle voorafgaande maatregelen volledig worden uitgevoerd, dan zullen er geen acute dodelijke slachtoffers vallen. Wanneer deze maatregelen achterwege worden gelaten, dan zullen de mensen die een grotere eerste-dags (effectieve) dosis dan 500 mSv hebben ontvangen medisch kunnen worden onderzocht en eventueel begeleid. Bij de beschouwde brontermen en scenario's zou dit zich alleen voor de 1%-bronterm bij scenario M'dijk-ZH kunnen voordoen; voor dat geval is berekend dat ongeveer 60 mensen op de eerste dag meer dan 500 mSv effectieve dosis kunnen oplopen.

Buiten het evacuatiegebied worden tot op bepaalde afstanden (zie paragraaf 2.5) de maatregelen jodiumprofylaxe en schuilen geacht te worden toegepast, wat leidt tot lagere individuele doses in het door de wolk besmette gebied. Het aantal mensen dat bij de verschillende dosisbeperkende maatregelen betrokken is, staat vermeld in tabel 2.8<sup>8</sup>.

**Tabel 2.8.** Aantallen mensen die betrokken zijn bij dosisbeperkende maatregelen (die vóór de lozing zouden worden getroffen) voor beide brontermen en relevante scenario's.

bronterm	scenario	evacuatie	jodiumprof.	schuilen	onder de pluim*
0,1%	M'dijk-Utr	1.500	130.000	310.000	4.300.000
	M'dijk-ZH	1.100	170.000	1300.000	3.400.000
1%	M'dijk-Utr	1.500	160.000	380.000	4.400.000
	M'dijk-ZH	1.100	190.000	1400.000	3.600.000

\* Dit zijn de aantallen die in het voor de berekening bekeken gebied wonen, zij zullen niet allen worden getroffen.

Het effect van de maatregelen na de lozing, immers bedoeld om de individuele risico's te beperken, kan beoordeeld worden aan de hand van de maximaal te ontvangen effectieve dosis binnen een aantal tijdvakken vanaf het begin van de lozing. Het produkt van individuele dosis met het aantal mensen dat deze dosis ontvangt, wordt aangegeven met de term collectieve dosis. Het aantal late effecten (extra ziektegevallen, sterfte, e.d.) is een functie van de collectieve dosis, zodat aan de hand hiervan het effect van maatregelen kan worden beoordeeld.

Voor de locatie Moerdijk is voor beide brontermen voor een aantal tijdvakken de maximale effectieve dosis weergegeven in tabel 2.9. De collectieve effectieve dosis die door de bevolking in het besmette gebied kan worden ontvangen staat vermeld in tabel 2.10. Bij de berekening van de collectieve doses is de volgende interpretatie van de maatregelen na de lozing zoals genoemd in paragraaf 2.5 toegepast:

- Iedereen die niet vooraf wordt geëvacueerd, ontvangt minimaal de eerste-dags dosis (eventueel gecorrigeerd voor beide andere maatregelen). Dit is weliswaar enigszins een overschatting, maar het zal duidelijk zijn dat het overgrote deel hiervan wordt ontvangen in de tijd dat de radioactieve wolk overtrekt, gedurende welke tijd evacuatie vrijwel uitgesloten kan worden geacht.

<sup>8</sup>) Ontleend aan ECN-rapport zoals vermeld in noot 7.



- Iedereen die een eerste-dags effectieve dosis groter dan de interventiewerkwaarde heeft ontvangen, wordt geacht te zijn geëvacueerd op het tijdstip 24 uur na het begin van de lozing.
- Iedereen die in het eerste jaar een effectieve dosis groter dan de interventiewerkwaarde zou kunnen ontvangen, wordt geëvacueerd op het moment dat dit gebeurt, maar uiterlijk na 14 dagen vanaf het begin van de lozing.
- De bevolking keert terug naar besmet gebied op het moment dat de 50-jaars effectieve (grond-)dosis na dat tijdstip gelijk is aan de werkwaarde maar — ter verdiscontering van organisatorische beperkingen en het uitvoeren van ontsmettingswerkzaamheden — niet eerder dan 14 dagen na het begin van de lozing.
- Ontsmetting vindt alleen plaats als de 50-jaars dosis op het moment van ontsmetting groter is dan de gebruikte interventiewerkwaarde voor terugkeer van de bevolking in besmet gebied en wordt zodanig uitgevoerd, dat na afloop de 50-jaars dosis daaraan gelijk is.

**Tabel 2.9.** Berekende maximale effectieve individuele doses (mSv) tengevolge van blootstelling van de bevolking in Nederland onder aanname van de dosisbeperkende maatregelen, voor beide brontermen en beide relevante scenario's, voor verschillende tijdvakken gerekend vanaf het begin van de lozing.

Bronterm	Scenario	Tijdvak	maximale individuele effectieve dosis bij	
			250 mSv	50 mSv
0,1%	M'dijk -Utr	24 uur	4,0	4,0
		14 dagen	8,6	8,6
		ca. 50 jaar	83	50
	M'dijk -ZH	24 uur	13	13
		14 dagen	50	32
		ca. 50 jaar	260	82
1%	M'dijk -Utr	24 uur	27	27
		14 dagen	63	27
		ca. 50 jaar	270	77
	M'dijk -ZH	24 uur	97	97
		14 dagen	180	97
		ca. 50 jaar	430	150

**Tabel 2.10.** Berekende maximale collectieve effectieve doses (mensSv) tengevolge van blootstelling van de bevolking in Nederland onder aanname van de dosisbeperkende maatregelen, voor beide brontermen en beide relevante scenario's, voor verschillende tijdvakken gerekend vanaf het begin van de lozing.

Bronterm	Scenario	Tijdvak	maximale collectieve effectieve dosis bij	
			250 mSv	50 mSv
0,1%	M'dijk -Utr	24 uur	1.500	1.500
		14 dagen	2.000	2.000
		ca. 50 jaar	5.500	5.500
	M'dijk -ZH	24 uur	1.600	1.600
		14 dagen	5.600	5.600
		ca. 50 jaar	29.000	28.000
1%	M'dijk -Utr	24 uur	11.000	11.000
		14 dagen	17.000	17.000
		ca. 50 jaar	51.000	50.000
	M'dijk -ZH	24 uur	11.000	11.000
		14 dagen	50.000	44.000
		ca. 50 jaar	270.000	150.000

Uit voorgaande tabellen kan geconcludeerd worden dat de maatregelen genomen na de lozing het effect (kunnen) sorteren waarvoor ze bedoeld zijn, namelijk het beperken van het individuele risico (zie tabel 2.9). Tevens zal het duidelijk zijn dat de hoogte van de interventiewerkwaarde op het effect van de maatregelen na de lozing en het effect van de maatregelen op het groepsrisico slechts zeer gering is (zie tabel 2.10), met uitzondering van het scenario M'dijk-ZH 1%, waar het gebruik van de interventiewerkwaarde 50 mSv in plaats van 250 mSv leidt tot een halvering van de 50-jaars collectieve effectieve dosis. Dit gaat echter gepaard met zeer grote aantallen evacués, die bovendien pas na geruime tijd zouden terugkeren.

#### 2.6.7. Acute en late effecten voor de gezondheid

Het aantal te verwachten late effecten is voor deze studie van belang, omdat daarmee inzicht kan worden verkregen in de extra-kosten die een ongeval met een kerncentrale voor de gezondheidszorg met zich meebrengt. De individuele doses die zijn berekend in het kader van deze studie zijn effectieve doses die betrekking hebben op een referentiepersoon. Deze persoon, wordt verondersteld een risico te lopen dat gemiddeld is voor mannen, vrouwen en kinderen (ca. 70% van de bevolking in Nederland). Voor specifieke groepen van de bevolking liggen de dosis-bijdragen per radioactieve stof verschillend en zullen in principe ook aparte berekeningen vergen.

Te verwachten is dat mensen die in een gebied wonen waar de eerste-dags effectieve dosis zonder maatregelen groter dan 500 mSv is, medisch zullen worden gecontroleerd en eventueel begeleid. Zoals eerder al is aangegeven zullen, bij volledige effectivering van de beschreven dosisbeperkende maatregelen, geen acute dodelijke slachtoffers te verwachten zijn. Wel is het aantal later te verwachten slachtoffers van belang.

Uit de berekende collectieve doses kan door vermenigvuldiging met zogenoemde risicogedaten het aantal late effecten in de vorm van ziekten worden berekend. Voor lage individuele doses houdt dit lineaire verband tussen dosis en effect waarschijnlijk een overschatting van de effecten in. Ook bestaat er grote onzekerheid over de werkelijke grootte van de risicogedaten; de voor deze studie gebruikte risicogedaten staan vermeld in tabel 2.12.

**Tabel 2.12.** Risicogetallen voor referentiepersonen

Omschrijving	Risico-getal per mensSv
Extra kankergevallen binnen 50 jaar	0,05
Extra sterfte binnen 50 jaar	0,02
Genetische schade in twee generaties	0,004
Genetische schade in alle generaties	0,008

Deze risicogetallen zijn ondermeer gebaseerd op overwegingen en getallen gepresenteerd door de ICRP<sup>9)</sup> en de Gezondheidsraad<sup>10)</sup>. Voor een foetus en een kind is het risico-getal voor fatale tumoren 0,02 á 0,03 (ICRP-40, 1984). De via deze risicogetallen en collectieve doses verkregen aantallen slachtoffers moeten worden gesteld naast de natuurlijke ziektegevallen in dezelfde periode.

## 2.7. Samenvatting

In het hiervoor gerapporteerde zijn analyses verricht, die van belang worden geacht voor het vaststellen van de economische schade als gevolg van een ongeval met een nieuw te bouwen kerncentrale in Nederland. Begonnen is met de achtergronden van de ongevalskeuze, waarbij met name de brontermen, de locaties van de centrale, de weersomstandigheden ten tijde van het ongeval en de voor de gevolgen in beschouwing te nemen radioactieve stoffen aan de orde zijn gekomen. De bronterm geeft aan de hoeveelheid radioactief materiaal die uit de kerncentrale ontsnapt. De gekozen locaties waar een centrale kan worden gevestigd zijn zodanig dat de gevolgen voor een stedelijk/geïndustrialiseerd respectievelijk agrarisch en een oppervlakte-watergebied kunnen worden beschouwd. Voor de studie zijn de locaties Moerdijk en Westelijke Noord-Oostpolderdijk gekozen. De weersomstandigheden bepalen hoever vanaf de centrale en in welke concentraties de ontsnapte radioactieve stoffen terecht zullen komen. Uit het in principe grote aantal weersscenario's zijn er drie gekozen. Uit het grote aantal radioactieve stoffen dat tijdens een ongeval uit een reactor kan ontsnappen zijn er vijf gekozen, die samen representatief kunnen worden geacht voor de beschouwing van de gevolgen voor landbouw en de (drink-)watervoorziening. Het gaat hierbij om Sr-89, Sr-90, I-131, Cs-134 en Cs-137.

Uit de combinatie van weertypen met locaties (scenario's) enerzijds en de brontermen anderzijds is een zestal cases opgesteld, die als grondslag voor de berekeningen zullen worden gebruikt. Teneinde de berekeningen uit te kunnen voeren is aandacht geschonken aan de te gebruiken normen die in de vorm van interventiewerkwaarden voor deze studie zijn opgesteld en aan het nemen van maatregelen die de gevolgen kunnen verminderen. Deze hebben betrekking op het verblijf in een besmet gebied en eten en drinken van besmet voedsel en drinkwater. Tenslotte is ook het oppervlaktewater bekeken, met name voor de visserij en het gebruik als beregeningswater voor de landbouw en veeteelt.

Om aan te geven welke gevolgen op kunnen treden voor mensen die gedurende een bepaalde periode in besmet gebied verblijven zijn achtereenvolgens de eerste-dags dosis, de eerste-jaars dosis en de 50-jaars dosis na terugkeer aan de orde gesteld. Ten aanzien van de inname van besmet voedsel en drinken is de depositie van radioactief materiaal beschouwd. Daarna zijn de resultaten betreffende de effecten van dosisbeperkende maatregelen gepresenteerd. Het hoofdstuk is afgesloten met de presentatie van risicogetallen voor de berekening van late effecten in termen van "extra" sterfte en ziekte.

<sup>9)</sup> ICRP, Annals of the ICRP, publication 26, 1977, en publication 40, 1984.

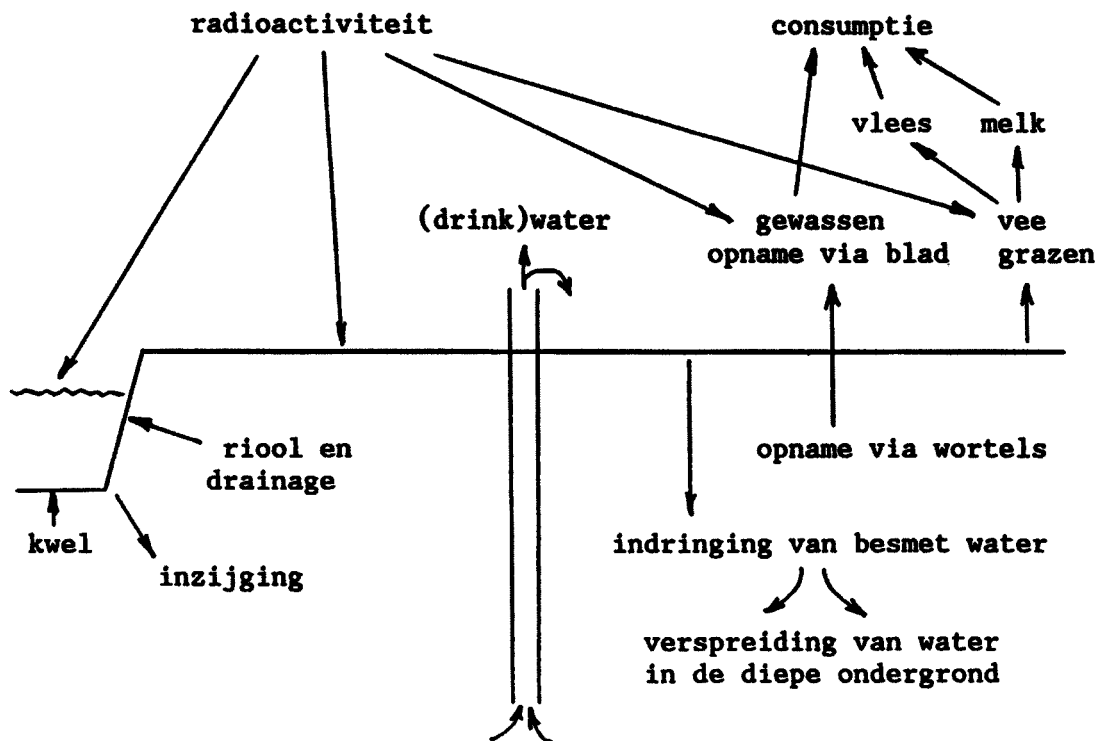
<sup>10)</sup> Gezondheidsraad, rapport 1985/7 en 1986/10.

### 3. GEVOLGEN VOOR DE BODEM, AGRARISCHE PRODUCTEN EN GRONDWATER

#### 3.1. Inleiding

In dit hoofdstuk wordt aandacht besteed aan de wijze waarop de op de grond terechtgekomen radionucliden in de bodem worden verspreid en welke mate van functieverlies hiervan het gevolg is<sup>1)</sup>. Na een inleidende analyse wordt in paragraaf 3.3 het transport van de vijf geselecteerde radionucliden in een voor Nederland karakteristieke bodem beschreven.

Op grond van de berekende radioactiviteits-niveaus in de bodem en in het grondwater is in paragraaf 3.4 met behulp van z.g. overdrachtsfactoren (deze geven aan welk deel van in de bodem aanwezige radionucliden in de planten en via de planten in het vee worden opgenomen) de concentratie nucliden in die producten berekend. Onderstaande figuur geeft deze processen aan.



Op basis van de voor de studie afgeleide interventiewerkwaarden is (zie paragraaf 2.4), voor de geselecteerde locaties Moerdijk en Westelijke Noordoostpolderdijk, wordt in paragraaf 3.5 aangegeven welke functies gedurende een bepaalde periode niet meer vervuld kunnen worden.

#### 3.2. Analyse

Ten behoeve van de onderhavige studie is het probleem geanalyseerd volgens een BRON → PAD → (bedreigd) OBJECT benadering.

##### De bron

De bron bestaat uit de nucliden bij de gepostuleerde kernongevallen en scenario's die binnen 24 uur na het begin van de lozing worden afgezet op het aardoppervlak. De op het land afge-

<sup>1)</sup> Voor een gedetailleerde beschouwing van deze materie wordt verwezen naar het GD-deelrapport SPH-06-14.

zette nucliden zullen terecht komen op de bodem, verhard terrein, gebouwen en begroeiing. Na verloop van tijd zullen de meeste nucliden als gevolg van regen afspoelen en in de bodem terechtkomen. In stedelijk (gerioleerd) gebied zal een deel van het water, al dan niet via een zuivering, naar het oppervlaktewater worden afgevoerd. Daarnaast zal een deel van de door planten ingevangen nucliden worden opgenomen via het blad. Voor berekeningen van het transport van nucliden in de bodem zullen bovengenoemde "onderscheppings"mechanismen buiten beschouwing blijven. Aangenomen wordt dat de beschouwde nucliden direct na depositie volledig op de bodem aanwezig zullen zijn.

### **Het pad**

Hierbij gaat het om het transport van nucliden via de bodem naar het "bedreigde object". Gekeken is naar de processen die verantwoordelijk zijn voor de verspreiding in de bodem. Deze transportprocessen zijn beschreven en berekend voor een aantal voor Nederland karakteristieke bodems. Daarbij is onderscheid gemaakt in westelijk en oostelijk Nederland, gebaseerd op het voorkomen van Holocene rivier- en zeekleiafzettingen aan het oppervlak. Er is vanuit gegaan dat transport voornamelijk plaats vindt als gevolg van stromend grondwater. Het in de bodem gedrongen (besmette) water draagt bij aan de watervoorraad in ondiepe bodem, van waaruit het wordt opgenomen door plantenwortels, via drainage naar het oppervlaktewater stroomt en doordringt naar het diepe grondwater.

Vanuit het diepe grondwater kan het water opgepompt worden ten behoeve van de drink- en industriewatervoorziening of als beregeningswater voor de land- en tuinbouw. Van belang hierbij is dat in het transportproces een aantal kringlopen voorkomen, zoals:

- het (weer) vrijkomen van nucliden, wanneer planten die op besmette grond staan afsterven en vergaan
- gebruik van (besmet) beregeningswater
- menging van besmette met niet-besmette grond (ploegen)
- kwel van besmet grondwater in lager gelegen gebieden
- inzijging van besmet grondwater.

### **Bedreigd object**

De besmetting vormt een bedreiging voor zowel mens als milieu. Gelet op de beperkte hoeveelheid eenvoudig toegankelijke informatie met betrekking tot dosis-effect relaties en daaruit afgeleide aanvaardbare concentraties van nucliden, is in deze studie de mens als (uiteindelijk) bedreigde doelgroep in beschouwing genomen. De bedreiging voor de mens wordt onderscheiden in directe en indirecte besmetting. Directe besmetting wordt veroorzaakt door straling van op het land afgezette nucliden. De indirecte besmetting vindt plaats via voedsel en drinkwater.

## **3.3. Verdeling en transport van nucliden in de bodem**

### **3.3.1. Verdeling van nucliden in de bodem**

Om de besmetting van plant, dier en mens vast te kunnen stellen is het noodzakelijk inzicht te krijgen in de processen die een rol spelen bij de verdeling en het transport van radionucliden in de bodem. Voor de berekening van de lange-termijn effecten is een benadering gevolgd, uitgaande van een ongunstige situatie, gericht op het aangeven van een bepaalde stralingsbelasting van de produkten en van de economische gevolgen daarvan. Aangenomen wordt dat alle nucliden direct gelijkmatig verdeeld in de toplaag van de bodem worden vastgezet (geadsorbeerd). Gewerkt wordt met twee verschillende laagdiktes: 0,2 m voor bouwland (effect van ploegen, scheuren, ed.) en 0,1 m voor weiland.

Uitgaande van de concentratie van op grond terecht gekomen nucliden, kan nu de hoeveelheid radioactiviteit aan de grond berekend worden. De verhouding tussen de concentratie aan de grond en de concentratie in het grondwater wordt gegeven door de verdelingscoëfficiënt. Goede adsorptie (en dus een hoge waarde voor de verdelingscoëfficiënt) zal vooral aange-

troffen worden in bodems met een hoge fractie fijn materiaal (kleimineralen) en organische stof.

### 3.3.2. Transport van nucliden in de bodem

Verplaatsing van nucliden in de bovenste lagen van de bodem vindt hoofdzakelijk plaats als gevolg van de stroming van het grondwater (convectief transport). Het effect van ploegen blijft beperkt tot de bovenste decimeter(s). In de bovenste lagen van de bodem wordt de gemiddelde (verticale) grondwatersnelheid bepaald door de gemiddelde nuttige neerslag en de met water gevulde porositeit van de bodem. Wanneer de nucliden het grondwater bereiken, dan zullen deze zich onder invloed van de natuurlijke grondwaterstroming verder in horizontale en verticale richting verspreiden.

Als de belasting (bronterm) bestaat uit een kort durende depositie van beperkte omvang, dan zal tijdens het transport als gevolg van verspreiding van het water de maximale concentratie in het grondwater geleidelijk afnemen. Dit heeft tot gevolg dat de maximale concentratie bij het bedreigde object uiteindelijk lager zal zijn dan die direct na depositie aan maaiveld. De reductie in maximale concentratie wordt vooral bepaald door de bronsterkte (depositie) en de afstand tussen bron en object. Onderweg vindt ook adsorptie plaats; in veel gevallen is dit een omkeerbaar proces en is er sprake van een tijdelijke vastlegging. De nucliden verplaatsen zich ten gevolge van adsorptie aan de grond niet met dezelfde snelheid als het grondwater. Wanneer er sprake is van lineaire adsorptie, dan kan de verplaatsingssnelheid met behulp van een vertragingfactor gerelateerd worden aan de stroomsnelheid van het grondwater. De transportsnelheden voor de verschillende nucliden in de eerste meter van de bodem zijn opgenomen in tabel 3.1.

**Tabel 3.1.** Verdelingscoëfficiënten water-grond, vertragingfactoren en daaruit berekende gemiddelde transportsnelheden van nucliden in een "gemiddelde" bodem

nuclide	verdelingscoëfficiënt [m <sup>3</sup> /kg]	vertragingfactor [-]	gem.transport snelheid [m/j]
Strontium	0.1	426	0.0023
Jodium	0.01	44	0.0227
Cesium	1.0	4251	0.0002

De adsorptie is sterk afhankelijk van de bodemeigenschappen. Tijdens het transport van de nucliden tussen bron en bedreigd object zal de concentratie ook afnemen als gevolg van fysisch verval. De reductie in concentratie van een nuclide is afhankelijk van de halfwaardetijd en de benodigde transporttijd, waarbij adsorptie een belangrijke rol speelt. Gezien de relatief lage transportsnelheden van de nucliden zullen deze processen bij een grotere afstand tussen bron en object een belangrijke rol spelen voor de uiteindelijke besmetting van het object.

### 3.4. Besmetting van producten en grondwater

#### 3.4.1. Besmetting van het gewas

In eerste instantie raakt het gewas besmet door directe depositie. Afhankelijk van de aard en het groeistadium van het gewas wordt 30 á 70% ingevangen. Deze besmetting zal door neerslag afspoelen en in de bodem dringen. De snelheid van afspoelen wordt bepaald door hoeveelheid regen in de tijd. Gemiddeld wordt in de literatuur voor de Nederlandse situatie uitgegaan van een halfwaardetijd ten gevolge van afspoelen van 2 á 3 weken. Hieruit volgt dat na twee maanden meer dan 90% van de nucliden in de bodem aanwezig zullen zijn.

Tijdens de groeiperiode nemen planten elementen uit de bodem — waaronder de radionu-

cliden — op. De mate waarin een specifiek element wordt opgenomen is afhankelijk van de beschikbaarheid van het element in het water in de wortelzone en de opname-eigenschappen van het gewas. In de literatuur wordt de concentratie in de plant gegeven in verhouding tot de concentratie in de bodem, de zogenaamde overdrachtsfactor voor planten. Deze factor wordt gegeven als verhouding tussen de concentratie van een nuclide in de eetbare delen van het gewas en de concentratie van die nuclide in de grond (gewerkt wordt met gemiddelde rekenwaarden). Zowel voor het gewas als voor de grond wordt de concentratie opgegeven per kilogram droog materiaal.

**Tabel 3.2.** Overdrachtsfactoren bodem-gewas per kilogram droog materiaal (Bq kg plant / Bq kg grond) voor de bodem, waaruit maximale opname mogelijk is van Strontium en Cesium voor een aantal karakteristieke gewasgroepen.

Product	Nuclide:	Strontium	Cesium
	Bodem:	Kleigrond	Zandgrond
Granen		0,17	0,018
Peulvruchten		1,10	0,10
Wortelgewassen		1,20	0,063
Aardappelen		0,20	0,089
Bladgroenten		3,20	0,22
gras		0,26	0,15
veevoeder		0,85	0,06

Met name peulvruchten, wortelgewassen, bladgroenten en gras blijken volgens de tabel relatief hoge overdrachtsfactoren voor Strontium te hebben, terwijl peulvruchten, bladgroenten en gras ook relatief hoge overdrachtsfactoren voor Cesium hebben.

#### 3.4.2. Besmetting van vlees- en melkproducten

Voor de berekening van de besmetting van de zuivel- en melkproductie is uitgegaan van rundvee. Voor deze dieren zijn de meeste gegevens beschikbaar, terwijl er ook sprake is van een aanzienlijk economisch belang. Voor de langere-termijn beschouwing zal besmetting hoofdzakelijk plaatsvinden via besmet gras en besmette grond die met het gras wordt geconsumeerd. We veronderstellen dat het vocht dat de koe tot zich neemt (water en bij kalverenmelk) van goede kwaliteit is.

**Tabel 3.3.** Gemiddeld consumptiepatroon van rundvee

Inname	hoeveelheid	Opmerking
Voedsel	16 kg droge stof/dag	melkvee
	12 kg droge stof/dag	slachtvee
Grond	4%	aanname: 0.75 kg/d
Water	75 liter/dag	afhankelijk van hoeveelheid vocht die via het voedsel wordt opgenomen

Uitgaande van de activiteit van specifieke nucliden die geconsumeerd worden zijn omzettingfactoren bepaald waarmee de activiteit in de melk en het vlees bepaald kunnen worden. De beschikbaarheid van de nucliden in grond is beperkt ten opzichte van die in het voedsel, doordat ze in een andere chemische vorm aanwezig zijn. Deze beperkte beschikbaarheid wordt in rekening gebracht door te werken met een effectieve diepte van 0-10 centimeter voor weiland. De volgende omzettingfactoren voor melk en vlees per Bq ingenomen activiteit per nuclide per dag zijn gehanteerd:

**Tabel 3.4.** Omzettingsfactoren voor dagelijkse inname van de belangrijkste nucliden in een evenwichtssituatie voor melk en vlees

Nuclide	factor voor melk [dag/l]	factor voor vlees [dag/kg]
Strontium	0,001	0,0006
Jodium	0,01	0,01
Cesium	0,008	0,02

Uitgaande van de voor deze studie afgeleide interventiewerkwaarden (zie paragraaf 2.4) kan met beschikbare formules per nuclide berekend worden bij welke grondbesmetting het vlees en de melk niet meer voor consumptie geschikt zijn.

### 3.4.3. Besmetting van het grondwater

Water dat in de bodem dringt, verblijft daar een bepaalde tijd alvorens het eventueel via winputten wordt opgepompt ten behoeve van de productie van drinkwater. Ten gevolge van de variatie in afstand tussen het infiltratie- en onttrekkingspunt zal een verblijftijdspreiding optreden voor het opgepompte water. Bij drinkwaterbedrijven, die gebruik maken van infiltratiebekkens voor aanvulling van het grondwater, wordt gestreefd naar een minimale gemiddelde verblijftijd van 60 dagen in verband met biologische betrouwbaarheid van het gewonnen water. Bedrijven die "natuurlijk" grondwater winnen kennen verblijftijden van enkele jaren tot vele honderden jaren, afhankelijk van de diepte waarop het water gewonnen wordt.

Het transport van nucliden in de bodem wordt als gevolg van adsorptie vertraagd ten opzichte van de verblijftijd van het water. De zogenaamde vertragingfactor voor de beschouwde nucliden bedraagt enkele tientallen tot duizenden (zie tabel 3.1). Wanneer bij de winning van het grondwater geen directe besmetting optreedt, dan zal het maanden tot honderden jaren duren alvorens er besmet water wordt opgepompt. Als gevolg van fysisch verval zal de activiteit in het opgepompte water zijn afgenomen.

### 3.5. Functieverlies per produkt en grondwater

Op basis van algemene gegevens en de gedane aannamen, is een depositie-maximum per nuclide te berekenen, waarboven de functie van het produkt verloren gaat doordat de besmetting ligt boven de voor deze studie afgeleide interventiewerkwaarden.

#### 3.5.1 Gewassen

Voor het gewas is, uitgaande van een gemiddelde overdrachtsfactor en de interventiewerkwaarden per nuclide, berekend wat de maximaal toegestane concentratie in de bodem is. Hieruit is de maximale depositie (depositielimiet) berekend waarbij functieverlies optreedt direct na en één jaar na het ongeval. Hierbij is rekening gehouden met het verval van de nucliden en bij de berekening is uitgegaan van overdrachtsfactoren die betrekking hebben op droge stof. De afgeleide niveaus hebben betrekking op een kilogram (nat) produkt. Voor de verschillende gewassen is gerekend met onderstaande droge stof percentages:

Granen	85%
Peulvruchten	85%
Wortelgewassen	25%
Aardappels	25%
Bladgroenten	10%

De resultaten van de berekeningen per nuclide voor de onderscheiden groepen gewassen zijn opgenomen in het desbetreffende deelrapport. De depositielimieten voor de productie een



jaar na het ongeval vergeleken met die voor de productie direct na het ongeval, vertonen geen significante verschillen indien de directe opname van radionucliden via het blad buiten beschouwing wordt gelaten.

Deze limieten zijn gebruikt om, samen met de berekeningen over de besmettingsomvang van de onderscheiden brontermen, de gebieden aan te geven waar functieverlies optreedt. Op basis van deze gegevens is in hoofdstuk 8 de economische schade met betrekking tot verlies aan landbouwproducten berekend. Aangenomen is dat functieverlies optreedt indien één van de nucliden het niveau van de interventiewerkwaarde bereikt. De meest kritische nuclide blijkt voor alle brontermen direct na het ongeval Strontium (89 en -90) te zijn. Voor productie na een jaar is dat Strontium-90.

### 3.5.2. **Functieverlies melk- en vleesproductie**

Uitgaande van de interventiewerkwaarden voor melk- en vleesproducten (zie paragraaf 2.4) is berekend welke concentratie van een specifieke nuclide in de bodem aanwezig mag zijn. Hierbij is zowel gekeken naar de consumptie van gras met grond als naar de consumptie van veevoeder met grond. De maximaal toegestane concentratie in de bodem is omgerekend naar een maximale depositie waarbij functieverlies optreedt. Dit is gedaan voor productie direct na en voor productie van één jaar na het ongeval, waarbij rekening is gehouden met verval van de nucliden.

Uit de resultaten volgt dat functieverlies voor Strontium eerder zal optreden bij grasconsumptie, terwijl Cesium beter wordt opgenomen via veevoeder. Daarnaast kan opgemerkt worden dat functieverlies voor melk in alle beschouwde situaties optreedt bij depositielimieten gelijk aan of lager dan die voor vleesproductie. Functieverlies treedt op wanneer een van de nucliden het betreffende niveau bereikt. Direct en één jaar na het ongeval is Cesium kritisch voor het meest kwetsbare product nl. melk. Dit geldt voor beide brontermen.

### 3.5.3. **Functieverlies grondwater**

Bij de bepaling van het functieverlies van grondwater als grondstof voor drinkwater is aangenomen dat al het in de grond gedrongen water tegelijkertijd na een aantal dagen de winning bereikt. Rekening houdend met de grondsoort (adsorptie) en de nuclide is de verblijftijd van de nucliden berekend. Vervolgens is, na correctie voor het fysisch verval en zonder correctie voor eventuele zuivering, met behulp van de interventiewerkwaarden de maximaal toegestane concentratie in de menglaag na de depositie berekend. Deze berekeningen zijn uitgevoerd met zowel een minimale als een gemiddelde adsorptiecoëfficiënt voor zandgronden. Bij de minimale adsorptiecoëfficiënt en een verblijf van 60 dagen is Cesium-137 de meest kritische nuclide, terwijl bij de overige (langere) verblijftijden Strontium-90 de meest kritische nuclide is. Tevens zijn drie verschillende verblijftijden van het water in de grond aangehouden te weten: 60 dagen (minimum) voor winningen, waarbij oppervlaktewater wordt geïnfiltreerd en voor winningen waarbij grondwater uit dieper gelegen waterhoudende lagen wordt opgepompt worden verblijftijden van respectievelijk één (minimum) en vijf (gemiddeld) jaar aangehouden. De tijd die verstrijkt alvorens eventueel functieverlies optreedt, ligt in dezelfde orde van grootte als de berekende verblijftijd van de nucliden in de bodem. Bij minimale adsorptiecoëfficiënt zal dit, afhankelijk van de vertraging, na 1,6, 9,5 of 48,5 jaar na het ongeval plaatsvinden. Bij gemiddelde adsorptiecoëfficiënt treedt een dusdanige vertraging op dat de verblijftijd van het water maatgevend is voor de berekening van de limieten. Veelal zal alleen in de directe omgeving van de centrale functieverlies optreden.

### 3.5.4. **Samenvatting functieverlies bouwland, weiland en grondwater**

Functieverlies van bouwland direct na het ongeval zal in eerste instantie veroorzaakt worden door depositie van nucliden op de op het land staande gewassen (vooral Jodium-131). Na enige weken, nadat de nucliden zijn afspoeld of de gewassen zijn verwijderd, zal functieverlies optreden door opname van Strontium uit de bodem. Het gebied waarbinnen dit optreedt is afhankelijk van het gewas. De meest kwetsbare gewasgroep blijkt peulvruchten te zijn; knolgewassen zoals aardappelen blijken het minst kwetsbaar. Functieverlies voor de tweede oogst (een jaar na depositie), wordt veroorzaakt door Strontium-90. Daar dit een langlevend nuclide

is en lange tijd in de bovenste laag van de bodem aanwezig zal zijn, kan zonder tegenmaatregelen nog vele jaren functieverlies binnen het besmette gebied optreden.

In de eerste weken na het ongeval is functieverlies van weiland voor de veeteelt het gevolg van ophet gras afgezette nucliden (met name Jodium-131). Wanneer deze nucliden zijn afgespoeld of het besmette gras door maaien is verwijderd, zal functieverlies optreden door opname van nucliden uit de bodem.

Na enkele weken treedt functieverlies op als gevolg van te hoge concentraties aan Cesium en Strontium. Door de lange halfwaardetijd van deze nucliden kan het weiland zijn functie gedurende vele jaren verliezen. De omvang van het gebied dat zijn functie heeft verloren hangt in sterke mate af van het aandeel van het besmette gras in het voedselpakket van het vee.

Grondwater kan als grondstof voor de productie van drinkwater verloren gaan, als op de grond terecht gekomen nucliden na indringing in de grond de waterwinning bereikt. Vooral gronden met een beperkte adsorptiecapaciteit zijn wat dit betreft kwetsbaar; dit zijn kalk- en humusarme zandgronden.

Wanneer de grondwaterwinning plaatsvindt vanuit een waterhoudende laag binnen het besmette gebied, dan zal bij een verblijftijd van minder dan vijf jaar de waterwinning na verloop van tijd verloren gaan. Gebieden met een gemiddelde of hoge adsorptiecoëfficiënt zijn veel minder kwetsbaar. Zelfs bij een verblijftijd van 60 dagen duurt het nog 70 jaar, voordat besmet water de winning bereikt. Dit heeft tot gevolg dat bij deze winningen geen functieverlies optreedt.

Geconcludeerd kan worden dat alle ondiepe winningen in arme zandgronden worden bedreigd. De ernst verschilt afhankelijk van de gemiddelde verblijftijd en de adsorptiecapaciteit ter plaatse. Functieverlies zal dan pas na verloop van tijd optreden. Gebieden met meer dan minimale adsorptie-capaciteit (klei en veengronden) zullen waarschijnlijk niet verloren gaan. Dit is nog afhankelijk van de lokale bodemopbouw, waarbij het voorkomen van inhomogeniteiten een belangrijke rol spelen. Een grove zandlaag die een kleilaag doorsnijdt, zal leiden tot een kortsluitstroming, waarbij toch op "korte" termijn een winning onder een kleipakket verloren kan gaan.

## 4. GEVOLGEN VOOR HET OPPERVLAKTEWATER

### 4.1. Inleiding

Radioactieve besmetting van waterbekkens, zowel natuurlijke (meren) als kunstmatige, leidt tot (tijdelijk) functieverlies. Deze waterbekkens kunnen van belang zijn voor de drinkwatervoorziening (voorraad- of productiebekkens), voor de watervoorziening van de industrie en van elektriciteitscentrales en voor de landbouwwatervoorziening (beregening), de beroeps- en sportvisserij, en de recreatie (zwemmen, surfen, e.d.). Afhankelijk van de mate van besmetting kunnen een of meerdere van deze functies een tijd lang niet worden vervuld. De gevolgen hiervan zullen voor zover mogelijk in dit hoofdstuk worden aangegeven<sup>1)</sup>.

Allereerst is aangegeven welke bekkens kunnen worden besmet. Vervolgens worden de gevolgen voor de drinkwatervoorziening (paragraaf 4.3), voor het gebruik van oppervlaktewater (paragraaf 4.4) en voor de visserij (paragraaf 4.5) behandeld. De berekeningen zijn uitgevoerd voor een vijftal bekkens, die in de besmette zones liggen: de Andelse Maas, de Biesbosch, het Haringvliet, Loenderveen, en het IJsselmeer; figuur 4.1 toont de ligging. De bekkens Andelse Maas, Biesbosch, en Loenderveen hebben uitsluitend een functie voor de drinkwatervoorziening. Het Haringvliet en het IJsselmeer hebben daarnaast nog andere functies.

De concentraties en het verloop daarin van de radionucliden in het water, in de bodembezinking en in vis is berekend met behulp van een computermodel. Daarbij is uitgegaan van directe homogene menging en een zich direct instellende en voortdurende evenwichtsituatie met betrekking tot de uitwisseling van de zich in het water en in de bodembezinking bevindende radionucliden. Bodem-water interactie is met name van belang voor het IJsselmeer vanwege de geringe diepte (gemiddeld 4,3 m) en de relatief lange verblijftijd van het water (gemiddeld 150 dagen).

### 4.2. Atmosferische depositie

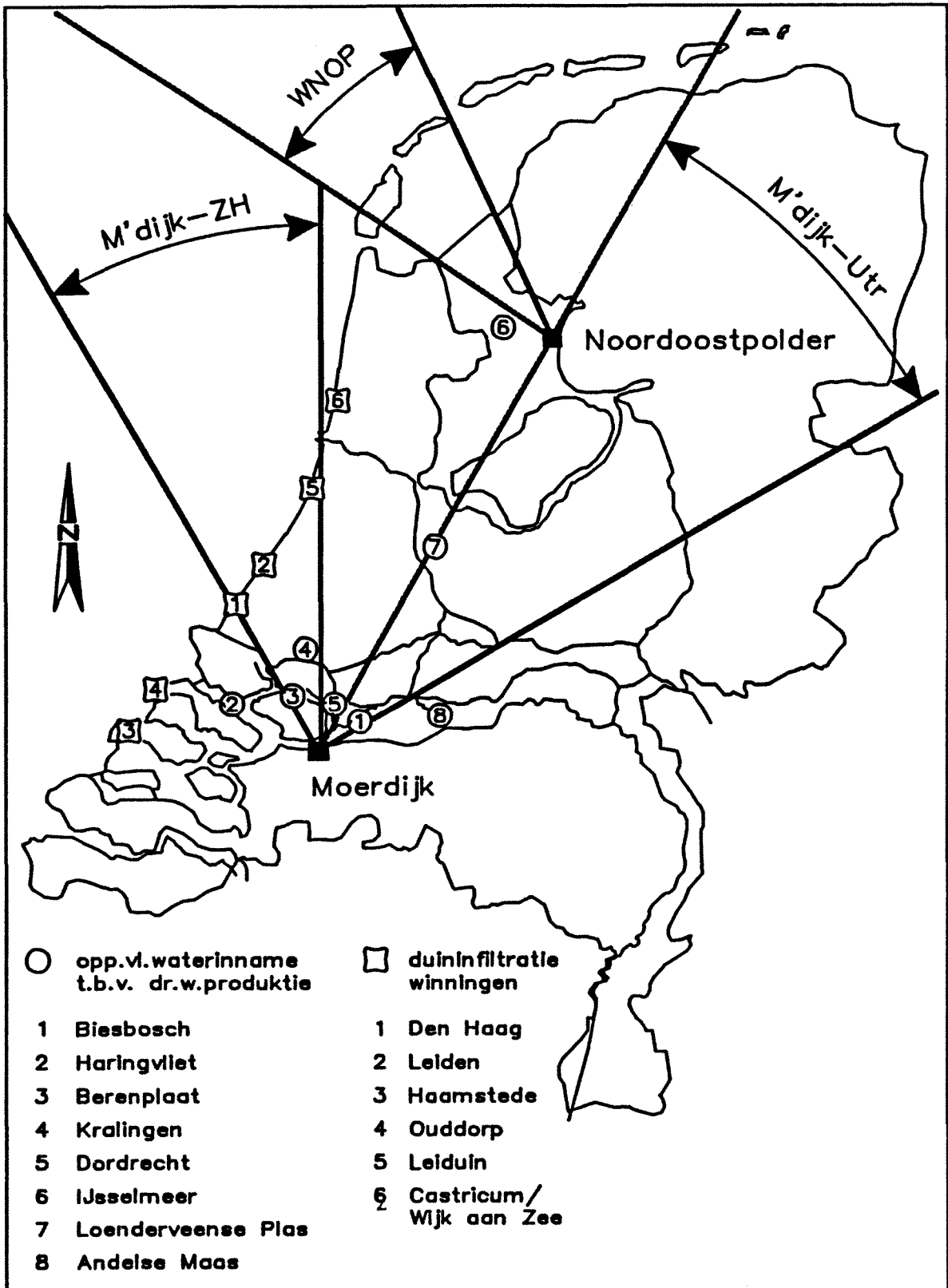
De snelheid van atmosferische depositie boven water is vier keer groter dan boven land. Dientengevolge heeft de verhouding land-water in het gebied, waar de radioactieve pluim over strijkt, invloed op de atmosferische depositie. Door ECN zijn in het kader van deze studie berekeningen voor zowel land als voor water uitgevoerd. In scenario M'dijk-Utr en M'dijk-ZH trekt de radioactieve pluim voornamelijk over land. Daarom is in die gevallen als benadering gewerkt met de resultaten van de over-land berekeningen voor verspreiding van radioactiviteit, waarbij de atmosferische depositie boven waterbekkens wordt verkregen door te vermenigvuldigen met een factor vier om het verschil in depositie boven land en water tot uitdrukking te brengen. Voor het Haringvliet/Hollands Diep is met de resultaten van de water-berekeningen gewerkt, omdat een eventuele centrale te Moerdijk dichtbij dit water zal komen te liggen. In scenario WNOP trekt de pluim voornamelijk over water en worden de resultaten van de overwater berekeningen gebruikt.

De Andelse Maas ligt op 33 km van Moerdijk. Het bekken van de Andelse Maas ligt even buiten het gebied waar 90% van de besmetting plaatsvindt (de pluim, zie figuur 4.1., waarin segmenten van 30 graden zijn getekend). Op grond hiervan wordt de besmetting van de Andelse Maas op 10% gesteld van die binnen de pluim. De afstand van de Biesbosch tot Moerdijk bedraagt 17 km. De Biesbosch ligt net aan de rand van de pluim, daarom is besmetting van de Biesbosch op 90% gesteld van die binnen de pluim.

Het Haringvliet wordt indirect belast door aanvoer van besmet water uit het Hollands Diep. Een kerncentrale te Moerdijk zal aan dit laatste water komen te liggen en dientengevolge zal het Hollands Diep sterk worden besmet. Hoe sterk valt moeilijk exact vast te stellen, omdat de

<sup>1)</sup> Voor een gedetailleerde behandeling wordt verwezen naar het WL-deelrapport SPH-06-15.

Figuur 4.1. Overzicht van besmetting van waterbekkens en infiltratiegebieden



onnauwkeurigheid van de berekeningen zo dicht bij de bron groot is. De radioactieve pluim bij scenario M'dijk-Utr trekt een spoor van 0 tot 9 km over het Hollands Diep. Voor de atmosferische depositie is gewerkt met een gemiddelde. Met de aanname dat het besmette gebied van het Hollands Diep een oppervlakte heeft van 15% van dat van het Haringvliet, kan de besmetting van het Hollands Diep worden vertaald naar een beginbesmetting van het Haringvliet. De beide scenario's M'dijk-Utr en M'dijk-ZH zullen gegeven de onnauwkeurigheden, tot ongeveer dezelfde mate van besmetting leiden.

De afstand van de Loenderveense Plas tot Moerdijk bedraagt 63 km. De plas ligt bij scenario M'dijk-Utr aan de rand van de pluim. Daarom wordt de besmetting gelijk gesteld aan 90% van die binnen de pluim. De afstand van het IJsselmeer tot Moerdijk bedraagt voor het midden ongeveer 120 km. Slechts een klein deel van het IJsselmeer valt met scenario M'dijk-Utr binnen de pluim. Op grond hiervan wordt geschat, dat de besmetting van het gehele IJsselmeer gemiddeld 10% is van die binnen de pluim.

Een centrale in de Noordoostpolder zal aan het IJsselmeer komen te liggen. Met scenario WNOP bestrijkt de pluim een oppervlak van circa 23% van het IJsselmeer. Met deze gegevens is een over het gehele oppervlak gemiddelde besmetting voor het IJsselmeer berekend. De uitkomsten hiervan zijn gebruikt voor het vaststellen van de perioden van overschrijding van de interventiewerkwaarden.

### 4.3. Gevolgen voor de drinkwatervoorziening

#### 4.3.1. Overschrijdingsduur

In tabel 4.1 is aangegeven wat de overschrijdingsduur van de interventiewerkwaarde voor drinkwater (WD) is voor de vijf beschouwde waterbekkens bij een kernongeval volgens de in hoofdstuk 2 aangegeven cases.

**Tabel 4.1.** Periode van verschrijding werkwaarde voor drinkwater bij hantering van WD5 en WD50

Opm.: d=dagen, w=weken, m=maanden.

	case M'dijk-Utr				case WNOP			
	1%		0,1%		1%		0,1%	
	WD5	WD50	WD5	WD50	WD5	WD50	WD5	WD50
Andelse Maas	1w	0	0	0	-	-	-	-
Biesbosch	10w	0	0	0	-	-	-	-
Haringvliet (*)	8m	2m	3m	0	-	-	-	-
Loenderveen	7w	0	0	0	-	-	-	-
IJsselmeer	0	0	0	0	3j	13m	19m	1w

(\*) Uitkomsten voor scenario M'dijk-Utr zijn gelijk aan die voor scenario M'dijk-ZH.

Met scenario M'dijk-Utr raken alle vijf beschouwde bekkens besmet. De besmetting van het IJsselmeer blijft onder de vastgestelde interventiewerkwaarden. De andere bekkens geven overschrijdingen te zien op basis van WD5. Overschrijding van WD50 vindt voor de 1% bronterm alleen voor het Haringvliet plaats, voor dit bekken is ook voor de 0.1% bronterm een overschrijding van WD5 waarneembaar.

Met scenario M'dijk-ZH raakt alleen het Haringvliet besmet en wel door instroming van besmet water uit het Hollands Diep, waaraan de kerncentrale zal zijn gelegen. De mate van besmetting van het Hollands Diep is voor scenario M'dijk-Utr en M'dijk-ZH gelijk verondersteld, zodat ook de berekende periode van overschrijding gelijk is.

Scenario WNOP leidt tot besmetting van het IJsselmeer. Met WD5 wordt bij de 1% bronterm een periode van 3 jaar gevonden; voor de 0,1% bronterm is dat 19 maanden. Bij een hantering

van WD50 is er voor de 1% bronterm overschrijding gedurende 13 maanden, voor de 0,1% bronterm is dat 1 week. Het is mogelijk dat, omdat de pluim bij scenario WNOP alleen over water trekt, het interventieniveau voor drinkwater het maximale niveau van 50 mSv voor voedsel en drinkwater tesamen mag benaderen, omdat er geen voedselbijdrage is. In dat geval zal er geen sprake zijn van overschrijding. In alle cases is het nuclide Cesium-137 verantwoordelijk voor de duur van de overschrijding.

#### 4.3.2. Mogelijke maatregelen en reacties

Het is in principe mogelijk de radioactieve nucliden vergaand uit het oppervlaktewater te verwijderen. Met bestaande middelen kan dit enerzijds via verwijdering van zwevend stof en daaraan geadsorbeerde nucliden door afzetting en filtratie en anderzijds kunnen nucliden worden verwijderd door fysisch-chemische zuivering. Uit ervaringen bij waterleidingbedrijven in Nederland, opgedaan na "Tsjernobyl", blijkt dat door zuivering van oppervlaktewater 45-84% van de totale radioactiviteit te verwijderen is. Bij de berekeningen is voor alle beschouwde nucliden een gemiddelde van 64% aangehouden. Aanvullende middelen geven nog betere resultaten. Ionenwisseling of hyperfiltratie kan daartoe worden toegepast, maar dat zijn dure technieken waarvan de kosten kunnen oplopen tot enkele guldens per m<sup>3</sup> geleverd drinkwater.

Een apart probleem wordt gevormd door de sterke ophoping van radioactiviteit in het filtermateriaal. Dit kan een dusdanige stralingsbelasting geven dat speciale voorzieningen moeten worden getroffen om het te verwijderen.

De met aanvullende zuivering te bereiken verkorting van de periode dat de interventiewerkwaarde wordt overschreden is voor de gehanteerde brontermen groot. De zuivering dient steeds gericht te zijn op het verwijderen van die nucliden, die overschrijding van de interventiewerkwaarden veroorzaken. De mate van overschrijding per nuclide afzonderlijk is daarbij bepalend voor de keuze van de nucliden waarop het accent moet worden gelegd. Daar de onderlinge verhouding van nucliden zich in de tijd wijzigt, zal ook het accent in de tijd moeten verschuiven. Bedacht moet bij dit alles echter worden dat toepassing van aanvullende zuivering investeringen vergt die, voordat een ongeval plaatsvindt, moeten zijn gerealiseerd, omdat zij niet op korte termijn in bestaande zuiveringsinstallaties zijn in te bouwen.

Ook al leidt besmetting van het water niet tot overschrijding van de interventiewerkwaarden, dan nog moet rekening worden gehouden met een verminderde afname, omdat een deel van de huishoudens geen kraanwater meer gebruikt voor de bereiding van spijsen en dranken. Het is bekend dat de verkoop van mineraalwater na "Tsjernobyl" met 10-15% toenam. Voor een indruk van de kosten die daarmee gemoeid zijn is ervan uitgegaan dat 2% van het kraanwater zou worden vervangen door flessewater, waarvan de prijs op f 1,- per liter wordt gesteld. Met scenario M'dijk-Utr zou dit op jaarbasis voor de consumenten een bedrag vergen van f 4,4 miljard; voor de scenario's M'dijk-ZH en WNOP komt dit respectievelijk uit op f 3,7 en 0,6 miljard.

Vertrouwenwekkende maatregelen zoals preventie van de besmetting en een goede voorlichting kunnen dit effect reduceren, dan wel de tijdsduur bekorten. Daarnaast kan de overheid de distributie van drinkwater zelf verzorgen, wat tot lagere kosten leidt. Hiervoor dient echter een goed werkende nooddrinkwatervoorziening te bestaan.

#### 4.3.3. Gevolgen voor de drinkwatervoorziening

Tot nu toe is geen onderzoek gedaan naar de problemen die ontstaan door het niet of niet voldoende voorzien in de drinkwaterbehoefte. Een beperkt tekort kan worden opgevangen door "rantsoenering". Indien het tekort echter groter wordt, moet rekening worden gehouden met verminderde productie in de industrie en dienstverlening. Naast het (tijdelijk) staken van de levering van drinkwater is ook de verandering in de vraag naar drinkwater van groot belang. Door evacuatie van besmette gebieden en stilleggen van de productie kan de vraag naar drinkwater sterk afnemen, maar door verhoogde was- en schoonmaakactiviteiten echter weer sterk toenemen. Ook zijn problemen mogelijk bij het beluchten van grondwater tijdens het over-

trekken van de pluim. Staken hiervan kan aanleiding geven tot ongewenste ijzerafzettingen in het leidingnet.

Het blijkt dat scenario M'dijk-Utr gevolgen heeft voor een groot aantal ruwwater- en drinkwaterproductiemiddelen voor de levering van leidingwater aan Noord- en Zuid-Holland. Scenario M'dijk-ZH heeft voornamelijk gevolgen voor de watervoorziening van Zuid-Holland, waarbij speciaal gelet dient te worden op de industrie in het Rijnmondgebied die op zich buiten de te evacueren zone ligt. Het is dan zaak de terreinen waar de productie van ruwwater of drinkwater plaatsvindt, zoals Kralingen en Berenplaat, zo snel mogelijk te reinigen. Ook zal om deze reden de drinkwaterproductie te Dordrecht zo snel mogelijk moeten worden hervat. Met dit scenario moet voorts rekening worden gehouden met doorslag bij duininfiltratie; de verblijftijdspreiding maakt het echter zeer moeilijk om de eventuele overschrijdingsperiode van de interventiewerkwaarden aan te geven. Hoe langer de verblijftijd des te meer mogelijkheden er zijn om aanvullende zuivering toe te passen (wel tegen hoge kosten).

Met scenario WNOP raakt het IJsselmeer besmet, hetgeen gevolgen heeft voor de inname bij Andijk en de leveringen van WRK-III aan Noord-Holland. Het noordelijke deel van deze provincie zal dan gedurende een bepaalde periode geheel afhankelijk zijn van water uit het duingebied. De kwetsbaarheid van het voorzieningssysteem zal dan echter wel toenemen.

Concluderend kan worden gesteld dat de problemen waarvoor de drinkwatervoorziening zich na een ongeval met een kerncentrale in Nederland ziet gesteld, niet gering zijn en dat de kosten om de schade te beperken aanzienlijk kunnen zijn. Een snelle en effectieve hervatting van de drinkwaterlevering is van het grootste belang. Op grond van de onzekerheden die bij dit alles een rol spelen wordt hier afgezien van een schaderaming.

#### **4.4. Overschrijding interventiewerkwaarden oppervlaktewater**

##### **4.4.1. Functieverlies en overschrijdingsduur**

Oppervlaktewater is, behalve voor de drinkwatervoorziening, van belang voor de watervoorziening van onder meer de agrarische sector en de industrie, voor de electriciteitsvoorziening, zandwinning en voor recreatie. Sportvissen als recreatie-activiteit wordt hier niet besproken; dat komt aan de orde in paragraaf 4.7 over visserij. Daarnaast heeft het water een belangrijke ecologische functie, hetgeen eveneens in paragraaf 4.7 aan de orde komt.

Besmetting van landbouwgebieden met radioactiviteit heeft tot gevolg, dat de daarop geteelde gewassen radioactief besmet raken. Dat het polderwater in deze gebieden eveneens besmet raakt en niet meer voor beregening kan worden gebruikt is dan niet meer van belang, omdat de besmette producten toch niet (kunnen) worden afgezet. Hiervoor wordt verwezen naar hoofdstuk 8 in dit rapport. Uitspoelen van radioactiviteit uit de bodem vindt blijkens berekeningen van Grondmechanica Delft nauwelijks plaats, met als gevolg dat de radioactiviteit in de bodem minder snel afneemt dan in het oppervlaktewater, maar wel uitspoeling mogelijk is. Dientengevolge mag worden aangenomen, dat het verloop van de radioactiviteit in het oppervlaktewater in deze gebieden niet bepalend is voor het moment waarop landbouwgronden na radioactieve besmetting weer in productie kunnen worden genomen.

In situaties waarin het land niet besmet raakt en het (aangevoerde) water — dat voor beregening wordt gebruikt — wel, kan de besmetting van het water een beperkende factor vormen voor de afzet van agrarische producten. Deze situatie doet zich voor bij de kastuinbouw in het Westland (scenario M'dijk-ZH) en ten aanzien van de wateraanvoer vanuit het IJsselmeer (scenario M'dijk-Utr en WNOP) en het Haringvliet (scenario M'dijk-Utr en M'dijk-ZH) naar omliggende gebieden.

In droge perioden worden vanuit het IJsselmeer de kop van Noord-Holland en Friesland voorzien van water, en vanuit het Haringvliet kan in droge perioden water worden ingenomen door omliggende gebieden. Voor deze twee wateren zijn berekeningen uitgevoerd om de periode van overschrijding van de (afgeleide) interventiewerkwaarden van het oppervlaktewater te bepalen aan de hand van de in hoofdstuk 2 beschreven scenario's. Tevens zijn indicatieve bere-

keningen uitgevoerd voor het Westland met het oog op de mogelijkheden van beregening in de glastuinbouw ter plaatse.

### Haringvliet en IJsselmeer

In tabel 4.2 is aangegeven wat de overschrijdingsduur is van de gehanteerde interventiewerkwaarden voor oppervlaktewater voor het Haringvliet en het IJsselmeer.

**Tabel 4.2.** Periode van overschrijding interventiewerkwaarden voor oppervlaktewater bij hantering van WO5 en WO50  
Opm.: d=dagen, w=weken, m=maanden.

	case M'dijk-Utr				case WNOP			
	1%		0,1%		1%		0,1%	
	WO5	WO50	WO5	WO50	WO5	WO50	WO5	WO50
Haringvliet*	2m	5w	4w	2w	-	-	-	-
IJsselmeer	3d	0	0	0	12m	6w	6w	3w

\* Uitkomsten voor scenario M'dijk-ZH gelijk aan die voor scenario M'dijk-Utr

De periode van overschrijding varieert van 12 maanden (bij WO5) tot nihil. De relatief kortdurende overschrijding tot 6 weken wordt veroorzaakt door Jodium, bij de langere overschrijdingsduur is Strontium-90 bepalend. Met de scenario's M'dijk-Utr en M'dijk-ZH raakt het Haringvliet sterk besmet. Op grond van de hier gehanteerde uitgangspunten kan worden gesteld dat het water uit het Haringvliet met brontermen 0,1% en 1% twee weken tot twee maanden niet kan worden gebruikt voor beregening en recreatie. Met scenario M'dijk-Utr wordt WO5 voor het IJsselmeer overschreden, maar deze periode is zo kort dat hier geen aandacht aan zal worden besteed. Met scenario WNOP wordt WO in het IJsselmeer 3 weken tot 12 maanden overschreden.

Opgemerkt wordt dat, waar er sprake is van geen of korte overschrijding van WO, het toch gewenst kan zijn de watervoorziening vanuit het IJsselmeer (voor langere tijd) te stoppen. De voorkeur zou kunnen uitgaan naar het zo snel mogelijk afvoeren van de radioactiviteit naar zee en het zo min mogelijk verspreiden van het water door het polderwatersysteem, zelfs als het om een betrekkelijk geringe besmetting gaat.

### Westland

Voor de boezem- en polderwateren van Delfland is een indicatieve berekening uitgevoerd om na te gaan in hoeverre dit water na besmetting (scenario M'dijk-ZH) ongeschikt is voor beregening in de kastuinbouw en hoe lang de interventiewerkwaarden voor oppervlaktewater kunnen worden overschreden. Kassen kunnen worden afgesloten als de radioactieve pluim overtrekt en dus kan besmetting van de kasgrond sterk worden beperkt. Voorzover deze kassen evenwel afhankelijk zijn van oppervlaktewater voor beregening is er toch gevaar voor besmetting.

De afstand tot de bron Moerdijk bedraagt circa 30 km; daar het Westland aan de rand van de pluim ligt (zie figuur 4.1), is gerekend met 10% van de atmosferische depositie binnen de pluim. In de volgende tabel zijn de overschrijdingsperioden voor gebruik van polderwater voor de kastuinbouw aangegeven. Bij besmetting van het water zou kunnen worden besloten tot versneld doorspoelen, daarom is naast een gemiddelde verblijftijd van 40 dagen ook rekening gehouden met een kortere tijd van 20 dagen. Aangezien veel tuinbouwproducten worden geëxporteerd, zal ook een besmetting lager dan het toegestane niveau problemen op kunnen leveren. Terughoudendheid met gebruik van besmet oppervlaktewater en zoveel mogelijk gebruik van onbesmet water van elders zal geboden zijn.



**Tabel 4.3.** Periode van overschrijding werkwaarde voor polderwater in Delfland voor scenario M'dijk-ZH bij hantering van WO5 en WO50 (w=weken)

	gemiddelde verblijftijd			
	40 dagen		20 dagen	
	WO5	WO50	WO5	WO50
1% bronterm	6w	3w	5w	3w
0,1% bronterm	3w	1w	2w	1w

#### 4.4.2. Gevolgen voor de oppervlaktewatervoorziening

Oppervlaktewater wordt naar omringende gebieden aangevoerd ten behoeve van het kwantitatieve en kwalitatieve waterbeheer. Het kwantitatieve waterbeheer betreft aanvoer van oppervlaktewater voor peilhandhaving, onder meer ten behoeve van scheepvaart en voor watervoorziening van met name de agrarische sector. Vanuit kwaliteitsoogpunt worden eisen gesteld aan het oppervlaktewater met betrekking tot zoutgehalte en de eutrofiëringstoestand. Verbetering van de kwaliteit wordt onder meer bereikt met doorspoelen. Indien de interventiewerkwaarden voor oppervlaktewater worden overschreden en geen water kan worden ingenomen uit de bekkens, levert dit een schade op die sterk afhankelijk is van de weersomstandigheden. In natte perioden is er water in overvloed en dient dit vanuit de polders te worden uitgeslagen naar de bekkens. In droge zomerperioden daarentegen moet ter aanvulling oppervlaktewater in de polders worden ingenomen, waarbij de hoeveelheid afhangt van de droogte in het betreffende jaar.

##### IJsselmeer

Het niet in kunnen nemen van oppervlaktewater in de zomerperiode in gebieden rond het IJsselmeer leidt tot droogteschade voor de agrarische sector van f 60 mln oplopend tot f 1500 mln per jaar voor een extreem droog jaar. Het gewogen gemiddelde komt uit op circa f 250 mln per jaar. Dit betreft de verminderde produktie tegen constante prijzen in het eerste groeiseizoen na het ongeval. De schade in daaropvolgende jaren is bij de gehanteerde WO's verwaarloosbaar.

Naast deze aanname met betrekking tot droogteschade wordt verder aangenomen dat het niet kunnen beregenen in het groeiseizoen een verminderde produktie oplevert van f 40 mln per week en dat met het aanwezige water nog een week in de behoefte kan worden voorzien. Voor het scenario WNOP is de produktievermindering voor de 1% bronterm f 250 mln en voor de 0,1% bronterm ca f 210 mln bij WO5. Bij hantering van WO50 zijn deze bedragen resp. f 210 en f 80 mln. In de winter is er geen produktievermindering te verwachten bij cases met een overschrijdingsduur van minder dan een half jaar.

Andere belangen als scheepvaart (geringe diepgang ten gevolge van peilverlaging) en de oppervlaktewatervoorziening van de industrie en de nutsbedrijven in Friesland en Noord-Holland zouden kunnen worden geschaad.

De scheepvaart kan in haar mogelijkheden worden beperkt enerzijds door ondiepte in de binnenvaarwegen en anderzijds doordat het schutten van schepen van niet besmette binnenwateren naar het IJsselmeer en omgekeerd mogelijk zal worden beperkt. Een ruwe indicatie voor de meerkosten van transport over de weg (als scheepvaart niet mogelijk is) is op jaarbasis een bedrag van f 120 tot f 240 mln. Rekening houdend met het gegeven, dat pompinstallaties in de sluizen voor het terugpompen van besmet water om schutverliezen te voorkomen niet onmiddellijk operationeel zijn, is voor de drie verschillende overschrijdingsduren met scenario WNOP (zie tabel 4.2) een indicatieve kostenraming opgesteld die varieert van f 7 mln tot f 45 mln.

Een langdurige onderbreking van de waterinname uit het IJsselmeer kan de industrie in Friesland voor problemen plaatsen. Onvoldoende mogelijkheden tot koeling betekent dat productieprocessen moeten worden gestopt, hetgeen tot schadeposten kan leiden. Indien er sprake is van een onderbreking van de waterinname uit het IJsselmeer van slechts enkele weken, is aangenomen — gegeven het geringe netto verbruik en het belang dat de industrie heeft bij het oppervlaktewater — dat de industrie mag doorgaan met water onttrekken tot dit niet meer beschikbaar is. Op deze wijze moeten enkele weken overbrugd worden en dientengevolge zijn voor deze gevallen weinig kosten te verwachten.

Case WNOP 1% met interventiewerkwaarde WO5 resulteert in een innamestop uit het IJsselmeer van 12 maanden. De kosten voor de industrie zijn dan afhankelijk van velerlei factoren, waaronder de meteorologische omstandigheden, de mogelijkheden en de snelheid waarmee bedrijfsprocessen kunnen worden aangepast, en de mogelijkheid en de snelheid waarmee op andere wijze in de koelbehoefte kan worden voorzien (grondwater, luchtkoeling). Gegeven de vele onzekerheden is ervan afgezien een kostenbedrag te ramen.

In Bergum in Friesland bevindt zich een electriciteitscentrale, die in 1986 ruim 500 mln m<sup>3</sup> oppervlaktewater gebruikte voor koeling. Hoewel ook in dit geval het netto verbruik veel kleiner is, is deze hoeveelheid van een dusdanige omvang dat zich bij daling van het oppervlaktewaterpeil problemen kunnen voordoen bijvoorbeeld met de aanzuiging en/of warmtecirculatie. De electriciteitsproductie kan tijdelijk worden overgenomen door andere centrales; de verschillen in productiekosten tussen centrales kunnen oplopen tot enkele centen per kWh. Het kostenbedrag dat hieruit resulteert varieert van f 2 mln tot f 12 mln.

Een langdurige peilverlaging van oppervlaktewater in poldergebieden, ten gevolge van het niet kunnen innemen van oppervlaktewater uit het IJsselmeer, resulteert ook in verlaging van het grondwaterpeil. Verlaging hiervan kan bijvoorbeeld resulteren in bodeminklinking, waardoor de productiviteit van de grond sterk afneemt, en in verzakking van kademuren en dergelijke. Deze effecten zijn na afloop niet meer ongedaan te maken. Dit is te voorkomen door zout water in te laten. De daarmee gepaard gaande verzilting leidt echter weer tot andere negatieve effecten. In die zin kan het stoppen van de waterinname gedurende 12 maanden (1% bronterm, WO5) grote gevolgen hebben.

#### **Haringvliet**

Voor het Haringvliet is het effect van het niet kunnen innemen van oppervlaktewater met de scenario's M'dijk gering; het betreft uitsluitend water voor beregening. Met een voor wat betreft de watervoorziening kritische periode van zes weken kan het effect met 0,1%-bronterm en werkwaarde WO50 worden verwaarloosd.

#### **4.4.3. Overige gevolgen**

Belangrijke aan water gebonden **recreatieve activiteiten** zijn zwemmen, surfen, zeilen en oeverrecreatie. Gegevens over de waardering van deze activiteiten zijn schaars.

Ten aanzien van de recreatie speelt ook de radioactiviteit in de bodembezinking een rol, omdat bij activiteiten als zwemmen en surfen (die veelal in de ondiepe gedeelten aan de oevers plaatsvindt) opwerveling van deze bezinking zal optreden. Daar nucliden als Cesium en Strontium voor een groot deel aan de bodembezinking gebonden zijn (adsorptie), kan opwervelen plaatselijk tot verhoging van de radioactiviteit in het water leiden. Zelfs als de gehanteerde norm voor oppervlaktewater niet worden overschreden kunnen recreatieve activiteiten als zwemmen en surfen vanuit volksgezondheidsoogpunt toch ongewenst zijn. Voor activiteiten in oppervlaktewater waarbij contact met de bodem mogelijk is dient derhalve met langere perioden van buiten gebruikstelling rekening te worden gehouden.

Met scenario M'dijk-ZH trekt de radioactieve pluim over een groot deel van de Noord- en Zuid-Hollandse stranden. Dit heeft gevolgen voor het strandbezoek en de daarvan afhankelijke toeristenindustrie. Radioactieve besmetting van stranden in dit gebied, zelfs al betreft het slechts een deel van het Noord- en Zuid-Hollandse strand, kan een verlies in de orde van enige honderden miljoenen opleveren. Een soortgelijke argumentatie kan worden gegeven voor

scenario WNOP voor de recreatie in en om de Waddenzee.

Een belangrijk punt is voorts nog, dat het veel tijd kost om een door een kernongeval verworven slechte naam van de kuststrook in toeristische zin weer te verbeteren. Door de vele onzekerheden zijn voor watergebonden recreatie hier verder geen schaderamingen opgesteld.

Het water uit het Haringvliet en het IJsselmeer kan ter plaatse op een **directe** wijze worden gebruikt door de industrie en door nutsbedrijven. Hiervan wordt tot op heden nauwelijks gebruik gemaakt; reden waarom geen berekeningen zijn uitgevoerd.

**Zand** begint steeds schaarser te worden en er wordt naarstig gezocht naar nieuwe winplaatsen. In geval van een ongeval met een kerncentrale raakt het zand in het Haringvliet of het IJsselmeer radioactief besmet, waardoor het als grondstof sterk aan waarde inboet. Dit leidt tot hogere kosten o.a. door extra-transport; deze kosten worden geraamd op f 20 mln tot 30 mln per jaar.

De **kastuinbouw** gebruikt ca 40 mln m<sup>3</sup> water per jaar, deze wordt verkregen via regenwater (opvangbekkens) en oppervlaktewater. Voorts wordt 4 à 5 mln m<sup>3</sup> drinkwater gebruikt. Met het oog op de kwaliteit van het water (zoutgehalte) is een pijpleiding gepland om oppervlaktewater uit het Brielse meer aan te voeren en te suppleren aan het oppervlaktewater in het Westland. De besmetting van dit oppervlaktewater blijft dus bepalend voor de besmetting van de produkten. De mogelijkheden om met meer drinkwater in de behoefte te voorzien zijn beperkt, derhalve zal zeker in droge perioden rekening gehouden moeten worden met de verminderde produktie. Dit produktieverlies kan worden beperkt als regenwaterbekkens worden geleegd en doorgespoeld. Productieverliezen in de agrarische sector zijn geraamd door het LEI en zijn weergegeven in hoofdstuk 8.

#### 4.5. Gevolgen voor de visserij

##### 4.5.1. Overschrijdingsduur

Besmetting van het oppervlaktewater heeft ook tot gevolg dat de daarin levende organismen met radioactiviteit besmet raken. Dit heeft dus gevolgen voor de visserij. Naarmate de wateren kleiner zijn zal de radioactieve besmetting over het algemeen door afspoeling ernstiger zijn, omdat bij grotere wateren een sterkere verdunning optreedt. Vissen nemen slechts langzaam radioactiviteit uit het water op, maar staan die ook weer langzaam af wanneer ze in onbesmet water komen. In vrijwel onbesmet water kan dus nog relatief lang besmette vis rondzwemmen.

Radioactieve besmetting van het **Haringvliet** (scenario M'dijk-Utr en -ZH) en het **IJsselmeer** (scenario M'dijk-Utr en WNOP) leidt tot produktieverlies in de beroepsvisserij en vormt een bedreiging voor de sportvisserij. In tabel 4.4 is de overschrijdingsduur van interventiewerkwaarden voor vis aangegeven; Cesium-137 is in alle gevallen de oorzaak van de overschrijding.

**Tabel 4.4.** Overschrijdingsduur van werkwaarden voor vis (WV)  
d=dagen, m=maanden

	case M'dijk-Utr				case WNOP			
	1%		0,1%		1%		0,1%	
	WV5	WV50	WV5	WV50	WV5	WV50	WV5	WV50
Haringvliet*	18m	13m	14m	8m	-	-	-	-
IJsselmeer	3j	8d	8m	0	9j	6j	7j	4j

\* Uitkomsten voor M'dijk-ZH zijn gelijk aan die voor M'dijk-Utr.

Met scenario WNOP wordt de Waddenzee en daarmee ook de Noordzee besmet. Ook vindt besmetting plaats door radioactief water dat uit het Haringvliet (M'dijk) in de Noordzee stroomt en vervolgens langs de kust naar de Waddenzee. De verdelingscoëfficiënten bodemwater zijn in zout water kleiner dan in zoet water. Het gebied van de Waddenzee dat besmet raakt bij scenario WNOP komt ongeveer overeen met de kombergingsgebieden van Texel en het Eierlandse gat. De gemiddelde diepte is 4,2 m. Aangenomen is dat door het tij aangevoerde water voor zo'n 10% uit vers water bestaat. De overige 90% van het water stroomt steeds in en uit deze gebieden. De gemiddelde verblijftijd van het water aldaar is 15 dagen; de afstand van de locatie WNOP tot de Waddenzee is 40-60 km. Geen rekening is gehouden met de aanvoer van radioactief besmet water uit het IJsselmeer. In tabel 4.5 is de overschrijdingsduur aangegeven voor de verschillende cases en interventiewerkwaarden.

Tabel 4.5. Overschrijdingsduur van werkwaarden voor vis uit de Waddenzee (w=weken)

case	WV5	WV50
WNOP 1%	4w	0w
WNOP 0,1%	8w	2w

\* de langere overschrijdingsduur bij bronterm 0,1% is het gevolg van de grotere lozingshoogte (zie tabel 2.1).

Met scenario M'dijk-ZH vindt besmetting van de Noordzee plaats voor de kust van Noord- en Zuid Holland. Deze is min of meer vergelijkbaar met de besmetting van de Waddenzee met scenario WNOP; de cijfers voor de Waddenzee zouden dus als indicatie kunnen dienen. De waterdiepte neemt vanaf de kust snel toe, waardoor in de diepere delen een sterke verdunning optreedt. Hierdoor zal de besmetting van vis die zich hoofdzakelijk in dieper water ophoudt en van vis die zich snel verplaatst niet gauw tot overschrijding van interventiewerkwaarden leiden. Dit laatste zal wel gebeuren met vissen en ongewervelden die dicht onder de kust leven en/of zich weinig verplaatsen.

#### 4.5.2. Produktieverlies visserij

Door opeenhoping van langlevende nucliden (met name Cesium-137) in de bodem kunnen vissen en ongewervelden die dicht bij of op de bodem leven tumoren of genetische afwijkingen ontwikkelen. Voor de populaties zal dit echter niet zo veel betekenen; daarom wordt niet verwacht dat dit veel betekenis zal hebben voor de **ecologische functie**.

De ondiepere gedeelten van de Noordzee en de Waddenzee fungeren in belangrijke mate als kraamkamer voor vis en ongewervelden. Langdurige besmetting (ook als deze niet tot overschrijding van de interventiewerkwaarden leiden) zou deze functie kunnen aantasten. Andere dieren, die vis als voedsel op het menu hebben staan, kunnen individueel effecten ondervinden van het eten van grote hoeveelheden besmette vis. Zeehonden, waarvan het voortbestaan in de Waddenzee wordt bedreigd door de heersende verontreiniging, zijn in dit opzicht vermoedelijk het meest kwetsbaar.

De productie van de door de **beroepsbinnenvisserij** aangevoerde zoetwatervis wordt geraamd op ca f 40 mln per jaar, waarvan het IJsselmeer de helft voor zijn rekening neemt. Voor het Haringvliet is dit f 2 mln en de overige wateren nemen dus f 18 mln voor hun rekening. Het zwaartepunt van de visserij ligt bij paling. Bij de ramingen voor de beroepsbinnenvisserij zijn de volgende aannamen gehanteerd:

- de duur van functie- c.q. afzetverlies wordt gelijk gesteld aan de periode van overschrijding
- Naast produktievermindering voor de visserij op het IJsselmeer en Haringvliet wordt ook de visserij op andere binnenwateren getroffen. Aangenomen wordt dat voor deze wateren bij scenario M'dijk-Utr gevolgen ontstaan voor 30% van de binnenvisserij; voor de scenario's M'dijk-ZH en WNOP is dit resp. 10% en 0%
- de periode van overschrijding van interventiewerkwaarden is voor de overige binnenwateren afhankelijk van de afstand tot de bron. Voor deze studie zijn "gemiddelden" geschat

op basis van de berekende perioden voor het Haringvliet en het IJsselmeer. Gewerkt is met perioden van 5 jaar (1% bronterm en WV5), 3 jaar (0,1% bronterm en WV5, alsmede 1% en WV50) en 2 jaar (0,1% bronterm en WV50).

De schade aan de sportvisserij laat zich niet vaststellen in termen van een economisch verlies. De sportvisser ervaart minder genoegen aan het vissen en zal in een aantal gevallen meer reiskosten moeten maken om te kunnen vissen in onbesmet water.

De opbrengst van de visserij in de Waddenzee kan worden gesteld op ongeveer f 100 mln per jaar. Het betreft hier voornamelijk ongewervelden zoals mosselen, kokkels en garnalen. De produktievermindering kan oplopen tot f 50 mln per jaar. Voor scenario WNOP kan de vermindering worden geraamd op f 4 mln voor de 1% bronterm en f 8 mln voor de 0,1% bronterm (lozingshoogte!) bij hantering van WV5. Voor WV50 is geen vermindering te verwachten bij de 1% bronterm; voor de 0,1% bronterm is het produktieverlies f 2 mln.

De produktie van de visvangst op de Noordzee bedraagt thans meer dan f 800 mln. De pluim met scenario M'dijk-ZH bestrijkt belangrijke visgronden, maar het is moeilijk vast te stellen welk verlies daar nu voor de Noordzeevisserij uit voortvloeit. Als indicatie zou het voor de Waddenzee berekende produktieverlies van f 50 mln/jaar kunnen dienen, daar het ook hier voornamelijk om dicht onder de kust levende vissen en andere organismen gaat (platvis, zoals tong en schol, en ongewervelden zoals garnalen).

Gerichte maatregelen ter beperking van het verlies voor de visserij zijn niet goed mogelijk. In de volgende tabellen wordt een overzicht gegeven van het totale verlies voor de visserij. Bedacht moet worden dat het hier om indicatieve ramingen gaat die de orde van grootte aangeven. Zoals te verwachten vallen de ramingen bij de hantering van WV5 hoger uit dan bij WV50.

**Tabel 4.6.** Geraamd produktieverlies in mln guldens in het eerste jaar en volgende jaren voor de diverse cases bij de hantering van WV5

	case M'dijk-Utr		case M'dijk-ZH		case WNOP	
	1%	0,1%	1%	0,1%	1%	0,1%
binnenvisserij	14	11	2	2	10	10
waddenzeevisserij	-	-	-	-	4	8
noordzeevisserij	-	-	4	8	-	-
<b>totaal eerste jaar</b>	<b>14</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>14</b>	<b>18</b>
<b>tweede en volgende jaren*</b>	<b>30</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>65</b>	<b>51</b>
<b>totaal</b>	<b>44</b>	<b>17</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>79</b>	<b>69</b>

**Tabel 4.7.** Geraamd productieverlies voor de visserij volgens case op basis van WV50 in mln gulden, voor eerste en volgende jaren

	case M'dijk-Utr		case M'dijk-ZH		case WNOP	
	1%	0,1%	1%	0,1%	1%	0,1%
beroepsvisserij	9	4	2	2	10	10
waddenvisserij	-	-	-	-	0	2
noordzeevisserij	-	-	0	2	-	-
<b>totaal eerste jaar</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>12</b>
<b>tweede en volgende jaren*</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>43</b>	<b>27</b>
<b>totaal</b>	<b>15</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>53</b>	<b>39</b>

\* disconteringsvoet 5% over een periode van 7 à 8 jaar

Niet ondenkbaar is dat de visserij meer verlies zal ondervinden dan hier is geraamd. Zo kan de afzet van vis en visproducten, evenals dat het geval kan zijn met agrarische producten, uit de besmette wateren ernstige problemen ondervinden. In het verleden is al gebleken dat de consument zeer gevoelig is voor besmetting van dergelijke producten. Als dit vis en visproducten uit de Noord- en Waddenzee betreft kan het verlies, zeker in het eerste jaar, oplopen tot enkele honderden miljoenen gulden. Hier kan nog aan worden toegevoegd, dat de afhankelijkheid van de handel en de voedingsmiddelenindustrie van de aanvoer van verse vis en andere organismen zal leiden tot aanzienlijke verliezen aldaar.

## 5. VERLIES ELEKTRICITEITSCENTRALE EN DE ERMEE SAMENHANGENDE ECONOMISCHE SCHADE

### 5.1. Algemeen

In de voorgaande hoofdstukken is uitgebreid aandacht besteed aan de aard van een ongeval dat met een kerncentrale kan plaatsvinden. De gevolgen van zo'n ongeval betreffen a) de kerncentrale zelf, b) de omgeving van de centrale als gevolg van radioactieve besmetting. De economische schade kan in dezelfde twee onderdelen worden gesplitst. In het voorliggende hoofdstuk zal de economische schade worden becijferd die een gevolg is van het verlies van de centrale zelf<sup>1)</sup>. In de daaropvolgende hoofdstukken komt de economische schade die buiten de centrale wordt veroorzaakt uitgebreid aan de orde.

Bij de te maken ramingen is uitgegaan van de fictie dat reeds in 1985 een kerncentrale aanwezig was in Moerdijk, respectievelijk aan de Westelijke Noordoostpolderdijk en dat in datzelfde jaar het veronderstelde ongeval heeft plaatsgevonden. Deze hypothese moet noodgedwongen gemaakt worden, voornamelijk omdat de voor de raming noodzakelijke gedetailleerde gegevens omtrent het gebruik van het getroffen gebied vanzelfsprekend niet voor de toekomst voorhanden zijn.

Het tenietgaan van de centrale zelf betekent een verlies aan capaciteit voor de opwekking van electriciteit. De waarde van dit verlies kan worden gelijkgesteld aan de vervangingskosten van eenzelfde opwekkingscapaciteit van het goedkoopste alternatief, ervan uitgaande dat dit geen kerncentrale meer zal zijn. Hoewel men op theoretische gronden voor de berekening van deze schade zou moeten uitgaan van vervanging door een kerncentrale, is in dit verband uitgegaan van een vervangende kolencentrale.

Het uitvallen van een kerncentrale door een ongeval leidt tot de noodzaak enerzijds de centrale te ontsmetten en te ontmantelen, anderzijds compenserende maatregelen te treffen teneinde de elektriciteitsvoorziening veilig te stellen. Beide gevolgen doen economische effecten ontstaan. De kosten verband houdende met de elektriciteitsvoorziening kunnen worden geanalyseerd door onderscheid te maken tussen de veranderingen die optreden bij de elektriciteitsproductie (de aanbodzijde) en de veranderingen in de vraag naar electriciteit (de vraagzijde). Deze laatste wordt beïnvloed doordat het uitvallen van de kerncentrale het gevolg is van een ongeval dat, afhankelijk van de gehanteerde bronterm, gebieden in de omgeving van de centrale ongeschikt kan maken voor wonen en/of werken. In paragraaf 5.2 zal worden ingegaan op de kosten die moeten worden gemaakt omde weggevallen elektriciteitsproductie van de kerncentrale te compenseren; daarbij wordt ervan uitgegaan dat herstel van de centrale bij geen van de twee brontermen tot de mogelijkheden behoort. Daarna komt in paragraaf 5.3 de vraagreductie aan de orde, die met name ontstaat doordat gedurende een bepaalde tijd in het getroffen gebied de werkfunctie wordt aangetast. In paragraaf 5.4. worden de kosten van ontsmetting en ontmanteling van de kerncentrale behandeld, terwijl het hoofdstuk wordt afgesloten met een korte samenvatting.

### 5.2. Wegvallend produktievermogen bij gelijkblijvende vraag in 1985

#### 5.2.1. Inleiding

In het onderstaande wordt becijferd wat de economische gevolgen zijn die ontstaan indien het ongeval met de kerncentrale zich had voorgedaan in 1985, veronderstellende dat een kerncentrale met een vermogen van 1000 MWe aanwezig zou zijn geweest. Bij de berekeningen is

<sup>1)</sup> Voor een gedetailleerde behandeling wordt verwezen naar het NEI-deelrapport SPH-06-20.

uitgegaan van de vanaf 1985 tot en met 1992 verwachte overcapaciteit in elektriciteitsvermogen in Nederland<sup>2)</sup>). Dit betekent dat gedurende de eerste 7 jaar na het ongeval de elektriciteitsproductie van de weggevallen kerncentrale kan worden overgenomen door de overige opgestelde centrales en dat gedurende die periode uitsluitend behoeft te worden gerekend met extra brandstofkosten. Slechts aan het einde van die periode van 7 jaar dient ervoor te worden gezorgd dat vervangend vermogen aanwezig is.

Denkbaar is dat in afwachting van nieuw basislastvermogen elektriciteit wordt geïmporteerd, maar deze mogelijkheid wordt hier buiten beschouwing gelaten. Uitgangspunt is dus dat de functie van de weggevallen kerncentrale tijdelijk zal worden overgenomen door het toch aanwezige overtollige productievermogen in het binnenland. Dit betekent overigens wel dat de kwetsbaarheid van het systeem toeneemt.

### 5.2.2. De extra brandstofkosten gedurende 1985-1992

Teneinde de extra brandstofkosten te kunnen bepalen dient bekend te zijn met welke brandstof de vereiste hoeveelheid elektriciteit zal worden opgewekt. Gelet op de samenstelling van het brandstoffenpakket in 1985 wordt aangenomen dat de vereiste hoeveelheid elektriciteit ter grootte van 6 TWh (de uitgevallen kerncentrale had een vermogen van 1000MWe bij een voorzichtig geraamde bedrijfstijd van ca. 6000 uur per jaar) zal worden opgewekt met gas of kolen of met beide brandstoffen.

Indien gas wordt gekozen, zijn de extra brandstofkosten geraamd op f 3260 miljoen (waarbij is gekapitaliseerd over 7 jaar). Indien kolen worden gekozen, bedragen de extra brandstofkosten f 1250 miljoen (eveneens gekapitaliseerd over 7 jaar). Hierbij past de aantekening dat de brandstofprijzen in 1985 naar huidige maatstaven relatief hoog was. Uiteindelijk zullen de extra brandstofkosten, afhankelijk van de vraag of kolen danwel gas of een combinatie van beide zullen worden gebruikt, tussen de twee genoemde bedragen inliggen.

De overgang van uranium op fossiele brandstoffen kan consequenties hebben voor de belasting van het milieu (luchtverontreiniging, broeikas-effect). Aangezien de economische schade daarvoor in dit stadium moeilijk is te berekenen, is afgezien van een raming.

### 5.2.3. De kosten van vervangend vermogen

Zoals eerder aangegeven, wordt aangenomen dat na het ongeval voorbereidingen worden getroffen om in 1992 de beschikking te hebben over vervangend basislastvermogen. Dit basislastvermogen kan een kolencentrale zijn, een gasgestookte centrale of een nieuwe kerncentrale. Gelet evenwel op het plaats gehad hebbende ongeval, wordt verondersteld dat de keuze zal vallen op een kolencentrale dan wel een gascentrale.

Voor een kolencentrale zijn de kosten berekend op f 1460 miljoen. Daarbij is uitgegaan van een bouwtijd van 5 jaar, specifieke investeringskosten van f 1800/kW (prijzen 1985), een bouwrente van 5% en een discontering naar 1985.

Niet dit gehele bedrag hoeft echter ten laste van het ongeval te worden gebracht. Hiervoor zijn twee, als uitersten op te vatten, situaties te onderscheiden. Indien de kerncentrale in 1985 in bedrijf was gesteld, resteren ten tijde van het ongeval bij een levensduur van 25 jaar nog 25 jaar. Daar door het uitvallen van de kerncentrale gedurende de veronderstelde overcapaciteit nationaal geen toegevoegde waarde verloren gaat, komt echter slechts 18/25 deel van de kosten van de vervangende kolencentrale ten laste van het ongeval. Derhalve:  $18/25 \times f 1460 \text{ miljoen} = f 1050 \text{ miljoen}$ .

Viel evenwel het tijdstip van het ongeval samen met het einde van de levensduur van de kerncentrale, dan komen de kosten van de vervangende centrale in het geheel niet ten laste van het ongeval. Wel dient nog rekening te worden gehouden met de extra brandstofkosten van de kolencentrale gedurende 18 jaar na 1992, kontant gemaakt naar het jaar 1985, hetgeen neerkomt op f 1790 miljoen.

<sup>2)</sup> Zie in dit verband: Electriciteitsplan 1987-1996, maart 1987.



De kosten van een **gasgestookte centrale** als vervangend vermogen worden berekend langs dezelfde lijnen als die van de kolencentrale. Ook bij een gascentrale wordt een bouwtijd van 5 jaar verondersteld, terwijl uitgegaan wordt van specifieke investeringskosten van  $f$  1200/kW. Bij een bouwrente van 5% en kontant gemaakt naar 1985 komt de gascentrale op  $f$  970 miljoen.

Naar analogie van de kolencentrale variëren de ten laste van het ongeval komende investeringskosten van  $f$  0 miljoen tot  $18/25 \times f$  970 miljoen =  $f$  698 miljoen. Beide bedragen dienen nog verhoogd te worden met de extra brandstofkosten van een gascentrale ten opzichte van een kerncentrale gedurende 18 jaar na 1992, welke kosten kontant gemaakt naar het jaar 1985  $f$  4680 miljoen bedragen.

In deze analyse zijn buiten beschouwing gelaten:

- de eventuele invloed van nieuwe investeringen ten behoeve van de electriciteitsproductie op de kapitaalmarkt
- de mogelijke invloed op de betalingsbalans voor het geval kolen in plaats van uranium moet worden geïmporteerd
- het verschil in exploitatiekosten tussen een kernenergiecentrale en een kolen- of gasgestookte centrale.

#### 5.2.4. De totale kosten van wegvallend productievermogen bij gelijkblijvende vraag in 1985

De gemaakte berekeningen kunnen thans als volgt worden samengevat. Indien in 1985 een ongeval had plaatsgehad in een in dat jaar aanwezig geweest zijnde kerncentrale van 1.000 MWe, dan zou de economische schade kunnen worden becijferd op de volgende omvang.

- 1) Extra brandstofkosten gedurende 1985-1992, variërend van  $f$  1250 miljoen tot  $f$  3264 miljoen, ervan afhankelijk of kolen dan wel gas worden gebruikt.
- 2) De kosten van vervangend vermogen, die variëren van  $f$  0 tot  $f$  1051 miljoen afhankelijk van de resterende levensduur van de verloren gegane kerncentrale, indien gekozen wordt voor kolen en van  $f$  0 tot  $f$  698 miljoen indien wordt gekozen voor gas.
- 3) Extra brandstofkosten na 1992 ten bedrage van  $f$  1794 miljoen indien gekozen wordt voor een kolencentrale en  $f$  4685 miljoen indien wordt gekozen voor vervangend gasvermogen. Deze bedragen gelden slechts indien de resterende levensduur van de getroffen kerncentrale maximaal was (25 jaar).

De laagste kosten van  $f$  1,25 miljard doen zich voor indien in afwachting van nieuw basislastvermogen de weggevallen elektriciteitsproductie kan worden overgenomen door kolengestookte centrales en de kerncentrale geen resterende levensduur te zien geeft. De hoogste kosten ter grootte van  $f$  8,6 miljard doen zich voor indien gedurende 1985-1992 gasgestookte centrales de productie van de kerncentrale overnemen, de resterende levensduur van de kerncentrale maximaal is en gas wordt gekozen als brandstof voor het vervangend vermogen.

#### 5.3. Wegvallend produktievermogen en vraagreductie

Bij bepaalde in beschouwing genomen brontermen is de besmetting met radionucliden van in de omgeving van de kerncentrale gelegen gebieden dusdanig, dat wonen en werken ook met decontaminatie van het gebied enige tijd onmogelijk worden. Met name de aantasting van de werkfunctie zal er dan toe leiden dat de vraag naar elektriciteit afneemt. In de eerste plaats vanwege de in de besmette gebieden wegvallende vraag van bedrijven. In de tweede plaats zullen ook de economische activiteiten in overig Nederland in verband met de economische verwevenheid tussen regio's een nadelige invloed ondervinden, waardoor ook daar naar verwacht mag worden de vraag naar elektriciteit zal afnemen.

Door uit te gaan van het kengetal dat het elektriciteitsverbruik in kWh geeft per miljoen gulden produktiewaarde per bedrijfsklasse, is op basis van de geraamde produktieverliezen per bedrijfsklasse in de getroffen regio's alsmede door de doorwerking in overig Nederland in de

periode tot één jaar na het ongeval (zie hoofdstuk 8), de daling in de elektriciteitsvraag bepaald door een achttal gevallen.

**Tabel 5.1.** Daling elektriciteitsvraag en de ermee gepaard gaande kostenbesparingen

case		interventie werkwaarde WE	Daling in TWh	elektriciteitsvraag in mln gld
Moerdijk-Utrecht	1%	50/50	0,35	23
Moerdijk-Utrecht	1%	250/250	0,32	21
Moerdijk-Utrecht	0,1%	50/50	0,29	19
Moerdijk-Utrecht	0,1%	250/250	0,29	19
Moerdijk-Z-Holland	1%	50/50	0,72	47
Moerdijk-Z-Holland	1%	250/250	0,37	24
Moerdijk-Z-Holland	0,1%	50/50	0,30	20
Moerdijk-Z-Holland	0,1%	250/250	0,29	19

Uitgaande van het feit dat de extra brandstofkosten per jaar per KWh gemiddeld  $f$  0,065 bedragen, kunnen op grond van bovenstaande cijfers de besparingen in extra kosten worden berekend. De resultaten van deze berekeningen staan eveneens in deze tabel vermeld. De kostenbesparing blijkt te variëren van ca.  $f$  19 miljoen tot  $f$  47 miljoen. Bezien we dit in het licht van de totale kosten, zoals deze zijn weergegeven in paragraaf 5.2.4, dan blijkt dat de invloed van tijdelijke vraaguitval op deze kosten als marginaal kan worden bestempeld.

#### 5.4. De kosten van ontsmetting en ontmanteling van de kerncentrale

Na een ongeval met een kerncentrale, waarbij een lozing van radioactieve stoffen optreedt ter grootte van een 0,1%- of 1%-bronterm, zal de centrale moeten worden ontsmet en vervolgens ontmanteld. Ontmanteling zou ook plaatsgevonden moeten hebben aan het eind van de levensduur van de centrale. Onder normale omstandigheden wordt daarvoor een reservering opgebouwd. Het ongeval dwingt tot een vervroegde ontmanteling, hetgeen kosten met zich meebrengt waarvan de omvang afhangt van de levensduurverkorting.

Met ontsmetting en opruiming van kerncentrales na ongevallen zoals gepostuleerd in de onderhavige studie is geen enkele ervaring. Dit betekent dat een kostenraming van dergelijke operaties uitermate moeilijk is. Als basis wordt gebruik gemaakt van cijfermateriaal uit een studie van Burke, Aldrich en Rasmussen<sup>3)</sup>. Zij vergelijken drie categoriën ongevallen, waarbij de tweede categorie als kenmerk heeft wel kernsmelting maar geen bezwijking van het reactorvat (ongeveer het TMI-2 ongeval) en de derde categorie na kernsmelting tevens bezwijking van het reactorvat.

Voor de schoonmaak- en opruimkosten van een kerncentrale na een ongeval, waarbij na smelten van de reactorkern tevens het reactorvat bezwijkt, ramen Burke, Aldrich en Rasmussen de kosten ergens tussen \$ 800 miljoen en \$ 2500 miljoen met een verwachting van \$ 1700 miljoen. Hierin zijn tevens de kosten van R&D begrepen. De spreiding in deze raming is onder meer zo groot vanwege de onzekerheid welke ontsmettingswerkzaamheden na een dergelijk ongeval zouden kunnen worden ondernomen en de effectiviteit daarvan. Hoewel het Tsjernobyl-ongeval qua besmetting van de centrale zelf misschien met een dergelijk ongeval te vergelijken valt, zijn in dat geval geen langdurige schoonmaakwerkzaamheden aan de centrale uitgevoerd, maar is deze ingesloten in een sarcofaag. Er is dus uit dat ongeval, wat ontsmettingswerkzaamheden aan de centrale betreft, geen lering te trekken.

<sup>3)</sup> R. P. Burke, D. C. Aldrich en N. C. Rasmussen, Economic risks of nuclear power reactor accidents. NUREG/CR-3673, april 1984.

De in het onderhavige rapport beschouwde brontermen gaan gepaard met het ongevalsverloop als hierboven vermeld: na het smelten van de kern zou na verloop van tijd het reactorvat bezwijken, gevolgd door lozing van radioactieve stoffen hetzij na (grootschalig) falen van de reactorinsluiting via de bijgebouwen (1%-bronterm), danwel via filters door de schoorsteen (0,1%-bronterm. Dit betekent dat de reactorinsluiting en in mindere mate het reactorgebouw ernstig besmet zouden worden.

Uitgaande van de veronderstelling dat een zelfde soort schoonmaak- en ontmantelingsprogramma zou worden gevolgd als na het TMI-2 ongeval, kan gebruik worden gemaakt van de desbetreffende kostenramingen. Het TMI-programma loopt door tot 1990; de totale kosten worden geraamd op ca. \$ 1 miljard. De raming voor uitsluitend schoonmaak en ontmanteling voor TMI bedraagt ca. \$ 250 miljoen. Voor een ernstiger ongeval zoals beschouwd in dit rapport kan, gezien de grotere verspreiding van radioactieve stoffen in het reactorgebouw, een bedrag tussen \$ 500 miljoen en \$ 750 miljoen worden verwacht. Voor R&D-uitgaven en andere bijkomende kosten zou, afhankelijk of en in hoeverre gebruik kan worden gemaakt van eerder opgedane ervaring, een bedrag variërend van \$ 450 miljoen tot \$ 600 miljoen kunnen worden opgevoerd. Afhankelijk van de tijdsduur van de hele operatie zou daar dan nog een bedrag bijkomen van \$ 200 miljoen (8 jaar) tot \$ 300 miljoen (12 jaar) voor "cold iron"-kosten; dit zijn kosten die uitsluitend moeten worden gemaakt ten behoeve van werkzaamheden om tijdens de ontsmetting de centrale in een stabiele conditie te houden. Gezien de samenhang tussen schoonmaken en ontmanteling wordt ervan uitgegaan dat genoemde bedragen inclusief de extra kosten als gevolg van vervroegde ontmanteling zijn.

Bovenstaande getallen indiceren dat, na een ongeval als beschouwd in dit rapport, gerekend zou moeten worden met een totaal aan kosten verbonden met de ontsmetting en ontmanteling van de centrale van ca. f 2,3 miljard tot ca. f 3,3 miljard met een verwachting van f 2,8 miljard (1\$= f 2,-). Deze kosten zijn onafhankelijk van de beschouwde brontermen en ongevalsscenario's. In deze raming wordt geacht te zijn begrepen de medische begeleiding en verzorging van het personeel dat ten tijde van het ongeval in de centrale verbleef.

#### 5.5. **Samenvatting**

In het voorgaande zijn de kosten geraamd die moeten worden gemaakt om de weggevallen elektriciteitsproductie van een door een ongeval uitgevallen kerncentrale te compenseren. Tevens is een schatting gemaakt van de vraagreductie die met name ontstaat doordat gedurende een bepaalde tijd in het getroffen gebied de werkfunctie wordt aangetast. Tenslotte is een indicatie van de kosten gegeven welke te maken hebben met ontsmetting en ontmanteling van de kerncentrale. De resultaten van de gemaakte berekeningen zijn weergegeven in de volgende tabel.

Tabel 5.2. Totale kosten verlies elektriciteitscentrale (in miljard gld)

		nadelig effect elektriciteitsvoorziening <sup>a)</sup>		kosten van ontsmetting en ontmanteling	totale kosten verlies kerncentrale	
		min.	max.		min.	max.
Moerdijk-Utr	1% 0,1%	1,23	8,63	2,80	4,03	11,43
Moerdijk-ZH	1% 0,1%	1,21 1,23	8,61 8,63	2,80 2,80	4,01 4,03	11,41 11,43
WNOP	1% 0,1%	1,23	8,63	2,80	4,03	11,43

a) inclusief besparingen t.g.v. vraagreductie.

Uit tabel 5.2 blijkt dat de schade die samenhangt met het verlies van de elektriciteitscentrale nagenoeg ongevoelig is voor lokatie, weertype, bronterm en interventiewaarden. De totale kosten variëren van f 4,01 miljard tot 11,4 miljard. De laagste kosten van f 4,01 miljard zijn gebaseerd op het feit dat in afwachting van nieuw basislastvermogen de weggevallen elektriciteitsproductie kan worden overgenomen door kolengestookte centrales (tot 1992), en het ongeluk zich voordoet op het moment dat over vervanging van de kerncentrale moet worden beslist. Dat is het geval indien de centrale aan het einde van zijn levensduur is gekomen. De hoogste kosten zijn erop gebaseerd dat tot 1992 gasgestookte centrales de productie van de kerncentrale overnemen, de resterende levensduur van de kerncentrale maximaal was en dat wordt gekozen voor een nieuwe, gasgestookte centrale. In overeenstemming met het uitgangspunt dat het verlies van de kerncentrale gelijk is aan de kosten van het goedkoopste alternatief, kan worden gerekend met een bedrag van f 5219 miljoen. Dit bedrag is dan gebaseerd op de inzet van kolen in afwachting van de nieuwe centrale (f 1250 miljoen), een resterende levensduur van de kerncentrale van gemiddeld 12,5 jaar en een kolencentrale als vervangende centrale. Op het bedrag van f 5219 miljoen dient dan nog een bedrag in mindering te worden gebracht van f 19 – 47 miljoen in verband met vraaguitval. Wat derhalve resteert zijn kosten die variëren van (afgerond) f 5170 miljoen tot f 5200 miljoen.

## 6. GEZONDHEIDSEFFECTEN EN DE DAARDOOR VEROORZAAKTE ECONOMISCHE SCHADE

### 6.1. Inleiding

Een ongeval in een kerncentrale heeft met betrekking tot de volksgezondheid tot gevolg dat door het vrijkomen van een bepaalde hoeveelheid radioactief materiaal in de atmosfeer mensen in de omgeving van de centrale aan straling zullen worden blootgesteld. Tegenmaatregelen (o.a. evacuatie) kunnen de op te lopen stralingsdosis beperken. De radioactiviteit kan door verval in korte of lange tijd verdwijnen, waarbij de stoffen in niet radioactieve verbindingen veranderen.

Zoals reeds in paragraaf 2.4 is aangegeven, kan de bevolking na een kernongeval op een drietal manieren blootstaan aan straling:

- uitwendig door blootstelling aan straling uitgezonden door radioactieve stoffen in de lucht of door op de grond neergeslagen stoffen
- inwendig door inhalatie van radionucliden vanuit de lozingswolk
- door ingestie van direct (door neerslag op gewassen en water) of indirect (drinken van verontreinigde melk) besmet voedsel en water.

Stralingsdoses leveren risico's voor de gezondheid op. Er ontstaat een verhoogde kans om op latere leeftijd kanker te krijgen; eveneens neemt de kans toe op afwijkingen bij het nageslacht. Hiervoor geldt dat toenemende stralingsdoses de kans op het verkrijgen van ziekten of afwijkingen in het nageslacht vergroten. Voor nadere gegevens wordt verwezen naar hoofdstuk 2. In het onderhavige hoofdstuk wordt de schade aangegeven die hiervan het gevolg kan zijn<sup>1)</sup>.

### 6.2. Raming van schade en gezondheid (in aantallen)

In paragraaf 2.6.6 zijn de collectieve (mens)doses berekend, terwijl paragraaf 2.6.7 de risicogedaten vermeldt van het optreden van late effecten als gevolg van blootstelling aan radioactiviteit. Aan de hand hiervan kan voor de diverse cases het mogelijke aantal ziektegevallen en het daaruit voortvloeiende aantal verloren mensjaren, benevens het aantal mensen met genetische afwijkingen in de volgende generatie(s), worden berekend. Tabel 6.1 geeft een overzicht van het aantal slachtoffers dat maximaal kan worden verwacht (het werkelijke aantal zal dus liggen tussen nul en genoemd maximum) boven het natuurlijke aantal.

Bij de lokatie Westelijke Noordoostpolderdijk worden bij het gekozen scenario geen ernstige gezondheidseffecten verwacht.

In de navolgende paragrafen worden gezondheidseffecten zoveel mogelijk gekwantificeerd (in termen van geldsbedragen of in aantallen mensen). Omdat menselijk leed bij ziekte en/of overlijden niet kan worden gekwantificeerd, zal hierop niet verder worden ingegaan. De kosten van genetische effecten, die als gevolg van blootstelling aan straling op zouden kunnen treden, zijn niet meegenomen omdat hierover geen gegevens beschikbaar zijn.

<sup>1)</sup> Voor een gedetailleerde behandeling wordt verwezen naar het NEI-deelrapport SPH-06-20.

**Tabel 6.1.** Collectieve dosis, maximaal aantal mogelijke nieuwe kankergevallen, verloren mensjaren en genetische effecten binnen 50 jaar; locatie Moerdijk

		collectieve doses (mens Sv)	maximaal aantal mogelijke nieuwe kankergevallen binnen 50 jaar (aantal pers.)	maximaal aantal verloren mensjaren binnen 50 jaar	maximaal aantal genetische defecten (alle generaties)
<b>Werkwaarde 50 mSv</b>					
Moerdijk-Utr	1%	50.000	2.400	20.000	400
Moerdijk Utr	0,1%	5.500	260	2.200	40
Moerdijk-ZH	1%	150.000	7.200	60.000	1.200
Moerdijk-ZH	0,1%	28.000	1.340	11.200	220
<b>Werkwaarde 250 mSv</b>					
Moerdijk-Utr	1%	51.000	2.450	20.400	410
Moerdijk-Utr	0,1%	5.500	260	2.200	40
Moerdijk-ZH	1%	270.000	12.960	108.000	2.160
Moerdijk-ZH	0,1%	29.000	1.390	11.600	230

### 6.3. Kosten van additionele gezondheidszorg en gederfd inkomen

#### Raming ziektekosten per patiënt

Aangenomen is dat kankerpatiënten gedurende twee jaar worden behandeld. Daarna overlijden zij of zijn zij genezen. Uitgaande van een gemiddelde verpleegduur in ziekenhuizen van 17 dagen á f 1000 per verpleegdag, kunnen de gemiddelde verpleegkosten per opgenomen patiënt op f 17500 worden geraamd. Aannemende dat er een verband bestaat tussen verpleegkosten en de kosten van specialistische hulp en wel dat deze circa 30% van de verpleegkosten bedragen, kan voor specialistische behandeling een bedrag van f 5000 per patiënt worden geraamd.

Naast kosten voor ziekenhuisbehandeling zullen voor kankerpatiënten in vele gevallen ook thuis kosten moeten worden gemaakt: huisarts, wijkverpleging, extra transportkosten, aanpassing van de woning e.d. Voor onze berekeningen gaan wij uit van een bedrag van circa f 17500 gedurende twee jaar.

Uit het voorgaande kan worden afgeleid dat de totale verpleegkosten kunnen worden geraamd op:

verpleegkosten	f 17500
specialistische hulp	f 5000
thuisverpleging	f 17500
<b>totaal</b>	<b>f 40000</b>

#### Inkomstenderving ten gevolge van ziekte en voortijdig overlijden

Inkomstenderving ten gevolge van kanker, veroorzaakt door een ongeval in een kerncentrale, kan aan de hand van de in het voorgaande vermelde gegevens als volgt worden benaderd. Gesteld is, dat de gemiddelde duur van de ziekte twee jaar zou zijn. Een onderscheid kan worden gemaakt in mensen die overleven en mensen die overlijden aan de ziekte. Verondersteld is, dat voor elk van deze twee typen patiënten een ziekteduur van twee jaar geldt, dat wil

zeggen dat een genezende patiënt twee jaar ziek is en dat voor iemand die aan deze ziekte zal overlijden dat na gemiddeld twee jaar zal gebeuren. Een genezende kankerpatiënt wordt twee jaar aan het arbeidsproces onttrokken. Voor wat betreft de inkomstenderving van de overledenen kan worden gesteld, dat zij vanaf het moment van constateren van de ziekte gedurende de tijd die zij zonder deze ziekte nog aan het arbeidsproces deel zouden nemen, geen bijdrage meer leveren aan het productieproces. De resultaten van de gemaakte becijferingen zijn weergegeven in de volgende tabel.

**Tabel 6.2.** Raming van het maximum bedrag aan ziektekosten en gederfde inkomsten samenhangend met mogelijke schade aan de gezondheid (gedisconteerde bedragen in miljoen gulden)

Case		ziektelkosten	Inkomstenderving	Totaal
<b>Werkwaarde 50 mSv</b>				
Moerdijk-Utr	1%	16	54	70
Moerdijk-Utr	0,1	2	7	9
Moerdijk-ZH	1%	49	160	209
Moerdijk-ZH	0,1%	9	30	39
<b>Werkwaarde 250 mSv</b>				
Moerdijk-Utr	1%	17	54	71
Moerdijk-Utr	0,1%	2	7	9
Moerdijk	1%	88	288	376
Moerdijk-ZH	0,1%	9	31	40

Er wordt op gewezen dat het hier maximale bedragen betreft; de werkelijke bedragen zullen tussen nul en het maximum inliggen.

## 7. BEINVLOEDING WOONFUNCTIE EN DE DAARDOOR VEROORZAAKTE ECONOMISCHE SCHADE

### 7.1. Aantasting woonfunctie en kosten van evacuatie

Ter voorkoming of beperking van schade aan de gezondheid van de mens, dient de bevolking van het gebied dat in een bepaalde mate radioactieve besmetting heeft ondergaan te worden geëvacueerd. In dit hoofdstuk wordt de economische schade geraamd die daarmee gepaard gaat<sup>1)</sup>. De acceptabel te achten mate van besmetting ligt beneden de interventiewerkwaarden; voor de op te stellen berekeningen zijn twee stel waarden gehanteerd (zie ook hoofdstuk 2):

Interventie werkwaarde evacuatie	vertrek uit gebied met 1ste jaars effectieve dosis	terugkeer naar gebied met 50 jaar na terugkeer effectieve dosis
Streng: WE 50/50	> 50 mSv	< 50 mSv
Licht: WE 250/250	> 250 mSv	< 250 mSv

Bij hantering van de genoemde interventiewerkwaarden kunnen de gebieden worden bepaald waarbinnen bewoning niet verantwoord wordt geacht (zie de contourtekeningen in de figuren 7.1 t/m 7.4). Uitgegaan is van de in hoofdstuk 2 aangegeven maatregelen en van de aanname dat de bevolking, zo gauw dat kan, terug zal keren. Het aantal te evacueren personen blijkt uit tabel 7.1.

<sup>1)</sup> Voor een gedetailleerde behandeling wordt verwezen naar het NEI-deelrapport SPH-06-20.



**Tabel 7.1.** Evacuatie van de bevolking en aantal te ontruimen woningen naar de duur van de evacuatie, kerncentrale bij Moerdijk<sup>a)</sup> (zonder decontaminatie)

Werkwaarde	case		Bewoning van het besmette gebied is mogelijk na:					Totaal
			2 maan- den	4 maan- den	6 maan- den	10 maan- den	12 maan- den of langer	
<b>M'dijk-Utr</b>								
50/50	1%	bevolking	55.700	-	-	-	40.000	95.700
		woningen	22.200	-	-	-	15.700	37.900
	0,1%	bevolking	-	-	-	-	6.500	6.500
		woningen	-	-	-	-	2.200	2.200
250/250	1%	bevolking	13.400	700	-	-	6.500	20.600
		woningen	5.400	300	-	-	2.200	7.900
	0,1%	bevolking	-	-	-	-	6.500	6.500
		woningen	-	-	-	-	2.200	2.200
<b>M'dijk-ZH</b>								
50/50	1%	bevolking	54.900	106.800	8.700	8.300	741.200	919.800
		woningen	15.600	44.000	2.700	2.700	330.700	395.700
	0,1%	bevolking	4.400	-	-	-	10.800	15.100
		woningen	1.600	-	-	-	3.700	5.300
250/250	1%	bevolking	15.000	-	-	-	18.600	33.600
		woningen	6.600	-	-	-	5.200	11.800
	0,1%	bevolking	-	1.100	-	-	6.500	7.500
		woningen	-	400	-	-	2.200	2.600

<sup>a)</sup> Berekend op basis van gegevens van ECN en CBS.

Het aantal woningen dat moet worden ontruimd bedraagt minimaal 2.200 (case Moerdijk-Utrecht 0,1% bij lichte interventiewerkwaarden) en maximaal bijna 400.000 (case Moerdijk-Zuid-Holland 1% bij strenge interventiewerkwaarden). Hoewel voor de evacuatie enkele weken ter beschikking staan, betekent het maximale aantal een gigantische operatie, waarvoor op zijn minst een goed draaiboek en een zeer parate organisatie ter beschikking moeten zijn.

Ervaringen in het verleden hebben geleerd dat het merendeel van de geëvacueerde personen een toevlucht zoekt bij familie, vrienden en bekenden. Men mag verwachten dat men op wat langere termijn in vele gevallen een meer onafhankelijke wijze van huisvesting zal zoeken. De exacte bestemming van de evacuees is moeilijk aan te geven. Voor de op te stellen berekeningen wordt uitgegaan van een gemiddelde reisafstand van 100 kilometer.

Het voor de evacuatie te gebruiken vervoermiddel zal in veel gevallen de eigen auto zijn. Uitgegaan wordt van de kosten van privé vervoer. De gemiddelde kosten van heen- en terugreis zijn per te evacueren persoon geraamd op f 40. Met gebruikmaking van de in tabel 7.1 weergegeven aantallen te evacueren personen kunnen de totale evacuatiekosten eenvoudig worden berekend.

## 7.2. Alternatieve huisvestingskosten

In het voorgaande is al aangegeven dat men bij evacuatie waarschijnlijk in veel gevallen onderdak zal zoeken bij familie, vrienden en bekenden. De ervaringen aan het eind van de

laatste wereldoorlog en nog in vele jaren daarna hebben geleerd dat langdurige inwoning in een groot aantal gevallen ernstige sociale problemen met zich brengt en het lijkt geen twijfel dat men in een voorkomend geval naarstig naar andere oplossingen zal omzien.

In eerste instantie kan worden gedacht aan het benutten van leegstaande woningen. In de laatste jaren stabiliseert dit aantal zich op circa 130.000. Wij gaan er van uit dat in een noodgeval ruim de helft van het aantal leegstaande woningen kan worden betrokken door uit het getroffen gebied geëvacueerde personen. Dit zou betekenen dat momenteel kan worden beschikt over 70.000 woningen. Behalve bij de case Moerdijk-Zuid-Holland 1%, gecombineerd met strenge interventiewerkwaarden, kunnen de aantallen te evacueren personen royaal in leegstaande woningen worden gehuisvest. De maximale woningbehoefte ligt namelijk bij alle overige gevallen beneden de 40.000 woningen.

Voor de ernstigste case is de woningbehoefte zoals reeds vermeld bij strenge interventiewerkwaarden op bijna 400.000 woningen geraamd. Ook van de leegstaande woningen zal een deel niet kunnen worden gebruikt wegens ligging in het besmette gebied. Aannemende dat de leegstand evenredig over Nederland is verdeeld, kan het aantal wel te benutten leegstaande woningen op circa 65.000 worden geraamd. Er resteert dus nog een behoefte aan 335.000 woningen.

Zeker voor de korte termijn kan hierbij gebruik worden gemaakt van accommodatie in hotels, pensions, vakantiewoningen en dergelijke. Daarnaast zijn er nog zogenoemde tweede woningen (inclusief die in het buitenland). Tenslotte zijn op kampeeraccommodaties slaappleaatsen ter beschikking. Het totale aantal in genoemde accommodaties beschikbare slaappleaatsen in Nederland kan stellig op circa 1,5 miljoen worden geraamd. Naast het verblijf bij familie en bekenden en in leegstaande woningen kunnen de evacuees naar verwachting, zeker voor de kortere termijn, elders worden gehuisvest. De geraamde evacuatieuur zonder decontaminatie was in de betrokken case als volgt:

**Tabel 7.2.** Noodzakelijke evacuatieuur bij case Moerdijk-Zuid-Holland-1% en interventiewerkwaarden WE 50/50.

Evacuatieuur	Aantal personen	Aantal woningen
2 maanden	54.900	15.600
4 maanden	106.800	44.000
6 maanden	8.700	2.700
10 maanden	8.300	2.700
12 maanden of langer	741.200	330.700
<b>Totaal</b>	<b>920.000</b>	<b>396.000</b>

Uit het bovenstaande blijkt dat 60.000 woningen na 4 maanden weer kunnen worden betrokken. Circa 335.000 woningen zijn dus langer dan 4 maanden nodig. Verminderen wij dit aantal met 65.000 leegstaande woningen, dan resteert nog een behoefte van 270.000 woningen, ofwel voor 675.000 personen. Indien men ervan uitgaat dat decontaminatie het mogelijk maakt dat alle woningen in het getroffen gebied na 1 jaar weer opnieuw kunnen worden betrokken, dan is onderbrenging in bestaande accommodaties acceptabel te achten. Hiervoor zijn de volgende mogelijkheden te onderscheiden:

- a) onderbrenging in delen van bewoonde woningen (bij familie, kennissen, in gevorderde woonruimte e.d.);
- b) onderbrenging in recreatiewoningen, stacaravans e.d.;
- c) onderbrenging in hotels, pensions e.d.

In alle drie gevallen derft men het woongenot in de ontruimde woningen. Deze stellen wij

gelijk aan de gemiddelde maandhuur van een woning ad. f 380 vermeerderd met de gemiddeld door de overheid betaalde subsidie (object- en subjectsubsidie), globaal gesteld op f 70 per maand, waardoor de totale maandhuur komt op f 450.

Bij de onder a) onderscheiden mogelijkheden derft de oorspronkelijke gebruiker woondiensten waarvan de waarde in dit verband gelijk wordt gesteld aan de waarde van de door de evacuees genoten woondiensten. Per saldo blijft een negatief effect van f 450 per maand per niet door leegstand te dekken te ontruimen woning. Bij de onder b) en c) aangegeven mogelijkheden derft men de normale (recreatieve) opbrengst. Voor hotels en pensions bedraagt deze opbrengst ca. f 1750 per maand en voor recreatiewoningen ca. f 400 per maand. Nemen wij tevens aan dat deze woonmogelijkheden gemiddeld de helft van de waarde van de woondiensten van normale woningen leveren, dan kan de volgende opstelling worden verkregen.

**Tabel 7.3.** Per ontruimde woning met evacuatie samenhangende geraamde negatieve effecten (gederfd minus genoten, in gld per maand)

Onderbrenging in	Gederfde (recreatie) opbrengst	Gederfde woondiensten in ontruimde woning	Genoten woondiensten in vervangende accommodatie	Totaal nadelig effect
Hotel/pension	1750	450	225	1975
Recreatiewoning/ caravan e.d.	400	450	225	625

In de laatste jaren stonden in hotels en pensions circa 100.000 slaapplekken ter beschikking en in bungalows, zomerhuisjes en op vaste staanplaatsen in kampeerbedrijven circa 1 miljoen slaapplekken. De met deze aantallen gewogen gemiddelde kosten per ontruimde woning bedragen dan:  $0,1 \times f 1975 + 0,9 \times f 625 = f 760$ . Het benutten van leegstaande woningen brengt geen maatschappelijke kosten met zich. De geëvacueerde mensen zullen gemiddeld net zoveel woongenot in leegstaande woningen buiten het besmette gebied kunnen hebben als in hun "eigen" woning in het besmette gebied. Hierbij wordt geen rekening gehouden met de omgeving van de woning. Tabel 7.4 geeft de geraamde kosten voor het ernstigste geval.

**Tabel 7.4.** Geraamde kosten voor alternatieve behuizing bij case Moerdijk-Zuid-Holland-1%, interventiewerkwaarde WE 50/50, exclusief gebruik van leegstaande woningen

Bewoningsduur	Aantal woningen	Kosten (mln gld)
2 maanden	15.600	24
4 maanden	44.000	134
6 maanden	2.700	12
10 maanden	2.700	21
12 maanden	265.700	2.423
<b>Totaal</b>	<b>330.700</b>	<b>2.614</b>

### 7.3. Kosten schade aan verlaten woningen en bewaking van het ontruimde gebied

Voor de verlaten woningen dient nog rekening te worden gehouden met schade als gevolg van nagelaten onderhoud, waterschade, verlies voorraden e.d. en met kosten voor het (gedeeltelijk) overbrengen van inboedel. Hieromtrent staan geen ervaringscijfers ter beschikking. Gaan wij uit van een goede bewaking, toezicht e.d. van het verlaten gebied dan kan een bedrag van f 5000 per woning acceptabel worden gedacht. Bij de onderscheiden cases kunnen deze kosten worden berekend aan de hand van het te ontruimen aantal woningen (zie tabel 7.1).

Indien het besmette gebied ontruimd is, dient bewaking te worden ingesteld. Uit verkregen informatie betreffende Borsele blijkt dat voor een door de politie te bewaken gebied met een straal van 5 km op 16 posten dient te worden gerekend. Dit komt neer op 1 post per  $\pm 2$  km van de omtrek van het te bewaken gebied; per post is een bezetting van 2 man uitgetrokken. Uitgaande van salariskosten, verblijfsvergoedingen en reiskosten kunnen de totale personeelskosten per post worden gesteld op circa f 3000 per dag. De feitelijke totale bewakingskosten per dag kunnen nu als volgt worden berekend:

$$\frac{\text{omtrek van het te bewaken gebied (km)}}{2} \times f 3000$$

De bewakingskosten kunnen voor de verschillende cases worden geraamd door de grootte c.q. omtrek van de te bewaken gebieden in ogenschouw te nemen. Gemiddeld zijn de woningen ruim 10 maanden ontruimd wanneer men aanneemt dat na 1 jaar alle woningen weer kunnen worden bewoond als gevolg van decontaminatie. In feite zal een aantal woningen al eerder kunnen worden betrokken dan in tabel 7.1 is vermeld. Een gemiddelde bewakingstermijn van circa 6 maanden lijkt aannemelijk. Anderzijds zal om schade aan de verlaten woningen te beperken regelmatig in het gebied moeten worden gesurveilleerd en schadebeperkende maatregelen moeten worden getroffen. Om met de hiermee gemoeide kosten rekening te houden wordt voor de berekeningen uitgegaan van een bewakingstermijn van 365 dagen.

### 7.4. Samenvatting

Om schade aan gezondheid van de bewoners te voorkomen respectievelijk te beperken dient het woongebied dat in een zekere graad is besmet te worden ontruimd. De hiermee gemoeide nadelige economische effecten bestaan uit:

1. kosten van evacuatie zelf;
2. verlies van woondiensten in het ontruimde gebied en kosten voor alternatieve huisvesting;
3. kosten van (gedeeltelijke) overbrenging van inboedel, schade aan ontruimde woningen;
4. kosten van bewaking e.d. van het ontruimde gebied.

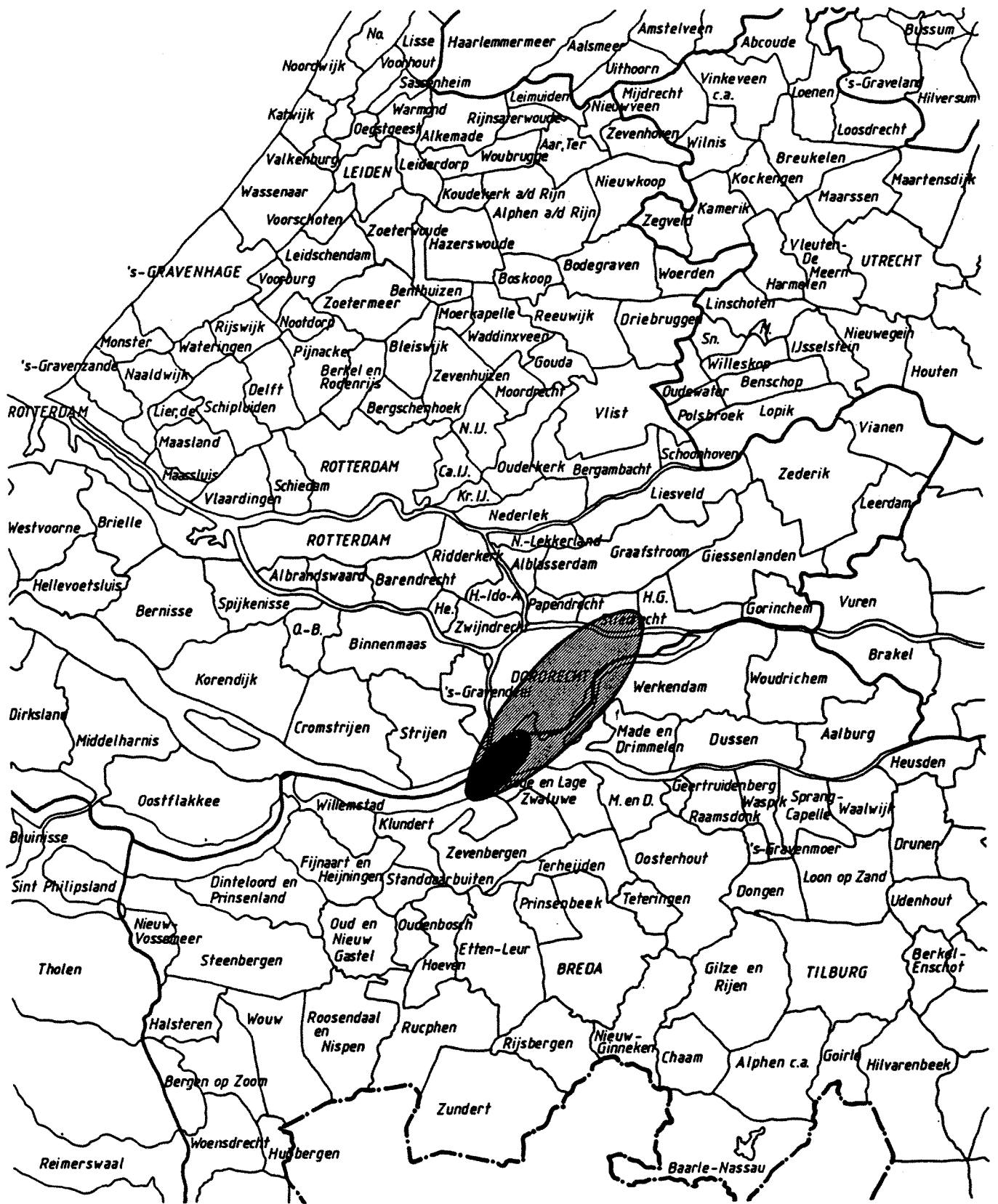
De voor deze effecten geraamde bedragen zijn samengevat in de volgende tabel.

**Tabel 7.5. Samenvatting kosten veroorzaakt door verlies van woonfunctie (in miljoen gulden)**

Case			Evacuatie- kosten	Verlies woon- diensten	Kosten verhui- zing, schade	Kosten bewaking en toe- zicht	Totaal
Moerdijk-Utr	1%	50/50	4	-	190	25	218
	0,1%	50/50	0	-	11	7	18
	1%	250/250	1	-	40	9	49
	0,1%	250/250	0	-	11	2	14
Moerdijk-ZH	1%	50/50	37	2614	1979	55	4684
	0,1%	50/50	1	-	27	14	41
	1%	250/250	1	-	59	21	81
	0,1%	250/250	0	-	13	4	17

De uitkomsten worden behalve door de ernst van het ongeval en de woondichtheid van het getroffen gebied in sterke mate bepaald door de hoogte van de door het beleid gehanteerde interventiewerkwaarden. Zo is bijv. bij de case Moerdijk-Zuid-Holland-1% de schade bij lichte waarden gecijferd op ruim f 80 miljoen en bij strenge waarden op bijna f 4,7 miljard.

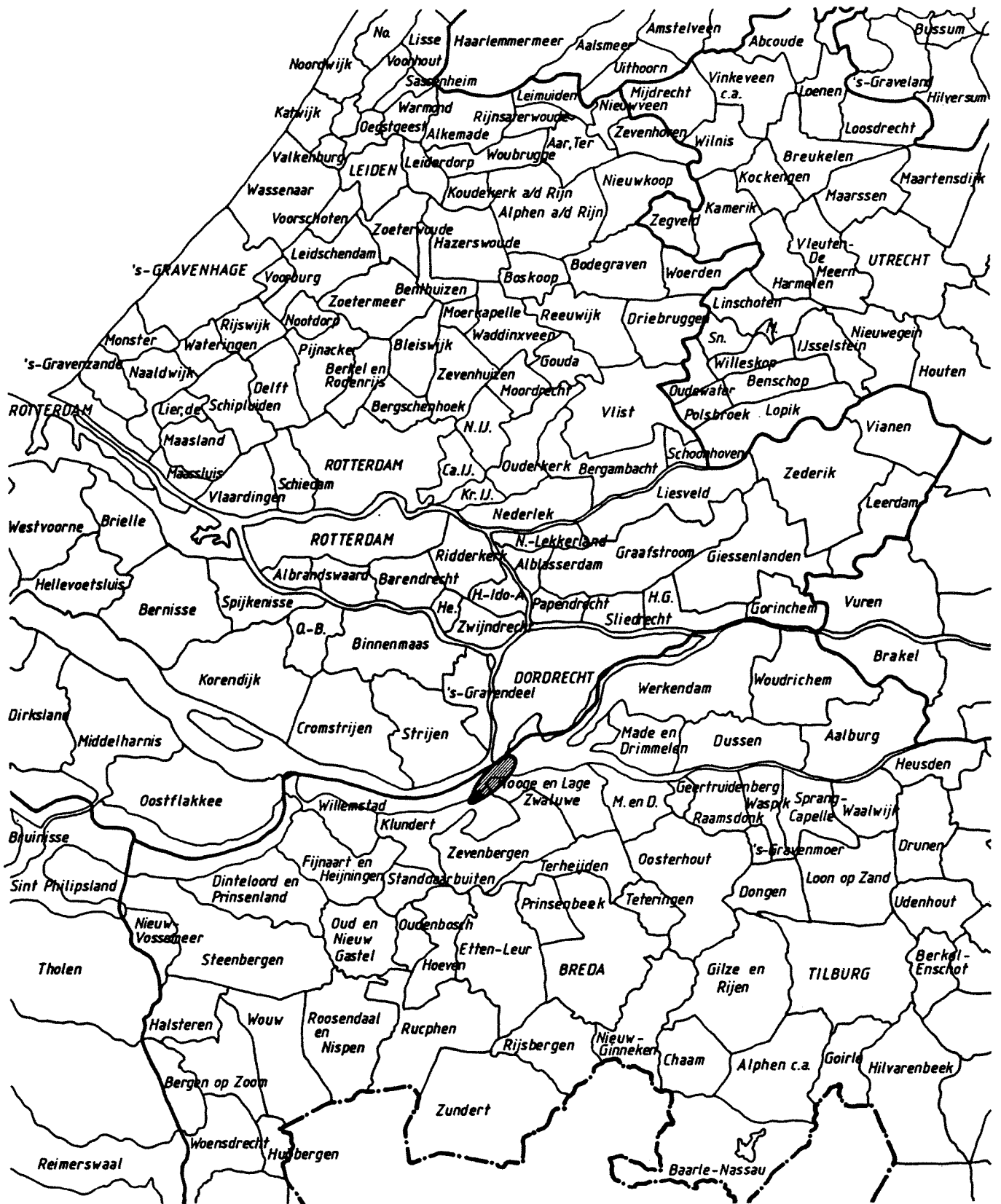
Figuur 7.1. Moerdijk-Utrecht 1%: Gebied dan ontruimd dient te worden bij een werkwaarde van resp. 50 mSv en 250 mSv.



▨ werkwaarde 50 mSv  
 ■ werkwaarde 250 mSv

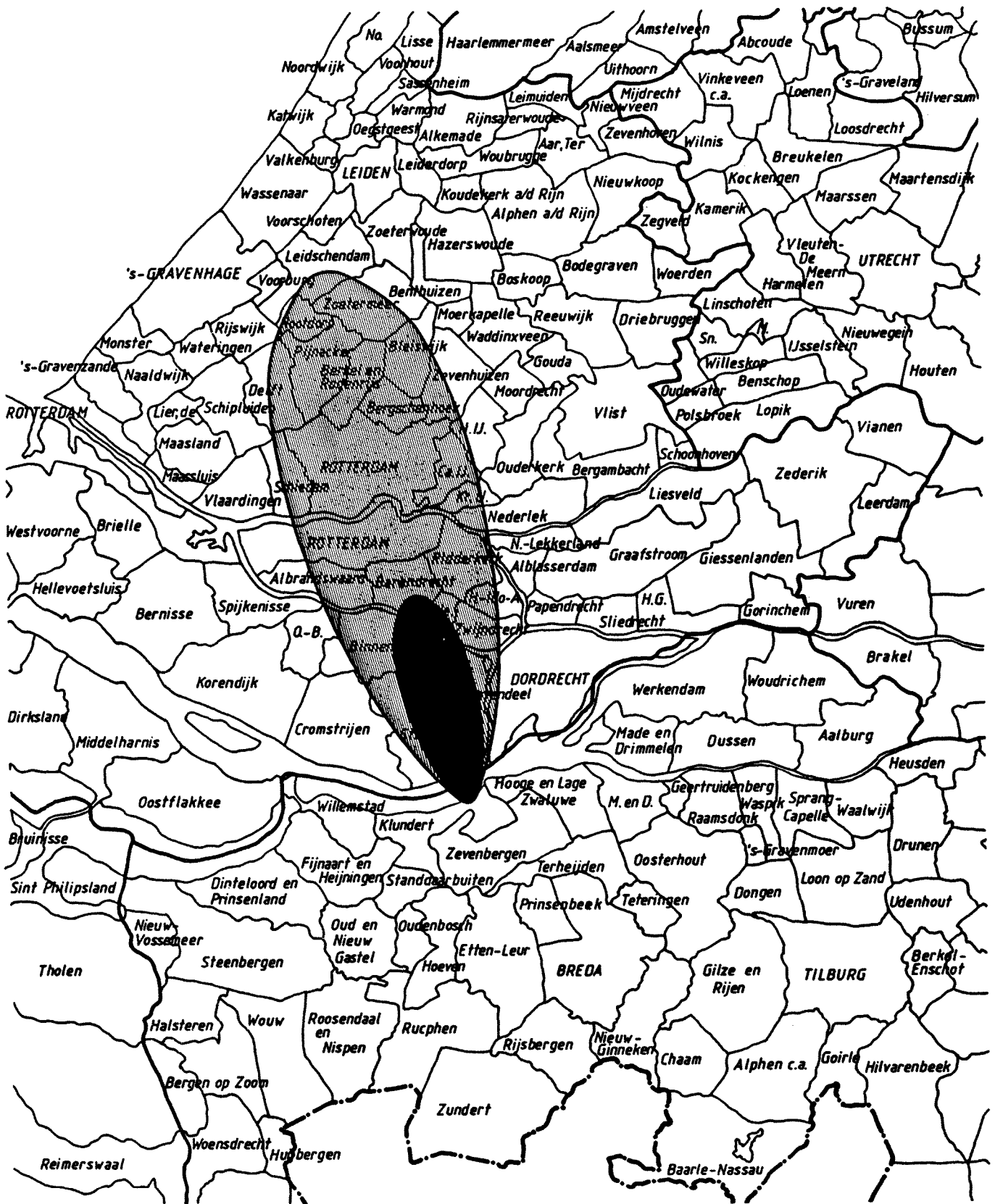


Figuur 7.2. Moerdijk-Utrecht 0,1%: Gebied dat ontruimd dient te worden bij een werkwaarde van resp. 50 mSv en 250 mSv



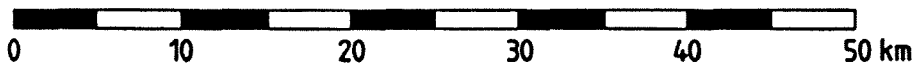
- werkwaarde 50 mSv
- werkwaarde 250 mSv

Figuur 7.3. Moerdijk-Zuid-Holland 1%: Gebied dat ontruimd dient te worden bij een werkwaarde van resp. 50 mSv en 250 mSv



▨ werkwaarde 50 mSv

■ werkwaarde 250 mSv





Figuur 7.4. Moerdijk-Zuid-Holland 0,1%: Gebied dat ontruimd dient te worden bij een werkwaarde van resp. 50 mSv en 250 mSv



- werkwaarde 50 mSv
- werkwaarde 250 mSv

## 8. BEINVLOEDING WERKFUNCTIE EN DE DAARDOOR VEROORZAAKTE ECONOMISCHE SCHADE

### 8.1. Inleiding

Een ongeval met een kerncentrale beïnvloedt naast de woonfunctie ook de werkfunctie in de getroffen regio's. De daardoor veroorzaakte economische schade wordt in dit hoofdstuk besproken<sup>1)</sup>.

In de paragraaf 8.2 wordt de schade in de landbouwsector aan de orde gesteld. Ten aanzien van deze schade wordt een onderscheid gemaakt tussen het directe verlies aan productiewaarde en overige effecten die optreden, zoals verlies van oogsten, dieren, extra kosten voor ruwvoer, exportverliezen e.d. Een deel van deze effecten heeft echter door de grote onderlinge verwevenheid van aan elkaar leverende bedrijven die binnen het rampgebied en tussen het rampgebied en de rest van Nederland bestaat, ook indirecte effecten tot gevolg. Hieraan wordt in de volgende paragrafen aandacht besteed.

In paragraaf 8.3 wordt de vermindering van de produktie in de nijverheids- en dienstensectoren in de getroffen regio's geraamd. Tezamen met de effecten in de landbouwsector waarvan doorwerkingen in de rest van de economie zijn te verwachten, vormen deze uitgangspunt voor de berekening van de economische schade in Nederland. Vervolgens wordt in paragraaf 8.4 op basis van de produktievermindering in alle sectoren (uit paragraaf 8.3) met behulp van input-output analyse de economische schade in termen van toegevoegde waarde berekend voor de gehele Nederlandse economie. In paragraaf 8.5 wordt tenslotte een korte samenvatting van de resultaten gegeven.

Teneinde bovengenoemde effecten te kunnen berekenen zijn de volgende veronderstellingen gehanteerd:

- verondersteld is dat het mogelijk is om het bebouwd oppervlak van gemeenten, die langer dan een jaar voor werken in nijverheid en dienstensectoren ongeschikt zouden zijn, binnen één jaar te ontsmetten. In dit verband wordt verwezen naar hoofdstuk 9, waarin een nadere beschouwing is opgenomen aangaande decontaminatie. Gemeenten die korter dan een jaar zodanig besmet zijn dat zonder decontaminatie werken voor een aantal maanden onmogelijk is, zijn uiteraard alleen voor dit desbetreffende aantal maanden in beschouwing genomen en niet voor een heel jaar;
- ten aanzien van ontsmettingsmaatregelen in de landbouwsector is er vanuitgegaan dat het decontamineren van kassen en stallen e.d. op betrekkelijk eenvoudige wijze met behulp van water (door de bedrijfsgenoten zelf) binnen enkele maanden na het ongeval is te verwezenlijken. Het ontsmetten van landbouw- (c.q. akker-)grond is weliswaar niet onmogelijk (denkbaar is bijvoorbeeld afgraven en diepploegen), doch in overleg met het Ministerie van Landbouw is deze decontaminatiemogelijkheid buiten beschouwing gelaten. Overigens kan met betrekking tot de landbouwsector worden opgemerkt dat er voor twee momenten (de maanden mei en december) schadeberekeningen zijn uitgevoerd. Tot deze schade behoort, zoals reeds is vermeld, de vermindering van de produktie in de sector, welke als uitgangspunt dient voor de input-output analyse;
- bij de berekeningen is verondersteld dat vermindering van produktie in getroffen regio's niet worden gecompenseerd door regionale verschuivingen van de produktie naar de rest van Nederland. In de slotbeschouwing zal nog nader op deze veronderstelling worden teruggekomen.

### 8.2. Directe effecten landbouw

#### 8.2.1. Inleiding

Een ongeval met een kerncentrale leidt in de land- en tuinbouw tot produktieverlies en exportverlies.

<sup>1)</sup> Voor een gedetailleerde behandeling wordt verwezen naar het NEI-deelrapport SPH-06-20.

Het produktieverlies is een gevolg van het onbruikbaar worden van gewassen, vee, grond en water wegens een te hoge concentratie nucliden. De directe schade voor de bedrijfstak die hiervan het gevolg is, wordt in paragraaf 8.2.2 behandeld. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen een ongeval in mei en in december, omdat de omvang van de schade voor de bedrijfstak sterk afhankelijk is van het tijdstip van het ongeval. Voorts is ook het produktieverlies berekend voor de jaren volgend op het eerste jaar na het ongeval.

Het exportverlies is niet alleen het gevolg van produktieverlies, maar ook van de veronderstelling dat bepaalde buitenlandse afnemers zullen weigeren om Nederlandse produkten te kopen. Deze produkten zullen als verdacht worden gekenmerkt, hoewel de voor export aangeboden produkten voldoen aan de gestelde normen. Een deel van de normale export zal dan ook niet naar de traditionele afnemers gaan, maar tegen verlaagde prijzen naar alternatieve exportmarkten. Dit exportverlies wordt in paragraaf 8.2.3 behandeld.

Bij alle berekeningen wordt uitgegaan van de locatie Moerdijk met twee weertypen (Moerdijk-Utrecht en Moerdijk-Zuid-Holland) en twee werkwaarden (5 mSv en 50 mSv). Berekeningen voor de locatie Westelijke Noordoostpolderdijk bleken niet nodig te zijn, omdat er bij de gekozen windrichting nauwelijks of geen landbouwgrond wordt besmet. Wel wordt een gedeelte van het IJsselmeer en de Waddenzee besmet, waardoor het toch mogelijk is enige landbouw-economische gevolgen aan te geven (droogteverlies en exportverlies). Een uitvoerige beschrijving van de uitgangspunten en specificaties betreffende produktie- en exportverlies zijn gepubliceerd in een afzonderlijk deelrapport: "Landbouw-economische gevolgen" (Rapport SPH-06-16).

## 8.2.2. Produktieverlies in land- en tuinbouw

### **Akkerbouw**

Wanneer het ongeval met de kerncentrale in mei plaatsheeft, wordt het produktieverlies in de akkerbouw in het eerste jaar gebaseerd op het verloren gaan van de oogst binnen het per gewasgroep (granen, peulvruchten, aardappelen, wortelgewassen en voedergewassen) aangegeven gebied (zie tabel 8.1 en figuren 8.1 t/m 8.2) wegens een te hoge concentratie nucliden in het gewas als gevolg van opname uit de bodem via de wortels (waarbij de nucliden gelijkmatig zijn verdeeld over de eerste 20 cm van de bodem 1)). Het produktieverlies per hectare bedraagt dan de bruto opbrengstwaarde van het betreffende gewas. Het gewas staat immers al te velde en moet normaal worden geoogst. Het geoogste produkt moet vervolgens worden afgevoerd en op een verantwoorde manier worden vernietigd. Het gewas mag niet worden ondergeploegd omdat dan de nucliden vanuit het gewas in de grond terecht komen.

Figuur 8.1. Gebieden met functieverlies voor land- en tuinbouw in geval van Moerdijk-Utrecht (Zie ook tabel 8.1)



Figuur 8.2. Gebieden met functieverlies voor land- en tuinbouw in geval van Moerdijk-Zuid-Holland (Zie ook tabel 8.1)



**Tabel 8.1.** Omvang van de gebieden waar functieverlies voor land- en tuinbouw optreedt<sup>1)</sup>

Gebieden met functieverlies in geval van Moerdijk—Utrecht (zie figuur 8.1)

	1%-bronterm		0,1%-bronterm	
	5 mSv	50 mSv	5 mSv	50 mSv
Aardappelen	$\frac{1}{2}$	-	-	-
Granen	1	-	$\frac{1}{4}$	-
Peulvruchten	4	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	-
Bladgroenten/wortelgewassen	3	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	-
Grasland	1	-	-	-
Bloembollen/siergewassen	-	-	-	-
Depositie I 131	9	9	8	7 $\frac{1}{2}$

Omvang van de gebieden met functieverlies in geval van Moerdijk-Zuid-Holland (zie figuur 8.2)

	1%-bronterm		0,1%-bronterm	
	5 mSv	50 mSv	5 mSv	50 mSv
Aardappelen	$\frac{1}{4}$	-	-	-
Granen	2	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	-
Peulvruchten	3 $\frac{1}{3}$	1 $\frac{1}{2}$	2	-
Bladgroenten/wortelgewassen	2 $\frac{1}{2}$	1	1	-
Grasland	2	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	-
Bloembollen/siergewassen	1	-	-	-
Depositie I 131	6	6	5 $\frac{1}{2}$	5

<sup>1)</sup> Een cijfer  $\frac{2}{3}$  betekent bijvoorbeeld dat in tweederde deel van het gebied 1 functieverlies optreedt; een cijfer  $2\frac{1}{2}$  heeft betrekking op de gebieden 1, 2 en de helft van 3.

Indien het ongeval in december plaatsheeft, zijn de meeste gewassen geoogst en zal het produktieverlies in het eerste jaar bestaan uit de gedeerde bruto toegevoegde waarde van het betreffende gewas. Alleen voor een gering aantal gewassen dat reeds te velde staat, zoals wintergraan, koolzaad en graszaad, wordt uitgegaan van de gedeerde bruto opbrengsten van het gewas.

**Tabel 8.2.** Produktieverlies in de akkerbouw in procenten van de Nederlandse produktie en de daarmee samenhangende directe schade voor de bedrijfstak (miljoenen guldens) in geval van locatie Moerdijk

	Produktieverlies (%)		Directe schade (mln. gld.)	
	Moerdijk -Utr	Moerdijk -Z-H	Moerdijk -Utr	Moerdijk -ZH
<b>1%-bronterm, 5 mSv</b>				
1e jaar, mei	-	3	12	108
1e jaar, december	-	3	8	69
2e e.v. jaren (per jaar)	-	3	6	57
<b>1%-bronterm, 50 mSv</b>				
1e jaar, mei	-	1	2	26
1e jaar, december	-	1	1	16
2e e.v. jaren (per jaar)	-	1	1	14
<b>0,1%-bronterm, 5 mSv</b>				
1e jaar, mei	-	1	3	32
1e jaar, december	-	1	2	21
2e e.v. jaren (per jaar)	-	1	2	17
<b>0,1%-bronterm, 50 mSv</b>				
1e jaar, mei	-	-	-	-
1e jaar, december	-	-	-	-
2e e.v. jaren (per jaar)	-	-	-	-

In de volgende jaren blijft in de akkerbouw hetzelfde gebied onbruikbaar voor de diverse gewassen, omdat we te maken hebben met nucliden met een lange tot zeer lange fysische halfwaardetijd.

Het produktieverlies wordt dan gebaseerd op de gedeerde bruto toegevoegde waarde van de gewassen die niet verbouwd kunnen worden.

In tabel 8.2 wordt vermeld hoeveel procent van de Nederlandse produktie verloren gaat of gedeerd wordt en welke schade voor de bedrijfstak dit met zich brengt in geval van locatie Moerdijk.

Uit deze tabel blijkt dat het produktieverlies bij het scenario Moerdijk-Utrecht te verwaarlozen is, waardoor de directe financiële schade voor de bedrijfstak beperkt is.

Bij het scenario Moerdijk-Zuid-Holland wordt de akkerbouw iets meer getroffen, omdat het besmette gebied (Zuidhollandse eilanden) dichterbij de locatie Moerdijk ligt dan bij het scenario Moerdijk-Utrecht (IJsselmeerpolders). Het produktieverlies is het grootst bij de 1%-bronterm en een werkwaarde van 5 mSv. Dit produktieverlies bedraagt 108 miljoen gulden bij een ongeval

<sup>1)</sup> Gebaseerd op GD-deelrapport SPH-06-14.

in mei en 69 miljoen gulden in december. In de volgende jaren bedraagt het produktieverlies 57 miljoen gulden per jaar bij genoemde bronterm en werkwaarde.

### **Rundvee**

Bij beide brontermen wordt verondersteld dat in het besmette gebied binnen een afstand van 5 km van de kerncentrale alle dieren als verloren moeten worden beschouwd omdat zij bij evacuatie van de bevolking achtergelaten moeten worden. Het maakt hierbij niet uit of deze dieren tijdens het ongeval in de weide liepen of in de stal verbleven.

Voorts wordt aangenomen dat het overige vee zo snel mogelijk wordt gestald en geen besmet voer meer krijgt voor zover deze dieren tijdens het ongeval in de weide liepen binnen het gebied waarin de depositie van jodium boven de 1000 respectievelijk 5000 Bq/m<sup>2</sup> ligt. De melk van koeien die binnen genoemd gebied in de weide liepen tijdens en vlak na het ongeval is gedurende 8 dagen ongeschikt voor directe consumptie. Aangenomen wordt dat deze melk uiteindelijk niets opbrengt, ook al is verwerken tot melkpoeder mogelijk wanneer blijkt dat alleen de norm voor jodium-131 overschreden wordt. Deze 8 dagen zijn gebaseerd op de fysische halfwaardetijd van jodium van 8 dagen. Na 6 weken mag het rundvee weer de weide in voor zover dit grasland buiten het gebied ligt waarin het gehele jaar geen beweiding meer mogelijk is.

Binnen de daarvoor aangegeven grenzen zijn grasland en voedergewassen volledig onbruikbaar voor het rundvee en mag er ook geen voederwinning voor de winter plaatshebben. Al het rundvee zal binnen deze gebieden gedurende het gehele jaar op stal moeten blijven. Dit verbod om gras en voedergewassen uit deze gebieden voor het vee te gebruiken, is gebaseerd op een te hoge concentratie nucliden in melk of vlees als gevolg van inname van nucliden via gras, voedergewassen en grond, waarbij verondersteld is dan de nucliden regelmatig voorkomen in de eerste 10 cm van de bodem.

In plaats van het verloren gegane veevoer dient veevoer aangekocht te worden vanuit het buitenland.

De kosten voor rundvee (melkkoeien, jongvee, mestvee en stieren) worden voor de diverse situaties in tabel 8.3 weergegeven. Hierbij wordt geen produktieverlies vermeld, omdat er vrijwel geen vee verloren gaat en melk slechts 8 dagen onbruikbaar is. Alleen ruwvoer gaat verloren en wordt vervangen door veevoer vanuit het buitenland. De hiermee gepaard gaande kosten zijn in de kosten voor rundvee opgenomen.

Volgens deze tabel zijn bij het scenario Moerdijk-Utrecht de kosten in het eerste jaar omvangrijk bij beide brontermen indien het ongeval in mei plaats heeft. Deze kosten worden voornamelijk veroorzaakt door het opstallen van het rundvee gedurende 6 weken en het daarmee gepaard gaande verlies van ruwvoer. In deze periode wordt onder normale omstandigheden ook 50% van het ruwvoer voor de winter gewonnen. Het gebied waarin de kritische grens van jodium overschreden wordt, is bij dit scenario zeer omvangrijk en daarom dient een groot deel van de Nederlandse rundveestapel opgestald te worden. Bij een ongeval in december komt dit verlies van ruwvoer uiteraard niet voor, waardoor er vrijwel geen kosten ontstaan, evenmin als in de daaropvolgende jaren.

In geval van scenario Moerdijk-Zuid-Holland zijn de kosten veel kleiner indien het ongeval in mei plaatsheeft. Dit komt omdat een groot deel van het met te veel jodium besmette gebied in de Noordzee ligt. Bij een ongeval in december zijn de kosten hoger dan bij het vorige scenario, omdat zich meer rundvee bevindt in de noordelijke omgeving van de kerncentrale.



**Tabel 8.3.** Kosten (miljoenen gulden) betreffende rundvee in geval van locatie Moerdijk

	Kosten (mln. gld.)	
	Moerdijk-Utr	Moerdijk-Z-H
<b>1%-bronterm, 5 mSv</b>		
1e jaar, mei	1290	223
1e jaar, december	3	38
2e e.v. jaren (per jaar)	1	29
<b>1%-bronterm, 50 mSv</b>		
1e jaar, mei	1288	191
1e jaar, december	2	10
2e e.v. jaren (per jaar)	-	2
<b>0,1%-bronterm, 5 mSv</b>		
1e jaar, mei	1087	171
1e jaar, december	2	12
2e e.v. jaren (per jaar)	-	4
<b>0,1%-bronterm, 50 mSv</b>		
1e jaar, mei	886	143
1e jaar, december	2	8
2e e.v. jaren (per jaar)	-	-

**Intensieve veehouderij**

Bij intensieve veehouderij (mestkalveren, varkens, leghennen en slachtpluimvee) treden alleen kosten op indien er zich dieren bevinden in het besmette gebied binnen een afstand van 5 km van de kerncentrale. Bij het scenario Moerdijk-Utr is het aantal dieren dichtbij de kerncentrale dermate klein dat het kostenbedrag te verwaarlozen is. Bij het scenario Moerdijk-ZH bedragen bij beide brontermen de kosten ongeveer 1 miljoen gulden, welke kosten vooral veroorzaakt worden door het verloren gaan van varkens.

**Schape, geiten en paarden**

Bij schape, geiten en paarden is eveneens sprake van het verloren gaan van dieren in het besmette gebied binnen een afstand van 5 km van de kerncentrale. Bij het scenario Moerdijk-Utr bedragen de kosten wegens het verlies van dieren ongeveer 0,2 miljoen gulden en bij het scenario Moerdijk-ZH ongeveer 0,5 miljoen gulden. Bij een ongeval in mei zijn de kosten iets groter dan in december omdat er in mei meer dieren aanwezig zijn (lammeren en veulens). Voorts is er sprake van aankoop van ruwvoer als gevolg van het tijdelijk of blijvend onbruikbaar zijn van grasland. De uitgangspunten hiervoor zijn gelijk aan die bij het rundvee. Tabel 8.4 geeft een overzicht van de totale kosten betreffende schape, geiten en paarden.

Uit deze tabel blijkt dat de kosten relatief klein zijn en uitsluitend in het eerste jaar voorkomen. Omdat de kosten met name veroorzaakt worden door het graasverbod gedurende 6 weken een betrekkelijk groot gebied, is het duidelijk dat een ongeval in mei meer kosten veroorzaakt dan in december. Bij het scenario Moerdijk-Utr wordt weer een veel groter gebied op het land getroffen en zijn de kosten derhalve groter dan bij het scenario Moerdijk-ZH, waarbij een deel van het getroffen gebied de Noordzee beslaat.

**Tabel 8.4.** Kosten (miljoenen guldens) betreffende schapen, geiten en paarden in geval van locatie Moerdijk

	Kosten (mln. gld.)	
	Moerdijk-Utr	Moerdijk-ZH
<b>1%-bronterm, 5 mSv</b>		
1e jaar, mei	6	3
1e jaar, december	1	1
2e e.v. jaren (per jaar)	-	-
<b>1%-bronterm, 50 mSv</b>		
1e jaar, mei	6	2
1e jaar, december	1	-
2e e.v. jaren (per jaar)	-	-
<b>0,1%-bronterm, 5 mSv</b>		
1e jaar, mei	5	2
1e jaar, december	1	-
2e e.v. jaren (per jaar)	-	-
<b>0,1%-bronterm, 50 mSv</b>		
1e jaar, mei	4	1
1e jaar, december	1	-
2e e.v. jaren (per jaar)	-	-

#### **Tuinbouwgewassen van de open grond**

Tuinbouwgewassen zijn in het algemeen veel kwetsbaarder voor nucliden dan akkerbouwgewassen. Dit geldt met name voor bladgroenten en vruchten (kersen, aardbeien) die binnen korte tijd na het ongeval voor consumptie aangeboden zouden worden. Verondersteld is dan ook dat alle bladgroenten, conservengewassen en vruchten vernietigd moeten worden, indien deze binnen 6 weken na het ongeval worden geoogst binnen het gebied waarin de depositie van jodium boven de 1000 c.q. 5000 Bq/m<sup>2</sup> ligt. Voorts geldt dat alle tuinbouwgewassen van de open grond (groenten, boomkwekerijgewassen, vaste planten, alsmede pit- en steenvruchten) vernietigd moeten worden of niet geteeld kunnen worden in het gebied waarbinnen de producten een te hoge concentratie nucliden bevatten als gevolg van opname uit de bodem via de wortels, waarbij de nucliden gelijkmatig verdeeld zijn over de eerste 20 cm van de bodem. Het produktieverlies is gelijk aan de opbrengstwaarde van deze producten indien de gewassen reeds op het veld stonden tijdens het ongeval en gelijk aan de gederfde bruto toegevoegde waarde van de producten indien dit nog niet het geval was.

Tabel 8.5 geeft aan hoeveel procent van de Nederlandse productie verloren gaat of gederfd wordt en tabel 8.6 vermeldt welke schade voor de bedrijfstak dit met zich mee brengt. Deze tabellen betreffen alleen opengrondsgroenten en pit- en steenvruchten. Het produktieverlies van bloembollen, boomkwekerijgewassen en vaste planten is in de besmette gebieden dermate klein dat deze niet vermeld is.

Wat de groenteteelt betreft, treedt er volgens deze tabellen bij het scenario Moerdijk-Utr alleen produktieverlies op bij een ongeval in mei, omdat dan veel zomergroenten en conservengewassen verloren gaan.

Bij het scenario Moerdijk-ZH is het productiegebied dicht bij de kerncentrale gelegen en treedt er daardoor ook een blijvend produktieverlies van groenten op, dat uiteraard het grootst is bij de 1%-bronterm en een werkwaarde van 5 mSv.

Betreffende de teelt van pit- en steenvruchten is het produktieverlies het grootst bij scenario Moerdijk-Utr, omdat dan de fruitteelt in de Betuwe en de IJsselmeerpolders wordt getroffen.

**Tabel 8.5.** Produktieverlies van tuinbouwgewassen van de open grond in procenten van de totale Nederlandse productie in geval van locatie Moerdijk

	Moerdijk-Utr		Moerdijk-ZH	
	groenten	pit- en steenvruchten	groenten	pit- en steenvruchten
<b>1%-bronterm, 5 mSv</b>				
1e jaar, mei	9	10	10	2
1e jaar, december	-	4	8	2
2e e.v. jaren (per jaar)	-	4	8	2
<b>1%-bronterm, 50 mSv</b>				
1e jaar, mei	9	6	7	1
1e jaar, december	-	-	3	1
2e e.v. jaren (per jaar)	-	-	3	1
<b>0,1%-bronterm, 5 mSv</b>				
1e jaar, mei	4	5	7	1
1e jaar, december	-	-	3	1
2e e.v. jaren (per jaar)	-	-	3	1
<b>0,1%-bronterm, 50 mSv</b>				
1e jaar, mei	4	4	4	-
1e jaar, december	-	-	-	-
2e e.v. jaren (per jaar)	-	-	-	-

**Tabel 8.6.** Productieverlies (miljoenen gulden) van tuinbouwgewassen van de open grond in geval van locatie Moerdijk

	Moerdijk-Utr		Moerdijk-ZH	
	groenten	pit- en steen- vruchten	groenten	pit- en steen- vruchten
<b>1%-bronterm, 5 mSv</b>				
1e jaar, mei	89	42	101	11
1e jaar, december	-	21	41	11
2e e.v. jaren (per jaar)	-	21	41	11
<b>1%-bronterm, 50 mSv</b>				
1e jaar, mei	89	22	68	5
1e jaar, december	-	-	16	5
2e e.v. jaren (per jaar)	-	-	16	5
<b>0,1%-bronterm, 5 mSv</b>				
1e jaar, mei	43	18	68	5
1e jaar, december	-	1	16	5
2e e.v. jaren (per jaar)	-	1	16	5
<b>0,1%-bronterm, 50 mSv</b>				
1e jaar, mei	40	14	42	-
1e jaar, december	-	-	-	-
2e e.v. jaren (per jaar)	-	-	-	-

#### Tuinbouwgewassen onder glas

Bij tuinbouwgewassen onder glas kan doordat kassen niet hermetisch af te sluiten zijn van de buitenlucht een geringe besmetting van gewas en grond optreden door een overtrekkende radioactieve wolk. Bassinwater, dat gebruikt wordt voor kunstmatige beregening, zal doordat het direct blootstaat aan de lucht veel ernstiger besmet raken. Omdat door beregenen met bassinwater de grond en de gewassen extra besmet worden, dient beregening achterwege te worden gelaten, hetgeen betekent dat alle gewassen in de kassen als verloren moeten worden beschouwd. Verondersteld wordt dat na 3 maanden er weer onbesmet water beschikbaar is voor kunstmatige beregening, zodat met nieuwe productie in de kassen kan worden begonnen.

Gebruik van drinkwater voor kunstmatige beregening wordt niet als een reële mogelijkheid gezien, omdat verondersteld wordt dat schaars geworden drinkwater in de eerste plaats voor consumptie zal worden gebruikt. Bovendien laat de capaciteit van het distributienet zo'n groot extra verbruik door de tuinbouw niet toe.

**Tabel 8.7.** Productieverlies van tuinbouwgewassen onder glas in procenten van de totale Nederlandse productie in geval van locatie Moerdijk

	Moerdijk-Utr		Moerdijk-ZH	
	glas-groenten	bloemist. gewassen	glas-groenten	bloemist. gewassen
<b>1%-bronterm, 5 mSv</b>				
1e jaar, mei	-	-	12	8
1e jaar, december	-	-	5	7
2e e.v. jaren (per jaar)	-	-	-	-
<b>1%-bronterm, 50 mSv</b>				
1e jaar, mei	-	-	1	-
1e jaar, december	-	-	-	-
2e e.v. jaren (per jaar)	-	-	-	-
<b>0,1%-bronterm, 5 mSv</b>				
1e jaar, mei	-	-	1	-
1e jaar, december	-	-	-	-
2e e.v. jaren (per jaar)	-	-	-	-
<b>0,1%-bronterm, 50 mSv</b>				
1e jaar, mei	-	-	-	-
1e jaar, december	-	-	-	-
2e e.v. jaren (per jaar)	-	-	-	-

Het productieverlies wordt gebaseerd op de gedeelde bruto opbrengstwaarde van de onbruikbaar geworden kasproductie gedurende 3 maanden. Bij een ongeval in december wordt rekening gehouden met de bespaarde verwarmingskosten, die gemiddeld 33% van de opbrengstwaarde van de gewassen bedragen.

Het gebied waarin de kasproductie als verloren moet worden beschouwd is wat omvang betreft gelijkgesteld aan het gebied waarin geen bladgroenten kunnen worden geteeld.

De tabellen 8.7 en 8.8 geven aan hoeveel procent van de totale Nederlandse productie van die gewassen verloren gaat en welke financiële gevolgen dit met zich brengt. Uit deze tabellen blijkt dat er een aanzienlijk productieverlies optreedt bij het scenario Moerdijk-ZH in geval van de 1%-bronterm en een werkwaarde van 5 mSv. Dit grote productieverlies betreft zowel glasgroenten als bloemisterijgewassen.

**Tabel 8.8.** Productieverlies (miljoenen gulden) van tuinbouwgewassen onder glas in geval van locatie Moerdijk

	Moerdijk-Utr		Moerdijk-ZH	
	glas-groenten	bloemist. gewassen	glas-groenten	bloemist. gewassen
<b>1%-bronterm, 5 mSv</b>				
1e jaar, mei	7	-	230	212
1e jaar, december	3	-	117	182
2e e.v. jaren (per jaar)	-	-	-	-
<b>1%-bronterm, 50 mSv</b>				
1e jaar, mei	-	-	8	6
1e jaar, december	-	-	4	5
2e e.v. jaren (per jaar)	-	-	-	-
<b>0,1%-bronterm, 5 mSv</b>				
1e jaar, mei	1	-	7	6
1e jaar, december	-	-	3	5
2e e.v. jaren (per jaar)	-	-	-	-
<b>0,1%-bronterm, 50 mSv</b>				
1e jaar, mei	-	-	-	-
1e jaar, december	-	-	-	-
2e e.v. jaren (per jaar)	-	-	-	-

### 8.2.3. Exportverlies in land- en tuinbouw

Als agrarische producten en voedingsmiddelen de gestelde normen niet overschrijden, wil dit nog niet zeggen dat de export op het normale niveau gehandhaafd kan blijven. Ervaringen in het recente verleden hebben geleerd dat consumenten zeer kritisch staan ten opzichte van producten uit landen waar radio-actieve besmetting is opgetreden. Export naar bepaalde gebieden, zoals het Verre Oosten, blijkt zelfs vrijwel onmogelijk te worden.

In dit onderzoek wordt er daarom vanuit gegaan dat een bepaald gedeelte van de normale export van in Nederland geproduceerde agrarische producten verloren zal gaan. De export van agrarische producten van buitenlandse herkomst wordt geacht onaangetast te blijven. Hierbij moet worden bedacht dat van de totale Nederlandse export van agrarische producten en voedingsmiddelen in 1985 ter waarde van 51.540 miljoen gulden, 13.456 miljoen gulden (26%) betrekking heeft op producten van buitenlandse herkomst en 38.084 miljoen gulden (74%) op producten van Nederlandse herkomst.

Bij het verlies van exportmarkten wordt in de eerste plaats verondersteld dat de export naar derde landen veel zwaarder zal worden getroffen dan de export naar EG-landen. In de tweede plaats wordt verondersteld dat bepaalde producten kwetsbaarder zullen zijn dan andere producten. Tenslotte wordt aangenomen dat het verlies van exportmogelijkheden in het tweede jaar reeds gehalveerd wordt ten opzichte van het eerste jaar na het ongeval met de kerncentrale.

Ten einde inzicht te verkrijgen in de gevoeligheid van Nederland voor exportverlies, wordt van twee scenario's uitgegaan. In het eerste scenario (lichte variant) zal de export aanzienlijk minder teruglopen dan in het tweede scenario (zware variant).

Bij de weergegeven verliespercentages in tabel 8.9 moet worden bedacht dat uitgegaan wordt van een besmetting die alleen in Nederland heeft plaatsgehad. Hierdoor zal de export zwaarder worden getroffen dan in geval veel meer landen besmet zijn, zoals in het geval van Tsjernobyl. Deze percentages moeten volgens geraadpleegde deskundigen als redelijke schat-

tingen worden beschouwd, waarbij eventuele werkelijke percentages hoger of lager kunnen uitvallen.

Nadat per produktgroep het verliespercentage van de normale export is vastgesteld, wordt hiervan eerst het produktieverlies afgetrokken, dat ontstaan is door het ongeval met de kerncentrale. Het op deze wijze berekende saldo moet worden afgezet op de buitenlandse markt tegen gereduceerde prijzen. Deze prijsverlaging hangt af van de aard van de produkten. Bij landbouwprodukten met een hoog prijsbeschermingsniveau van de EG en bij industrieel verwerkte produkten zal de opbrengstreductie in het algemeen gering zijn vanwege een tamelijk hoge bodemprijs en is daarom op 10% gesteld. Bij landbouwprodukten met minder prijsbescherming wordt een aanmerkelijk grotere prijsreductie aangenomen, die op 30% is vastgesteld. Voor landbouwprodukten wordt er geen prijsreactie op de binnenlandse en nog geaccepteerde buitenlandse afzet verondersteld. Het exportverlies heeft dus alleen betrekking op die hoeveelheid, waarvoor alternatieve afzet moet worden gezocht.

In geval van tuinbouwprodukten zijn de berekeningen uitgevoerd met behulp van prijsrelaties, omdat de prijzen meestal nogal heftig reageren op aanbods- of vraagveranderingen. Wanneer het exportverlies groter is dan het produktieverlies, zal dit afhankelijk van het produkt een prijsverlagende werking hebben op zowel de binnenlandse als de buitenlandse afzet. De lagere opbrengstwaarde van het totale exportpakket, verminderd met het produktieverlies, wordt als exportverlies aangemerkt.

**Tabel 8.9.** Geschat verlies van normale export (in%) van landbouwprodukten en voedingsmiddelen van Nederlandse herkomst in geval van twee exportscenario's gedurende het eerste jaar na het ongeval <sup>1)</sup>

Produkten	Scenario 1 (lichte variant)		Scenario 2 (zware variant)	
	EG-landen	derde landen	EG-landen	derde landen
Zuivelprodukten, groenten en fruit	25	75	40	100
Levende dieren, vlees, eieren en vis	10	50	20	100
Akkerbouwprodukten, sierteelt en tuinbouwzaden, margarine, oliën en vetten, diverse produkten	5	25	10	50

<sup>1)</sup> Voor het tweede jaar zijn deze percentages gehalveerd; de jaren daarna zijn niet in beschouwing genomen, omdat moeilijk is aan te geven in welke mate het zal gelukken de verloren gegane exportmarkten terug te winnen.

#### **Akkerbouwprodukten en diversen**

De uitvoerwaarde van akkerbouwprodukten, margarine, vetten en oliën, ruwe plantaardige en dierlijke grondstoffen alsmede diverse produkten van binnenlandse herkomst bedroeg 8.266 miljoen gulden in 1985. Van deze export ging voor een waarde van 5.499 miljoen gulden naar EG-landen en 2.767 miljoen gulden naar derde landen.

Op basis van de in tabel 8.9 genoemde percentages gaat van de normale exportwaarde 11,7% verloren in het eerste jaar bij de lichte exportvariant en 23,4% bij de zware exportvariant. In het tweede jaar worden deze percentages gehalveerd.

Vervolgens zijn de percentages produktieverlies van genoemd exportpakket berekend. Het saldo van exportverlies en produktieverlies moet uiteindelijk worden afgezet tegen een waarde

die op 90% van de normale exportwaarde is gesteld. De uitkomsten van deze berekening worden in tabel 8.10 weergegeven voor wat betreft het eerste en tweede jaar na het ongeval. Uit tabel 8.10 blijkt dat de schade tussen de diverse brontermen en werkwaarden weinig uiteenloopt wegens het geringe produktieverlies. Dit betekent dat in vrijwel alle situaties het verloren gegane deel van het normale exportpakket tegen lagere prijzen moet worden afgezet in het buitenland.

In geval van de lichte exportvariant bedraagt de financiële schade bijna 100 miljoen gulden in het eerste jaar en de helft hiervan in het tweede jaar na het ongeval. Bij de zware exportvariant is de financiële schade ongeveer het dubbele van die bij de lichte variant.

**Tabel 8.10.** Schade (miljoenen gulden) als gevolg van lagere opbrengsten op alternatieve afzetmarkten wegens het verlies van een deel van de normale exportmarkten van akkerbouwprodukten, margarine, vetten en oliën, ruwe plantaardige en dierlijke grondstoffen alsmede diverse produkten

	Lichte exportvariant		Zware exportvariant	
	Moerdijk -Utr	Moerdijk -ZH.	Moerdijk -Utr	Moerdijk -ZH.
<b>1%-bronterm, 5 mSv</b>				
1e jaar	100	80	190	180
2e jaar	50	30	100	80
<b>1%-bronterm, 50 mSv</b>				
1e jaar	100	90	190	190
2e jaar	50	50	100	90
<b>0,1%-bronterm, 5 mSv</b>				
1e jaar	100	90	190	190
2e jaar	50	50	100	90
<b>0,1%-bronterm, 50 mSv</b>				
1e jaar	100	100	190	190
2e jaar	50	50	100	100

#### Dierlijke produkten

De uitvoerwaarde van dierlijke produkten van Nederlandse herkomst bedroeg ongeveer 20 miljard gulden in 1985, waarvan 76% naar EG-landen ging en 24% naar derde landen. Op basis van de verliespercentages voor de export volgens tabel 8.9 kan worden berekend dat in geval van de lichte exportvariant 27% en in geval van de zware exportvariant 43% van de normale export verloren gaat.

Aangezien de directe produktieverliezen te verwaarlozen zijn, dient de totale hoeveelheid dierlijke produkten die niet langer via de traditionele afzetmarkten kan worden afgezet, verkocht te worden tegen gereduceerde prijzen. De prijsreductie is vastgesteld op 10% voor melk- en zuivelprodukten (alternatief is interventie), 15% voor levende runderen, rund- en kalfsvlees en overig vee en vlees en bereidingen van vlees en 30% voor de overige categorieën dierlijke produkten.

Tabel 8.11 vermeldt de schadebedragen die het gevolg zijn van dit verlies van normale exportmarkten.

Uit deze tabel blijkt dat in het eerste jaar na het ongeval de schade bij de lichte exportvariant 810 miljoen gulden bedraagt en bij de zware exportvariant 1410 miljoen gulden. In het tweede jaar na het ongeluk met de kerncentrale worden deze schadebedragen gehalveerd. Aangezien er geen sprake is van produktieverliezen, is deze exportschade bij beide brontermen en werk-



waarden gelijk. Het gaat immers om verdachte producten en niet om besmette producten.

**Tabel 8.11.** Schade (miljoenen gulden) in het eerste jaar na het ongeval als gevolg van lagere opbrengsten op alternatieve afzetmarkten wegens het verlies van een deel van de normale exportmarkten voor dierlijke producten

	Lichte exportvariant	Zware exportvariant
Levende runderen en varkens	30	60
Rund- en kalfsvlees	50	100
Varkensvlees	120	230
Pluimvee en eieren	120	230
Overig vee en vlees en bereidingen van vlees	30	70
Melk en zuivel	350	500
Visserijproducten	110	220
<b>Totaal dierlijke producten</b>	<b>810</b>	<b>1410</b>

### **Tuinbouwproducten**

In 1985 bedroeg de uitvoer van tuinbouwproducten van Nederlandse herkomst 9822 miljoen gulden. Hiervan bestond 30% uit verse groenten, 5% uit inheems fruit, 53% uit sierteeltproducten en tuinbouwzaden en 12% uit bereidingen van groenten en fruit.

Naar bestemming ging de uitvoer voor 7997 miljoen gulden (81%) naar EG-landen en 1825 miljoen gulden (19%) naar derde landen.

Als gevolg van het ongeval met de kerncentrale valt een gedeelte van de normale export om psychologische redenen weg. In tabel 8.9 is hiervan reeds een overzicht gegeven, waaruit blijkt dat met name groenten en fruit te kampen zullen hebben met een verminderde vraag vanuit het buitenland.

Tegenover deze verminderde vraag vanuit het buitenland staat een verminderd aanbod als gevolg van produktieverlies. Per saldo resteren er echter in vrijwel alle onderzochte situaties nog tuinbouwproducten waarvoor nieuwe exportmarkten moeten worden gezocht. In dat geval zal zowel het prijspeil van deze tuinbouwproducten in het binnenland als de exportprijzen een daling te zien geven. Met behulp van prijsrelaties zijn de betreffende prijsveranderingen berekend.

De prijsdaling van de binnenlandse afzet leidt in nationaal-economische opzicht niet tot schade. Tegenover de inkomensdaling van de producenten staan immers lagere uitgaven van de consumenten. Voor de tuinbouwsector op zich betekent deze prijsdaling echter wel een aanzienlijke schadepost, die evenwel bij de berekening van het exportverlies buiten beschouwing is gelaten, maar wel is vermeld in het deelrapport "Landbouw-economische gevolgen". Een prijsdaling van het exportpakket leidt daarentegen wel tot een nationaal-economische schade. De omvang van deze schade staat in tabel 8.12 vermeld.

**Tabel 8.12.** Exportverlies (in miljoenen gulden) als gevolg van prijsdaling van het exportpakket van tuinbouwproducten wegens het gedeeltelijk verlies van normale exportmarkten

	Lichte exportvariant		Zware exportvariant	
	Moerdijk-Utr	Moerdijk-ZH.	Moerdijk-Utr	Moerdijk-ZH.
<b>1%-bronterm, 5 mSv</b>				
1e jaar, mei	1570	700	2250	1550
1e jaar, december	670	1110	2350	1790
2e jaar	980	820	1570	1410
<b>1%-bronterm, 50 mSv</b>				
1e jaar, mei	1620	1580	2290	2290
1e jaar, december	1710	1650	2380	2340
2e jaar	1010	920	1600	1520
<b>0,1%-bronterm, 5 mSv</b>				
1e jaar, mei	1640	1580	2350	2290
1e jaar, december	1710	1650	2380	2340
2e jaar	1010	920	1600	1520
<b>0,1%-bronterm, 50 mSv</b>				
1e jaar, mei	1640	1650	2350	2350
1e jaar, december	1710	1710	2380	2380
2e jaar	1010	1010	1600	1600

Uit deze tabel blijkt dat het exportverlies bij het scenario Moerdijk-Utr groter is dan bij het scenario Moerdijk-ZH. Voorts blijkt dat het exportverlies groter is naarmate het ongeval van geringere omvang is. Beide conclusies zijn te verklaren uit de omvang van het directe productieverlies. Naarmate er minder productie verloren gaat als gevolg van het ongeval, zal er voor een grotere hoeveelheid producten naar alternatieve afzetmarkten moeten worden gezocht. De prijsdruk wordt daardoor groter, zodat de waarde van het exportpakket van tuinbouwproducten sterker daalt en het exportverlies derhalve groter wordt. Het gaat immers om een psychologisch effect: bepaalde importeurs weigeren tuinbouwproducten af te nemen uit een land waar een ongeval met een kerncentrale heeft plaatsgehad.

Het is daarbij irrelevant of het ongeval van grote of minder grote omvang is geweest, er heeft een zekere besmetting plaatsgehad en daarom is het Nederlandse product verdacht, ook al voldoet dit product aan de gestelde normen.

Tenslotte blijkt uit de tabel dat het exportverlies bij de zware exportvariant uiteraard aanmerkelijk groter is dan bij de lichte exportvariant.

#### 8.2.4 Samenvatting en conclusies directe effecten landbouw

De tabellen 8.13 en 8.14 laten voor de twee scenario's betreffende locatie Moerdijk een samenvatting zien van het productieverlies en exportverlies.

Het productieverlies is een gevolg van het onbruikbaar worden van gewassen, vee, grond en water wegens een te hoge concentratie nucliden die daarin aanwezig is.

In geval van het scenario Moerdijk-Utr blijkt het productieverlies voornamelijk in het eerste jaar op te treden als het ongeval in mei plaatsheeft. Bij de 1%-bronterm bedraagt het totale

produktieverlies dan ongeveer 1,4 miljard gulden bij beide werkwaarden en bij de 0,1%-brontermen respectievelijk ruim 1,1 miljard gulden bij een werkwaarde van 5 mSv en 0,9 miljard gulden bij 50 mSv. Ongeveer 90% van dit produktieverlies wordt veroorzaakt door het verlies van de grasproductie gedurende de eerste 6 weken na het ongeval in mei.

In geval van het scenario Moerdijk-ZH. is het totale produktieverlies op korte termijn kleiner en op langere termijn groter dan bij het scenario Moerdijk-Utr. Dit komt doordat minder gras verloren gaat, maar de akkerbouw en tuinbouw meer produktieverlies oplopen. Het produktieverlies is het grootst bij de 1%-bronterm met een werkwaarde van 5 mSv. In mei bedraagt het produktieverlies daarbij 890 miljoen gulden en bij een ongeval in december 461 miljoen gulden. In volgende jaren is in die situatie nog sprake van een produktieverlies van 139 miljoen gulden per jaar. In alle overige situaties is het produktieverlies aanmerkelijk kleiner.

Het exportverlies is voornamelijk een gevolg van psychologische factoren. Hoewel de exportproducten aan de gestelde normen voldoen, wordt een gedeelte toch niet door de gebruikelijke importeurs afgenomen. Voor deze producten moeten andere exportbestemmingen worden gezocht, hetgeen alleen mogelijk wordt geacht tegen verlaagde afzetprijzen. De hierdoor ontstane lagere exportopbrengsten worden als exportverliezen aangemerkt, voor zover deze lagere opbrengsten niet reeds in het produktieverlies zijn verdisconteerd. Het exportverlies is groter naarmate er minder produktieverlies is. Een klein produktieverlies geeft immers een groter overschot van producten, waardoor bovendien de exportprijzen sterker dalen.

Er zijn twee exportvarianten onderscheiden. Bij de lichte exportvariant reageren de buitenlandse afnemers minder sterk dan bij de zware exportvariant. Voorts is aangenomen dat in het tweede jaar na het ongeval het exportverlies in hoeveelheden tot de helft afneemt. De periode daarna is niet meer in beschouwing genomen. Het totale exportverlies is derhalve de som van de exportverliezen in de eerste twee jaren na het ongeval in de kerncentrale.

**Tabel 8.13.** Samenvattend overzicht van produktieverlies en exportverlies in land- en tuinbouw in miljoenen gulden in geval van scenario Moerdijk-Utr

	Lichte exportvariant			Zware exportvariant		
	produktieverlies	exportverlies	totaal	produktieverlies	exportverlies	totaal
<b>1%-bronterm, 5 mSv</b>						
1e jaar, mei	1446	2480	3926	1446	3850	5296
1e jaar, december	36	2580	2616	36	3950	3986
2e jaar	28	1435	1463	28	2375	2403
<b>1%-bronterm, 50 mSv</b>						
1e jaar, mei	1407	2530	3937	1407	3890	5297
1e jaar, december	4	2620	2624	4	3980	3984
2e jaar	1	1465	1466	1	2405	2406
<b>0,1%-bronterm, 5 mSv</b>						
1e jaar, mei	1157	2550	3707	1157	3950	5107
1e jaar, december	6	2620	2626	6	3980	3986
2e jaar	3	1465	1468	3	2405	2408
<b>0,1%-bronterm, 50 mSv</b>						
1e jaar, mei	944	2550	3494	944	3950	4894
1e jaar, december	3	2620	2623	3	3980	3983
2e jaar	-	1465	1465	-	2405	2405

In geval van het scenario Moerdijk-Utr wordt weinig productieverlies geleden, waardoor het exportverlies in alle situaties ongeveer 2,5 miljard gulden bedraagt in het eerste jaar en 1,5 miljard gulden in het tweede in geval van de lichte exportvariant. Bij de zware exportvariant zijn deze bedragen respectievelijk bijna 4 miljard gulden in het eerste jaar en 2,4 miljard gulden in het tweede jaar.

In geval van het scenario Moerdijk-ZH. wijkt het exportverlies alleen aanmerkelijk af van die bij het scenario Moerdijk-Utr in geval van de 1%-bronterm met een werkwaarde van 5 mSv. In die situatie treedt er in Zuid-Holland een tamelijk groot produktieverlies op, waardoor het exportverlies lager is.

Uit deze verschillen tussen de twee scenario's kan worden afgeleid dat het bij prijsgevoelige producten (zoals tuinbouwprodukten) betrekkelijk weinig uitmaakt of men bij verlies van afzetmarkten tracht alle produkten toch af te zetten tegen een verlaagd prijspeil of het overschot aan deze produkten (verloren gegane normale export minus verloren gegane produktie) uit de markt neemt en vernietigt. Het totaal van produktie- en exportverlies is in beide gevallen ongeveer gelijk bij het in dit onderzoek veronderstelde verlies van exportmarkten. Het door de overheid uit de markt nemen van het exportoverschot is wellicht toch te prefereren in het belang van de Nederlandse producenten, omdat in dat geval ook het binnenlandse prijspeil gehandhaafd kan blijven. De daling van het binnenlandse prijspeil is weliswaar niet in het exportverlies opgenomen omdat deze exportverliezen alleen de nationaal-economische gevolgen weergeven, maar vormt voor de tuinbouwsector op zich wel een zeer aanzienlijke schadepost.

Tabel 8.14. Samenvattend overzicht van produktieverlies en exportverlies in land- en tuinbouw in miljoenen guldens in geval van scenario Moerdijk-ZH.

	Lichte exportvariant			Zware exportvariant		
	produk- tie- verlies	export- verlies	totaal	produk- tie- verlies	export- verlies	totaal
<b>1%-bronterm, 5 mSv</b>						
1e jaar, mei	890	1590	2480	890	3140	4030
1e jaar, december	461	2000	2461	461	3380	3841
2e jaar	139	1255	1394	139	2195	2334
<b>1%-bronterm, 50 mSv</b>						
1e jaar, mei	307	2480	2787	307	3890	4197
1e jaar, december	57	2550	2607	57	3940	3997
2e jaar	37	1375	1412	37	2315	2352
<b>0,1%-bronterm, 5 mSv</b>						
1e jaar, mei	292	2480	2772	292	3890	4182
1e jaar, december	63	2550	2613	63	3940	4003
2e jaar	42	1375	1417	42	2315	2357
<b>0,1%-bronterm, 50 mSv</b>						
1e jaar, mei	187	2560	2747	187	3950	4137
1e jaar, december	9	2620	2629	9	3980	3989
2e jaar	-	1465	1465	-	2405	2405

Voor het scenario Westelijke Noordoostpolderdijk (WNOP) zijn geen afzonderlijke berekeningen gemaakt, omdat er nauwelijks of geen landbouwgrond wordt besmet. Dit wil echter niet zeggen dat er geen schade optreedt bij een ongeval in de kerncentrale.

Uit het rapport van het Waterloopkundig Laboratorium (WL) blijkt dat er in het eerste jaar na een ongeval droogteschade in de landbouw optreedt wegens het niet kunnen gebruiken van water uit het IJsselmeer voor beregening. De droogteschade bedraagt gemiddeld respectievelijk 250 miljoen gulden bij de 1%-bronterm en 5 mSv, 210 miljoen gulden bij de 1%-bronterm en 50 mSv, 210 miljoen gulden bij de 0,1%-bronterm en 5 mSv en 80 miljoen gulden bij de 0,1%-bronterm en 50 mSv.

Voor de schade met betrekking tot de visserij in het IJsselmeer wordt bewezen naar het genoemde rapport van het WL.

Tenslotte kunnen er om psychologische redenen ook exportproblemen met landbouwproducten ontstaan in het scenario WNOP, die in het uiterste geval tot een exportverlies kunnen leiden die ongeveer gelijk is aan die welke in het scenario Moerdijk-Utr is vermeld (daar is immers ook weinig verlies van landbouwproducten).

De eindconclusie kan worden getrokken dat het exportverlies dermate overheersend is in alle scenario's, dat het voor het totale schadebeeld relatief weinig uitmaakt welke bronterm en welke werkwaarde als uitgangspunt genomen wordt. Het scenario Moerdijk-Utr levert echter nog wel een extra produktieverlies op als gevolg van het tijdelijk onbruikbaar worden van grote oppervlakten grasland bij een ongeval in mei. In geval van een ongeval zal dan ook veel aandacht geschonken moeten worden aan een goede voorlichting aan de consumenten en handelaren in binnen- en buitenland. Hierbij kan overwogen worden licht besmette producten (die wel geschikt zijn voor consumptie) uit de markt te nemen omdat deze handelswijze de totale schade zelfs kan doen verminderen als hierdoor het vertrouwen van de consument in het Nederlandse produkt behouden blijft of sneller teruggevonden kan worden. Dit geldt des te meer, omdat niet aangenomen is dat ook de binnenlandse consument overgaat tot een lagere consumptie van Nederlandse land- en tuinbouwproducten. Indien dat het geval zou zijn, zou de exportschade nog veel groter worden dan hier berekend is, vooral door de dan te verwachten verdere prijsdaling van tuinbouwproducten.

### **8.3. Raming vermindering produktie als gevolg van beïnvloeding van de werkfunctie in radioactief besmette gebieden**

In deze paragraaf wordt uiteengezet op welke wijze de vermindering van produktie in de nijverheid- en dienstensectoren in de getroffen regio's is geraamd. Deze vermindering wordt veroorzaakt doordat in een aantal regio's gedurende bepaalde perioden niet mag worden gewerkt, omdat het besmettingsgevaar te groot is. Om het beeld te completeren is een deel van het produktieverlies in de sector landbouw, zoals berekend in paragraaf 8.2, voor zover het van invloed is op andere sectoren, eveneens in deze paragraaf meegenomen. Dit houdt verband met het feit dat de produktie vermindering (in alle sectoren) het uitgangspunt vormt voor de berekening van de economische effecten in de getroffen regio's en de rest van Nederland; genoemde effecten komen in paragraaf 8.4 aan de orde. Deze geraamde effecten zijn exclusief de effecten gerelateerd aan het verlies van de ongevalscentrale zelf, welke reeds in hoofdstuk 5 aan de orde zijn gesteld.

De gevolgde werkwijze komt er in essentie op neer dan voor de getroffen regio's, waar niet meer mag worden gewerkt, de produktie die gedurende een bepaalde periode niet kan plaatsvinden is bepaald door vermenigvuldiging van werkgelegenheidscijfers (per bedrijfsklasse) met arbeidsproductiviteitsgegevens (eveneens per bedrijfsklasse). Zoals reeds in de inleiding is opgemerkt, is voor wat betreft de bedrijfsklasse landbouw uitgegaan van door het LEI opgestelde ramingen van het "normale" produktieverlies, dat immers in dit verband van betekenis is voor de doorwerking in de rest van de economie.

De afbakening van de regio's waarbinnen niet meer mag worden gewerkt is afhankelijk van de volgende kenmerken van de in beschouwing genomen scenario's:

- a) lokatie kerncentrale
- b) bronterm
- c) weertype
- d) de werkwaarden ten aanzien van ontruiming (eerste-jaars effectieve dosis groter dan 50 dan wel 250 mSv) en werken binnen het ontruimde gebied (eerste-jaars effectieve dosis groter dan 250 resp. 1250 mSv) en van
- e) de tijdsfactor.

Bij de berekeningen is ervan uitgegaan dat, als gevolg van decontaminatiemaatregelen, geen enkel gebied langer dan een jaar voor wonen en/of werken ongeschikt zal zijn. Nadat voor de verschillende cases aan de hand van de contourtekeningen (zie hoofdstuk 2) is vastgesteld welke gebieden voor bepaalde perioden ontoegankelijk zouden zijn voor werkenden, zijn de arbeidsvolumecijfers naar bedrijfsklasse in die gebieden berekend.

Vervolgens is voor de verschillende bedrijfsklassen de arbeidsproductiviteit voor 1985 geraamd. Dit is geschied aan de hand van CPB- en CBS-gegevens, waarbij rekening is gehouden met regionale arbeidsproductiviteitsverschillen.

Voor de lokaties Moerdijk en de westelijke Noordoostpolderdijk is voor beide brontermen nagegaan welk gebied ontruimd zou moeten worden bij hantering van de 50 en 250 mSv werkwaarden; dit is geschied op basis van de contourtekeningen (zie de figuren in hoofdstuk 7). Bij een eerste-jaars effectieve dosis hoger dan de interventiewerkwaarde (van 50 of 250 mSv) mag ontruiming worden verwacht. Dit blijkt bij de westelijke Noordoostpolderdijk bij geen van de brontermen het geval te zijn. Deze lokatie blijft dan ook buiten beschouwing bij de raming van productievermindering.

Vanuit Moerdijk redenerende wordt met name Zuid-Holland (windrichting Randstad) dan wel zuidoost Zuid-Holland (windrichting Utrecht) getroffen. Voor de te ontruimen gemeenten is vervolgens aan de hand van de contourtekeningen nagegaan hoe lang er niet mag worden gewerkt.

Bij de gemeenten die een jaar of langer niet beschikbaar zouden zijn, is alleen de vermindering van de productie in het eerste jaar bepaald. Dit hangt samen met de uitgangsveronderstelling dat — ook in geval van de grootste bronterm — er na maximaal een jaar weer in deze gemeenten mag worden gewoond en gewerkt, als gevolg van het treffen van decontaminatiemaatregelen.

Op basis van de in het voorgaande besproken werkgelegenheidsgegevens, arbeidsproductiviteiten en de duur van de ontruiming voor de werkfunctie is het gemis van productie geraamd in de getroffen regio's gedurende het eerste jaar na het ongeval.

#### 8.4. Doorwerkingen economie

In verband met het feit dat in de economie een vergaande arbeidsverdeling in de productie bestaat, tot uiting komend in een grote onderlinge verwevenheid van aan elkaar leverende bedrijven, blijft het verloren gaan van toegevoegde waarde niet beperkt tot de bedrijven die in het rampgebied hun activiteiten moeten staken, maar gaat ook toegevoegde waarde verloren bij toeleverende bedrijven en mogelijk ook bij afnemende bedrijven.

De economische schade die ontstaat ten gevolge van het staken van productie bestaat uit het verloren gaan van toegevoegde waarde, zijnde het totaal van de beloningen van de ingezette productiefactoren: lonen en salarissen inclusief sociale lasten, de uitgekeerde en niet uitgekeerde winsten, de rente en het ondernemersloon en verder enige andere inkomstenbestanddelen zoals netto-huren en netto-pachten. Afhankelijk van het wel of niet bevatten van de afschrijvingen spreekt men van bruto dan wel netto toegevoegde waarde. In het hiernavolgende is het begrip toegevoegde waarde als bruto beschouwd, omdat voor kapitaalgoederen de economische slijtage voortschrijdt, terwijl ook nog technische slijtage kan zijn veroorzaakt door het min of meer abrupt staken van de productie.

De economische schade van een vermindering van de productie in de getroffen regio voor Nederland is berekend met behulp van input-output benadering. Deze techniek beschrijft de onderlinge samenhang van de economische activiteiten op het niveau van bedrijfsklassen.

In tabel 8.15 is de berekende economische schade van een ongeval in termen van toegevoegde waarde berekend voor een achttal gevallen. Het totale verlies aan toegevoegde waarde in de gehele Nederlandse economie door een ongeval in een kerncentrale varieert voor de acht onderscheiden gevallen voor het eerste jaar na het ongeval tussen de f 1,2 en f 4,3 miljard. Voor tweede en volgende jaren varieert het verlies aan toegevoegde waarde (gedisconteerd tegen 5%) tussen f 47 miljoen en f 2,7 miljard. Dit is een gevolg van het feit dat gedurende een periode van 10-30 jaar op besmette grond geen agrarische produkten kunnen worden verbouwd en gedurende 7 jaar schade voor de visserij kan worden verwacht. Het totale verlies aan toegevoegde waarde varieert tussen f 1,2 en f 7,0 miljard.

**Tabel 8.15.** Verlies aan toegevoegde waarde in de gehele economie 1e respectievelijk 2e en volgende jaren, in miljoenen guldens

	Moerdijk-Utr				Moerdijk-ZH.			
	1% WE 50/50	1% WE 250/250	0,1% WE 50/50	0,1% WE 250/250	1% WE 50/50	1% WE 250/250	0,1% WE 50/50	0,1% WE 250/250
1e jaar	-1540	-1289	-1174	-1170	-4278	-1821	-1266	-1166
Totaal 2e en volgende jaren (gedisconteerd)	- 580	- 156	- 156	- 106	-2707	- 864	- 864	- 47
<b>Totaal generaal</b>	<b>-2120</b>	<b>-1445</b>	<b>-1330</b>	<b>-1276</b>	<b>-6985</b>	<b>-2685</b>	<b>-2130</b>	<b>-1213</b>

## 8.5. Samenvatting

Naast de economische schade die in de vorm van gemiste toegevoegde waarde ontstaat als gevolg van het niet kunnen uitoefenen van een deel van de Nederlandse werkfunctie, dienen nog als schade te worden aangemerkt de kosten van maatregelen (aankoop van veevoer in het buitenland), verlies van oogsten en dieren, droogteschade, verlies van export.

In paragraaf 8.2 zijn voor de landbouw becijferingen gemaakt. In de paragrafen 8.3 en 8.4 is uitsluitend aandacht besteed aan verlies van toegevoegde waarde als gevolg van belemmering van de productie in de gehele economie, waaronder ook de agrarische bedrijfstak.

Uit de in de tabellen 8.13 en 8.14 vermelde gegevens zijn de kosten van maatregelen e.d. afgeleid (waartoe de eerste jaarsschade is verminderd met het gemis van de normale agrarische productie). Vervolgens zijn ook (gecorrigeerde) exportverliezen berekend, uitgaande van de door het LEI vermelde bedragen onder het hoofd "totaal".

De gecorrigeerde exportverliezen zijn getotaliseerd waarbij het tweedejaars exportverlies is gedisconteerd met 5%. De aldus voor "mei" en "december" verkregen cijfers over de totale exportschade zijn gemiddeld weergegeven in tabel 8.16. Voor scenario WNOP zijn, zoals door het LEI aangegeven, de exportschaden gelijkgesteld aan die voor scenario M'dijk-Utr.

Door WL is berekend welke omvang de gemiste productie van de visserij heeft bij een ongeval volgens scenario WNOP en M'dijk-ZH. Deze gemiste productie is voor de gehele relevante periode omgezet in verlies aan toegevoegde waarde (waarbij deze waarde voor tweede en volgende jaren eveneens met een percentage van 5 is gedisconteerd. De voor scenario WNOP onder de kop kosten van maatregelen etc. vermelde bedragen betreffende de geraamde droogteschade als gevolg van gebrek aan beregeningswater.

**Tabel 8.16.** Schade aan de Nederlandse economie als gevolg van beïnvloeding van werkfunctie (in miljoenen gulden)

Ongevalsecase		Aard inter-ventie-werk-waarde	Economische schade						
Scenario	bron-term		Verlies toe-gevoegde waarde gehele economie	Kosten maatregelen		Exportverlies		Totaal	
				min	max	licht	zwaar	min	max
Moerdijk-Utr	1%	streng	2120	8	1412	3885	6148	6013	9680
Moerdijk-Utr.	0,1%	streng	1445	3	1153	3976	6248	5424	8846
Moerdijk-Utr.	1%	licht	1330	3	1405	3976	6218	5309	8953
Moerdijk-Utr.	0,1%	licht	1296	3	944	3977	6250	5256	8470
Moerdijk-ZH	1%	streng	6985	459	661	2779	5147	10223	12793
Moerdijk-ZH	0,1%	streng	2685	22	213	3792	6038	6499	8936
Moerdijk-ZH	1%	licht	2130	23	242	3795	6041	5948	8413
Moerdijk-ZH	0,1%	licht	1213	9	187	3982	6250	5204	7650
W.NOP	1%	streng	87	250	250	3885	6148	4222	6485
W.NOP	0,1%	streng	76	210	210	3976	6248	4262	6534
W.NOP	1%	licht	58	210	210	3976	6218	4244	6486
W.NOP	0,1%	licht	43	80	80	3977	6250	4100	6373

Uit de tabel blijkt dat de invloed van een ongeval in een kerncentrale op de werkfunctie (exclusief het verlies van de centrale zelf) varieert tussen f 4,1 en 12,8 miljard aan economische schade.



## 9. OVERIGE EFFECTEN

### 9.1. Beschrijving van de overige effecten

In dit hoofdstuk worden de overige economische effecten van een kernongeval behandeld<sup>1)</sup>. In de eerste plaats wordt ingegaan op de extra kosten van vervoer van werkkenden en de kosten van het stilleggen van continue (petro)chemische productieprocessen. Beide effecten hangen direct samen met de beïnvloeding van de werkfunctie. Daarnaast wordt aandacht besteed aan andere economische effecten die het gevolg zijn van een kernongeval. Het betreft achtereenvolgens de inkomsten van het buitenlandse bezoek aan Nederland, de eventuele bedragen die, op grond van de Aansprakelijkheidsregelingen, uit het buitenland kunnen worden ontvangen alsmede de gevolgen voor de drinkwatervoorziening. Daarna komen de gevolgen voor de visserij en voor het gebruik van oppervlaktewater aan de orde. Ten slotte wordt ingegaan op de kosten van decontaminatie van woon-werkgebieden. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een samenvattend overzicht.

#### **Extra reiskosten werkkenden**

Indien in een bepeeld radioactief besmet gebied wèl mag worden gewerkt maar niet gewoond, dient met extra transportkosten rekening te worden gehouden. Deze transportkosten zijn geraamd op f 1400 per persoon per maand. Voor elk van de cases is berekend door hoeveel mensen er in het eerste jaar gemiddeld gependeld zou gaan worden. De extra reiskosten zijn voornamelijk van toepassing bij de case Moerdijk-ZH. 1% met streng beleid (WE50/50). Juist bij dit geval zijn relatief veel gemeenten in het getroffen gebied wel geschikt om in te werken, terwijl er relatief weinig gemeenten geschikt zijn om in te wonen. De kosten bedragen in dit geval ruim f 4,8 miljard. In de overige gevallen bedragen de kosten slechts een fractie van dit bedrag.

#### **Kosten van het stilleggen van continue productieprocessen in het (petro)chemische complex in Moerdijk**

Binnen de in de verschillende cases mogelijk radioactief besmet te geraken gebieden bevindt zich een belangrijk (petro)-chemisch complex, te weten Shell-chemie Moerdijk. Op dit complex staan circa 15 installaties, die een oppervlakte in beslag nemen van circa 250 ha (gemiddeld 17 ha per installatie). Ten behoeve van de te maken kostenramingen wordt verondersteld dat het mogelijk is om de continue petrochemische processen op acceptabele wijze stil te leggen. Er wordt met andere woorden van uitgegaan dat er geen dusdanige paniekreacties ontstaan, dat er installaties zonder meer als verloren zouden moeten worden beschouwd.

Bovenstaande veronderstellingen impliceren dat alleen de extra kosten gemoeid met het opstarten in beschouwing worden genomen. Op basis van informatie van de Dienst Centraal Milieubeheer Rijnmond kunnen deze kosten op gemiddeld f 3 mln per installatie worden geraamd. Per hectare komt dit overeen met gemiddeld ca. f 180.000. Dit bedrag ligt circa f 160.000 boven de in de literatuur aangetroffen gemiddelde decontaminatiekosten per ha woon-werkgebied ad ca. f 20.000. De totale (extra) kosten kunnen derhalve op ca. f 40 mln worden geraamd.

<sup>1)</sup> Voor een gedetailleerde behandeling wordt verwezen naar het NEI-deelrapport SPH-06-20.

## **Gevolgen van een eventueel kernongeval op de inkomsten van het buitenlandsbezoek aan Nederland**

Indien zich in Nederland een ongeval in een kerncentrale zou voordoen, leidt een dergelijke gebeurtenis ongetwijfeld tot negatieve effecten op het buitenlands bezoek<sup>2)</sup>. Het is niet eenvoudig om aan te geven welke mogelijke gevolgen zo'n ongeval op het buitenlands bezoek aan Nederland zal kunnen hebben. De effecten hangen niet alleen af van de lokatie en de ernst van het ongeval, doch ook van het seizoen, de publiciteit en de reacties daarop in het buitenland.

Voor de bepaling van de effecten van een eventueel kernongeval in Nederland op het buitenlands bezoek wordt er, op basis van de gegevens met betrekking tot het bezoek aan Oostbloklanden voor en na het Tsjernobyl-ongeval, van uitgegaan dat de jaarlijkse uitgaven van buitenlanders in Nederland met 30 à 50% zullen verminderen.

De totale (directe plus indirecte) netto schade is bepaald door rekening te houden met doorwerkingen in de economie. De schaderaming bedraagt f 1290 à f 2160 mln. Ten aanzien van deze raming dient te worden opgemerkt, dat deze voor wat betreft de case Moerdijk-ZH 1% met WE50/50 een overschatting kan inhouden. De gedeerde logiesopbrengsten van hotels, pensions en recreatiewoningen zijn immers reeds in rekening gebracht bij de kosten van huisvesting van geëvacueerde personen buiten de getroffen regio. De vermelde cijfers aangaande de vorengenoemde case behoeven derhalve een bijstelling in neerwaartse richting voor zover zij gerelateerd zijn aan uitgaven van buitenlanders aan commerciële overnachtingsaccommodaties. Bij deze case bedraagt de schade dan f 730 à f 1080 mln. In alle andere gevallen behoeft geen beroep te worden gedaan op commerciële huisvestingsmogelijkheden en is de schade, zoals reeds is vermeld, f 1290 à f 2160 mln.

### **Wettelijke aansprakelijkheid kernongevallen**

(de tekst van deze paragraaf is opgesteld door het Ministerie van Economische Zaken en het Ministerie van Financiën)

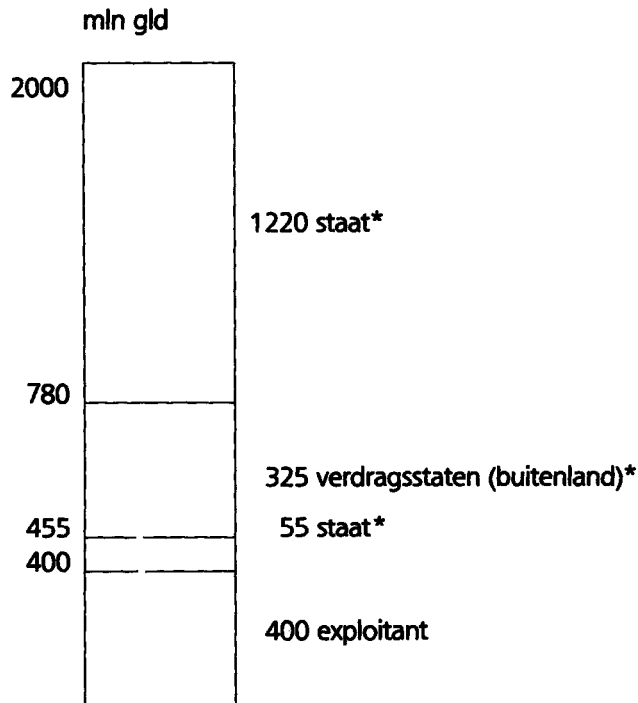
Voor zover het betreft schade aan derden die op grond van het Nederlandse Burgerlijke recht voor vergoeding in aanmerking komen, zijn de Wet aansprakelijkheid kernongevallen (WAKO) en de daaraan ten grondslag liggende Verdragen van Parijs en Brussel van toepassing. Door de regering is in december 1987 een voorstel van wet tot wijziging van de WAKO ingediend. Wanneer dit voorstel is aanvaard en ingevoerd kan het volgende beeld worden geschetst met betrekking tot de schadevergoeding die op basis van de WAKO en de verdragen van Parijs en Brussel, nadat de wijzigingsprotocollen uit 1982 in werking zijn getreden, zal worden verstrekt.

De eerste tranche ad f 400 mln, welk bedrag kan worden gewijzigd naar gelang van de dekkingscapaciteit op de verzekeringsmarkt, komt voor rekening van de exploitant van de kerncentrale. Dat wil zeggen, de schadevergoeding terzake zal door verzekeringsmaatschappijen plaatsvinden i.c. de Nederlandse Pool voor verzekering van Atoomrisico's (Atoompool). De geldstroom voor deze eerste dekkingstranche is in feite grotendeels uit het buitenland afkomstig, omdat de Atoompool ca. 95% van haar verplichtingen bij buitenlandse collegapools gedekt heeft. Een aantal risico's waarvoor de exploitant aansprakelijk is, wordt door verzekeraars echter niet gedekt, reden waarom de staat hiervoor zorgdraagt op de z.g. aanvullende Staatspolis. Bij een kernongeval veroorzaakt door een dergelijke schade-oorzaak zal de schadevergoeding in de eerste tranche derhalve voor rekening van de staat komen.

<sup>2)</sup> Verschuivingen in het gedragspatroon van Nederlandse toeristen en recreanten zijn buiten beschouwing gelaten. Deze verschuivingen zijn overigens alleen relevant voor zover ze ertoe leiden dat er in aanzienlijke mate een additioneel beroep wordt gedaan op buitenlandse vakantiebestemmingen t.b.v. een (meerdaags) vakantieverblijf. Verschuivingen naar andere recreatiegebieden binnen Nederland hebben nauwelijks macro-economische consequenties.

Daarna volgt ingevolge het gewijzigde Verdrag van Brussel een tweede tranche ad f 55 mln voor rekening van de staat. Staten, partij bij het Verdrag van Brussel, vergoeden in de derde tranche maximaal f 325 mln, verminderd met een bedrag van ± f 9 mln dat Nederland daarin zelf moet bijdragen. De vierde tranche tenslotte, ad ca. f 1220 mln, komt weer voor rekening van de staat. De totale dekking betreft derhalve 2 miljard gld.

Indien als gevolg van een kernongeval van enige omvang in een kerncentrale in Nederland schade wordt geleden op Nederlands grondgebied of dat van een of meer andere staten bij het Verdrag van Brussel, wordt derhalve maximaal ca. f 700 mln bijgedragen uit buitenlandse bronnen (verzekeraars en staten).



\* Daar deze bedragen afhankelijk zijn van de omrekeningskoers van de in de verdragen in SDR<sup>3)</sup> uitgedrukte bedragen, kunnen deze bedragen enigermate variëren.

### **Gevolgen voor de drinkwatervoorziening**

In hoofdstuk 4 is reeds ingegaan op de gevolgen voor de drinkwatervoorziening. Concluderend is in dit hoofdstuk gesteld dat de problemen waarvoor de drinkwatervoorziening zich gesteld ziet na een ongeval met een kerncentrale in Nederland vele zijn en dat de daaruit voortvloeiende schade een grote omvang kan aannemen. Het is evenwel niet mogelijk gebleken deze schade in dit stadium te kwantificeren in geldbedragen. Om deze reden worden de

<sup>3)</sup> Special Drawing Rights (Bijzondere Trekkingsrechten van het Internationale Monetaire Fonds). Thans is uitgegaan van de koers: 1 SDR = f 2,60.

gevolgen voor de drinkwatervoorziening als p.m.-post in beschouwing genomen. Uiteraard is in het deelrapport van het Waterloopkundig Laboratorium uitgebreid aandacht besteed aan de gevolgen van een beperkte drinkwatervoorziening.

#### **Gevolgen voor de visserij en het gebruik van oppervlaktewater**

De eveneens in hoofdstuk 4 behandelde gevolgen voor de visserij en het gebruik van oppervlaktewater bestaan voornamelijk uit kostenposten aangaande de agrarische sector waarop ook in hoofdstuk 8 reeds is ingegaan. Deze kosten voor de landbouw worden hier dan ook buiten beschouwing gelaten. De andere kosten betreffen de case WNOP en hebben betrekking op extra kosten inzake de scheepvaart, de elektriciteitsvoorziening en de zandwinning. Het totaal van deze extra kosten varieert tussen ca. f 30 mln en 80 mln.

#### **Decontaminatie**

Door geringe beschikbaarheid van praktische ervaringsgegevens zijn vragen met betrekking tot de organisatie van de schoonmaak van een groot gebied met een verscheidenheid aan woon-, werk- en recreatiefuncties moeilijk of niet te beantwoorden, evenmin als vragen aangaande de beschikbaarheid van de vereiste capaciteit in termen van mensen en materiaal, alsmede de tijd die met het schoonmaken is gemoed. Dit leidt ertoe dat de decontaminatiekosten die in deze studie gebruikt worden, slechts een orde van grootte suggereren. Op grond van literatuurgegevens is besloten de decontaminatiekosten te baseren op een gemiddelde van f 20.000 per ha aan wegen en bebouwde oppervlakte, waaronder wordt verstaan de oppervlakte aan woningen, bedrijfsgebouwen en openbare gebouwen. Overige niet-bebouwd oppervlak wordt buiten beschouwing gelaten; dit met name gezien de omstandigheid dat het diep ploegen of afgraven van landbouwgrond door het Ministerie van Landbouw niet reëel wordt geacht.

Van alle cases springt Moerdijk-ZH. 1% met streng beleid (WE50/50) er duidelijk uit voor wat betreft de grootte van het te decontamineren oppervlak en de daarmee samenhangende kosten. Bedacht dient te worden dat tegenover deze als substantieel aan te merken kosten van f 390 mln veel grotere voordelen staan, met name in de vorm van vermeden kosten samenhangend met de aantasting van de woonfunctie. In genoemd geval zou 2/3 van het aantal getroffen gemeenten (waaronder een groot deel van Rotterdam) voor meerdere jaren ongeschikt zijn om in te wonen indien er niet gedecontamineerd zou worden. Voor de andere gevallen bedragen de decontaminatiekosten f 20 à 30 mln.

#### **9.2. Samenvattend overzicht van overige schade**

In het voorgaande zijn de overige effecten van een ongeval met een kerncentrale geraamd. Het betreft in de eerste plaats de extra reiskosten van vervoer van werkkenden en de kosten van het stilleggen van continue (petro-)chemische produktprocessen. Daarnaast is aandacht besteed aan de inkomsten van het buitenlandse bezoek aan Nederland, de eventuele bedragen die op grond van de Aansprakelijkheidsregelingen uit het buitenland kunnen worden ontvangen alsmede de gevolgen voor de drinkwatervoorziening en de — voor scenario WNOP geldende — extra kosten inzake scheepvaart, elektriciteitsvoorziening en zandwinning. Tenslotte is ingegaan op de kosten van decontaminatie.

De resultaten van de gemaakte berekeningen zijn weergegeven in onderstaande tabel, waarbij een onderscheid wordt gemaakt naar streng en mild beleid. De overige effecten betreffen met name de (netto) schade inzake het buitenlandse bezoek en de aansprakelijkheidsregeling uit het buitenland. De netto schade inzake het buitenlandse bezoek aan Nederland varieert voor alle cases (op één na) tussen ca. f 1,3 en 2,2 miljard. In de case Moerdijk-Zuid-Holland 1% bij streng beleid is dit bedrag lager, namelijk f 0,7 à 1,1 miljard. De verklaring hiervoor ligt in de relatie met de beïnvloeding van de woonfunctie. De schade is in alle cases van dusdanige aard en omvang dat in alle gevallen de aansprakelijkheidsregeling met betrekking tot het buitenland van toepassing is: ca. + f 0,7 miljard. Dit effect is als enige positief in de economische analyse meegenomen.

De andere effecten tenslotte (de extra reiskosten en de decontaminatiekosten van bebouwde omgeving) zijn in feite alleen van toepassing bij de case Moerdijk-Zuid-Holland 1% bij streng beleid. Het betreft dan echter wel een substantieel bedrag dat in de orde van grootte ligt van in totaal ruim f 5 miljard.

Tabel 9.1. Overige effecten (in miljarden gld)

Streng beleid <sup>a)</sup>	Moerdijk-Utr		Moerdijk-ZH		WNOP	
	1%	0,1%	1%	0,1%	1%	0,1%
extra reiskosten voor woon-werkverkeer	0,15	-	4,86	0,02	-	-
kosten stilleggen continue (petro-)chemische productieprocessen	0,04	0,04	0,04	0,04	-	-
aansprakelijkheidsregeling uit het buitenland (positief)	+0,70	+0,70	+0,70	+0,70	+0,70	+0,70
(netto) schade buitenlands bezoek						
— minimum	1,29	1,29	0,73	1,29	1,29	1,29
— maximum	2,16	2,16	1,08	2,16	2,16	2,16
drinkwatervoorziening	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
extra kosten scheepvaart, elektriciteitsvoorziening, zandwinning	-	-	-	-	0,08	0,04
decontaminatie bebouwde omgeving	0,06	0,02	0,39	0,02	0,02	0,00
Licht beleid <sup>b)</sup>	Moerdijk-Utr		Moerdijk-ZH		WNOP	
	1%	0,1%	1%	0,1%	1%	0,1%
extra reiskosten voor woon-werkverkeer	0,00	-	0,05	0,00	-	-
kosten stilleggen continue (petro-)chemische productieprocessen	0,04	0,04	0,04	0,04	-	-
aansprakelijkheidsregeling uit het buitenland (positief)	+0,70	+0,70	+0,70	+0,70	+0,70	+0,70
(netto) schade buitenlands bezoek						
— minimum	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29	1,29
— maximum	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16
drinkwatervoorziening	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
extra kosten inzake scheepvaart, elektriciteitsvoorziening en zandwinning	-	-	-	-	0,04	0,03
decontaminatie bebouwde omgeving	0,02	0,02	0,03	0,02	-	-

<sup>a)</sup> relocatie bevolking bij 50 mSv/jaar; terugkeer bij een maximale cumulatieve dosis van 50 mSv; maximale dosis voor voedsel en drinkwater te zamen van 5mSv/jaar;

<sup>b)</sup> relocatie bevolking bij 250 mSv/jaar; terugkeer bij een maximale cumulatieve dosis van 250 mSv; maximale dosis voor voedsel en drinkwater te zamen van 50 mSv/jaar.

## 10. SAMENVATTEND OVERZICHT ECONOMISCHE SCHADE

In de navolgende tabellen worden samenvattende overzichten gepresenteerd van de kwantificeerbare economische schade. Naast de economische schade kunnen zich bij een ongeval in een kerncentrale nog andere nadelige effecten voordoen, bijvoorbeeld op het sociale en sociaal-psychologische vlak. Hierop is in de onderhavige studie niet nader ingegaan.

Tabel 10.1 heeft betrekking op de schade in geval van strenge interventiewerkwaarden wordt uitgegaan<sup>1)</sup>). Tabel 10.2 vermeldt de schade indien lichtere werkwaarden worden gehanteerd<sup>2)</sup>). Uit de overzichten blijkt één case er duidelijk uit te springen, namelijk Moerdijk-ZH., 1% bronterm bij strenge interventiewerkwaarden. Bij deze case is de geraamde schade gemiddeld ca. f 30 miljard. Alle andere cases komen op schadebedragen variërend tussen de f 14 miljard (WNOP-cases) en ca. f 17 miljard (Moerdijk-Utr, 1%, met strenge interventiewerkwaarden).

Het verschil tussen het eerstgenoemde hoge bedrag en de rest van de cases kan voornamelijk worden toegeschreven aan de omstandigheid dat juist in de case Moerdijk-Zuid-Holland 1% bij strenge interventiewerkwaarden een relatief groot aantal gemeenten voor een relatief lange tijd ongeschikt is voor uitoefening van de woon- en werkfunctie. Dit komt in de cijferopstelling met name tot uiting in de effectencategorieën "gezondheidseffecten en beïnvloeding woonfunctie" (categorie nr. 2), "gecumuleerde toegevoegde waardeverlies gehele Nederlandse economie" (categorie nr. 4), alsmede de extra kosten woon-werkverkeer (categorie nr. 7a). Het zijn vooral deze drie posten die ertoe leiden dat de schade f 9 à 12 miljard hoger uitvalt dan de schade in andere cases. In deze andere cases is het aantal getroffen gemeenten alsmede de duur van de besmetting beperkt en als gevolg daarvan de extra kosten voor het woon-werkverkeer.

De beide overzichten onderscheiden een zevental effectencategorieën:

1. verlies van de elektriciteitscentrale;
2. gezondheidskosten;
3. kosten van beïnvloeding van de woonfunctie (inclusief bewaking e.d.);
4. het toegevoegde waardeverlies in de gehele Nederlandse economie;
5. kosten van "maatregelen" in de land- en tuinbouw (extra kosten ruwvoer, vernietiging van op het veld staande gewassen, het afmaken van allerhande vee, e.d.);
6. exportverliezen in de land- en tuinbouw;
7. overige effecten.

ad 1. De eerstgenoemde categorie is in alle gevallen de grootste schadepost ten bedrage van (gemiddeld) ca. f 7,7 miljard. Dit bedrag is het gemiddelde van twee ramingen: een minimum- en een maximumraming die in de tabellen tussen haakjes zijn vermeld en waarvan de waarden ca. f 4,0 respectievelijk ca. 11,4 miljard bedragen. Zoals uiteengezet, is de minimumraming gebaseerd op het feit dat in afwachting van nieuw basislastvermogen de weggelaten elektriciteitsproductie kan worden overgenomen door kolengestookte centrales (tot 1992) en het ongeluk plaatsvindt op het moment dat over vervanging van de kerncentrale een beslissing moet worden genomen. De maximumraming is erop gebaseerd dat tot 1992 gasgestookte centrales de productie van de kerncentrale overnemen en gekozen wordt voor een

<sup>1)</sup> relocatie bevolking bij een lichaamsdosis van meer dan 50 mSv/jaar; terugkeer bij een maximale gecumuleerde lichaamsdosis van 50 mSv; maximale lichaamsdosis voor voedsel en drinkwater tezamen van 5 mSv/jaar.

<sup>2)</sup> relocatie bevolking bij een lichaamsdosis van meer dan 250 mSv/jaar; terugkeer bij een maximale gecumuleerde lichaamsdosis van 250 mSv; maximale lichaamsdosis voor voedsel en drinkwater tezamen van 50 mSv/jaar.

gascentrale<sup>3)</sup>). Voor een goed begrip van zaken zij vermeld dat de ramingen van financieel-economische aard zijn en derhalve geen rekening houden met maatschappelijke kostenverschillen als gevolg van met name verschillen in milieuvervuiling. Gesteld kan worden dat de schade die samenhangt met het verlies van de elektriciteitscentrale nagenoeg ongevoelig is voor lokatie, weertype, bronterm en werkwaarden.

ad 2 en 3. Dezelfde ongevoeligheid geldt niet ten aanzien van de schade welke samenhangt met gezondheidseffecten en de kosten inzake beïnvloeding van de woonfunctie. Zoals reeds is opgemerkt, vormen deze effecten met name bij de case Moerdijk-ZH. 1% bij strenge interventiewerkwaarden een aanzienlijke schadepost ter grootte van maximaal ca. f 4,7 miljard. Indien evenwel bij Moerdijk-ZH. 1% van lichtere interventiewerkwaarden wordt uitgegaan, resulteert een aanzienlijk lager bedrag van nog geen f 0,3 miljard. Er dient dan evenwel rekening te worden gehouden met maximaal 5800 extra ziektegevallen c.q. kankerpatiënten. In dit geval is er een duidelijke gevoeligheid voor de strengheid van de interventiewerkwaarden (zij het in combinatie met de overige scenario-uitgangspunten: lokatie, bronterm en weertype). Overigens heeft deze schadepost een relatie met de (onder 7 d. genoemde) netto schade ingevolge vermindering van het buitenlands bezoek aan Nederland. Aangezien er in de case Moerdijk-Zuid-Holland 1% met strenge interventiewerkwaarden een beroep dient te worden gedaan op commerciële overnachtingsmogelijkheden ter huisvesting van de voor langere tijd geëvacueerde bevolking, zouden buitenlandse toeristen toch al niet in deze accommodaties kunnen verblijven. De gederfde logiesopbrengsten zijn derhalve niet nog eens in rekening gebracht bij de (netto) schade aan het buitenlands bezoek.

ad 4. Het toegevoegde waardeverlies in de gehele Nederlandse economie is de som van de directe en indirecte verliezen in zowel de getroffen regio als de rest van Nederland. Het verlies is inclusief het (gecumuleerde met 5% gediscoteerde) toegevoegde waardeverlies in de landbouw en visserij in tweede en daarop volgende jaren. De omvang van de onderhavige schade is sterk afhankelijk van de grootte en aard van het getroffen gebied alsmede van de duur van de besmetting. De betreffende schade is het grootst bij de case Moerdijk-ZH. 1% bij strenge interventiewerkwaarden, namelijk ca. f 7 miljard. Het kleinst, namelijk nagenoeg nihil, is het toegevoegde waardeverlies bij WNOP cases.

Overigens geldt voor deze ramingen dat zij tot stand zijn gekomen op basis van tamelijk rigide veronderstellingen met betrekking tot de flexibiliteit van de Nederlandse economie. Het is denkbaar dat de vermelde bedragen lager uitvallen indien van een grotere flexibiliteit wordt uitgegaan. Een grotere mate van flexibiliteit is denkbaar indien men er op (tamelijk) korte termijn in zou kunnen slagen compensatie te vinden voor de gemiste produktie in de getroffen regio's. Dit zou kunnen geschieden op basis van (combinaties van) maatregelen als:

- \* vervanging van (althans een deel van) de weggevallen produktie door opvoering van de produktie buiten het gebied; middelen hiervoor zijn benutting van de niet-gebruikte capaciteit of verlenging van de bedrijfstijd;
- \* vervanging van (althans een deel van) de weggevallen produktie door het "interen" op voorraden;
- \* verplaatsen van (delen van) de weggevallen produktie naar niet getroffen regio's; dit geldt met name voor die activiteiten die geen of weinig voorzieningen vergen, zoals sommige persoonlijke dienstverleningen of waaraan door ruimteverschaffing en arbeid kan worden tegemoetkomen (onderwijs e.d.);
- \* imports substitutie, d.w.z. in de intermediaire leveringen uit het getroffen gebied naar de rest van Nederland wordt voorzien door import uit het buitenland.

Indien men — in extremen redenerend — ervan zou uitgaan dat dergelijke maatregelen (uitgezonderd imports substitutie) vrijwel onmiddellijk zouden kunnen worden gerealiseerd, zou het

<sup>3)</sup> De resterende levensduur van de getroffen centrale is maximaal verondersteld (25 jaar).

geraamde schadebedrag inzake deze post aanzienlijk kunnen worden gereduceerd en zelfs tot nul kunnen tenderen. Deze — uitsluitend in theorie denkbare — situatie zou alleen in de case Moerdijk-ZH. 1% bij strenge interventiewerkwaarden tot een relatief belangrijke reductie van de totale schade kunnen leiden. In dit geval is er namelijk sprake van een geraamd toegevoegde waardeverlies van ca. f 7 miljard. Voor de andere cases is deze schade aanzienlijk lager (maximaal ca. f 2,7 miljard). Het zal evenwel duidelijk zijn dat de bedoelde aanpassingen tijd zullen vergen en nooit voor 100% realiseerbaar kunnen zijn (ook niet in combinatie). Zij zullen ook zeker niet zonder extra kosten kunnen worden verwezenlijkt (in verband met bijv. toeslagen op overwerk, toenemende marginale bedrijfskosten e.d.). Indien daarenboven imports substitutie in beschouwing wordt genomen dienen ook de daarmee gemoeide kosten in rekening te worden gebracht (naast het directe toegevoegde waardeverlies in de getroffen regio's). Kortom: een reductie van de schade ingevolge het verlies aan toegevoegde waarde is weliswaar denkbaar, maar kan nooit volledig worden gerealiseerd.

ad 5. De schade aan de land- en tuinbouw ingevolge te treffen maatregelen is afhankelijk van het seizoen. De schade heeft betrekking op maatregelen als vernietiging van op het veld staande gewassen — vooral vanaf de meimaand van belang — het afmaken van vee, de extra kosten verband houdende met droogteschade en de extra kosten van ruwvoer omdat weidegras niet mag worden gebruikt, enz. Het gaat bij deze schade om kosten die gemaakt worden boven het verlies aan toegevoegde waarde in de land- en tuinbouw (reeds-begrepen onder 4) en de exportverliezen in de land- en tuinbouw (begrepen onder 6). Het vermelde bedrag is het gemiddelde van twee ramingen: een minimumraming (van toepassing indien het ongeval in december zou plaatsvinden en er relatief weinig oogst verloren gaat) en een maximumraming (van toepassing op een ongeval in mei met veel op het veld staande gewassen). Afhankelijk van de case varieert het schadebedrag tussen ca. f 0,1 miljard (WNOP 0,1% en lichte interventiewerkwaarden) en ca. f 0,7 miljard (Moerdijk-Utr 1%).

ad 6. De exportverliezen in de land- en tuinbouw hebben betrekking op de verminderde afzetmogelijkheden c.q. lagere opbrengstprijzen van Nederlandse land- en tuinbouwproducten in het buitenland. Bij de berekening van deze verliezen is tevens rekening gehouden met de ten gevolge van het ongeval verminderde productie in deze sector. Om deze reden valt het exportverlies in de agrarische sector bij de case Moerdijk-ZH 1% met strenge interventiewerkwaarden ca. f 1 miljard lager uit dan bij de andere cases. Bij de eerstgenoemde case is het totale exportverlies — gemeten over twee jaren, waarbij het tweede jaar met 5% is gediscoteerd — ca f 4 miljard. Bij alle andere cases is het totale exportverlies ca. f 5 miljard. Geen rekening is gehouden met een mogelijke vermindering van de binnenlandse vraag naar agrarische producten van Nederlandse oorsprong.

ad 7. De overige effecten betreffen met name de (netto) schade inzake het buitenlandse bezoek en de aansprakelijkheidsregeling uit het buitenland<sup>4</sup>). De (netto) schade inzake het buitenlandse bezoek aan Nederland varieert voor alle cases (op één na) tussen f 1,3 en 2,2 miljard. In de case Moerdijk-ZH. 1% bij strenge interventiewerkwaarden is dit bedrag lager, namelijk f 0,7 à 1,1 miljard. De verklaring hiervoor ligt, zoals is opgemerkt, in de relatie met de beïnvloeding van de woonfunctie (effectencategorie 3). De schade is in alle gevallen van dusdanige aard en omvang dat in alle gevallen de aansprakelijkheidsregeling m.b.t. het buitenland van toepassing is: ca. + f 0,7 miljard.

De (relatief geringe) extra kosten van scheepvaart, elektriciteitsvoorziening en zandwinning betreffen alleen de WNOP-cases. De andere effecten tenslotte (de extra reiskosten en de decontaminatiekosten van gebouwde omgeving) zijn in feite alleen van toepassing bij de case Moerdijk-ZH. 1% bij strenge interventiewerkwaarden. Het betreft dan echter wel een substantieel bedrag dat in de orde van grootte ligt van ruim f 5 miljard.

<sup>4</sup>) Geen schadebedragen zijn geraamd in relatie tot het mogelijke uitwijken van Nederlandse waterrecreanten naar het buitenland, of inzake de gevolgen voor de drinkwatervoorziening.



Al met al kan worden geconcludeerd dat in alle cases het verlies van de elektriciteitscentrale de grootste schadepost is. Daarna volgt bij alle cases (op één na) de exportschade in de land- en tuinbouw en als derde de inkomstenderving als gevolg van het gedaalde bezoek van buitenlanders aan Nederland. De laatste twee posten zijn overwegend psychologisch van aard.

Alle drie de schadeposten zijn weinig gevoelig voor lokatie, weertype, bronterm en interventiewaarden. Dit leidt ertoe dat de totale schade in de onderzochte cases (uitgezonderd één) slechts in beperkte mate verschilt. Globaal gesproken is die schade  $f$  14 à 17 miljard (inclusief contant gemaakte tweede- en volgende jaarseffecten). Slechts één case heeft die combinatie van lokatie, bronterm, weertype en interventiewerkwaarden welke tot een substantieel ander c.q. hoger schadebedrag leidt. Het betreft de case Moerdijk-ZH. 1% bij strenge interventiewerkwaarden. De schade in dit geval is op (gemiddeld) ca.  $f$  30 miljard geraamd.

### Slotbeschouwing

Zoals reeds in het inleidende hoofdstuk is aangegeven, ontmoet men bij een onderzoek als het onderhavige een aantal problemen op zijn pad. Vele daarvan zijn aangepakt door bepaalde aannamen te doen, aannamen waarover discussie mogelijk is en die ook ongetwijfeld zal ontstaan. Gegeven een ongevalsscenario is met name de vraag hoe overheden, bedrijven en individuele personen zullen reageren. Daarover is voor een als extreem te beschouwen ongeval met een nieuw te bouwen kerncentrale niet genoeg bekend om tot een nauwkeurige raming van de economische schade van zo'n geval te kunnen komen. Dat neemt niet weg dat de onderhavige studie binnen de gegeven beperkingen een betrouwbare benadering van de economische schade levert.

Voor enkele belangrijke variabelen zijn twee verschillende aannamen gedaan om de lezer inzicht te geven in de gevoeligheid van de schaderaming. Naast de locatie van de kerncentrale, de ernst van het ongeval en de weersomstandigheden tijdens het ongeval, is met name belangrijk gebleken het besmettingsniveau waarbij de overheid tot interventie overgaat. Voor vele andere zaken is één bepaalde aanname gedaan, die steeds zo goed mogelijk geëxpliciteerd is. Ook waar kwantificering van de schade in dit stadium niet goed mogelijk bleek, geeft de uitgevoerde analyse toch inzicht in de processen en factoren die een rol spelen.

Gewezen wordt bijvoorbeeld op de volgende punten:

- . afzetproblemen met bepaalde produkten op de langere termijn
- . kwetsbaarheid van de voorzieningestructuur, m.n. bij de drinkwatervoorziening
- . functieverlies van recreatieve voorzieningen
- . psychologische weerstanden bij (geëvacueerde) personen om weer in besmet gebied te gaan werken en/of wonen

De ecologische gevolgen van een ongeval met een kerncentrale konden in een studie als de onderhavige maar zeer beperkt worden nagegaan. Dit komt omdat weinig bekend is over de gevolgen van radioactieve besmetting op ecosystemen weinig bekend is over de gevolgen van radioactieve besmetting op ecosystemen en omdat deze schade zich moeilijk in economische termen laat vatten.

Het uitgevoerde onderzoek omvat een breed scala aan economische functies die alle voor eenzelfde set van ongevalsscenario's en interventieniveau's zijn geanalyseerd. Voor zover bekend is dit voor het eerst in deze breedte zo systematisch verricht. Het laatste woord zal er dan ook nog wel niet over gezegd zijn. Tot slot wordt er op gewezen dat de beide hypothetische ongevallen die in deze studie zijn gehanteerd, een zéér lage kans van voorkomen hebben (zie tabel 2.1). Omdat is uitgegaan van een verondersteld ongevalsverloop en de gebruikte scenario's zeer specifiek van aard zijn, is hier geen poging gedaan de ongevalskansen in verband te brengen met de economische schade.

Tabel 10.1. Samenvattend overzicht kwantificeerbare schade per case in miljarden guildens (1985).  
Werkwaarden: streng

Effectencategorie	Moerdijk-Utrecht 1%		Moerdijk-ZH 1%		Moerdijk-ZH 0,1%		W.N.O.P. 1%		W.N.O.P. 0,1%	
	(min)	(max)	(min)	(max)	(min)	(max)	(min)	(max)	(min)	(max)
1. Verlies elektriciteitscentrale										
a) nadelig effect elektriciteitsvoorziening	(1,23)	4,93 (8,63)	(1,23)	4,93 (8,63)	(1,23)	4,93 (8,63)	(1,23)	4,93 (8,63)	(1,23)	4,93 (8,63)
b) ontsmetting en ontmanteling		2,80		2,80		2,80		2,80		2,80
Totaal	(4,03)	7,73 (11,43)	(4,03)	7,73 (11,43)	(4,03)	7,73 (11,43)	(4,03)	7,73 (11,43)	(4,03)	7,73 (11,43)
2. Gezondheidskosten	(0,00)	0,04 (0,07)	(0,00)	0,01 (0,01)	(0,00)	0,10 (0,21)	(0,00)	0,02 (0,04)	—	—
3. Kosten van beïnvloeding woonfunctie	0,22		0,02		4,69		0,04		—	—
4. Gecumuleerd toegevoegde waardeverlies gehele Nederlandse economie	2,12		1,45		6,99		2,69		0,09	0,08
5. Kosten "maatregelen" land- en tuinbouw	(0,01)	0,71 (1,41)	(0,00)	0,58 (1,15)	(0,46)	0,12 (0,66)	(0,02)	0,25 (0,25)	(0,25)	0,25 (0,25)
6. Exportverlies land- en tuinbouw	(3,89)	5,02 (6,15)	(3,98)	5,12 (6,25)	(2,78)	3,97 (5,15)	(3,79)	4,91 (6,04)	(3,89)	5,0 (6,15)
7. Overige effecten										
a) extra reiskosten woonwerkverkeer	0,15		—		4,86		0,02		—	—
b) kosten stilleggen continue (petro-)chemische productieprocessen	0,04		0,04		0,04		0,04		—	—
c) aansprakelijkheidsregeling uit het buitenland (positief)	+0,70		+0,70		+0,70		+0,70		+0,70	+0,70
d) (netto) schade buitenlands bezoek*	(1,29)	1,73 (2,16)	(1,29)	1,73 (2,16)	(0,73)	0,91 (1,08)	(1,29)	1,73 (2,16)	(1,29)	1,73 (2,16)
e) drinkwatervoorziening	p.m.		p.m.		p.m.		p.m.		p.m.	p.m.
f) extra kosten inzake scheepvaart, elektriciteits- voorziening, zandwinning	—		—		—		—		0,08	0,04
g) decontaminatie bebouwde omgeving	0,06		0,02		0,39		0,02		—	—
TOTAAL	(11,1)	17,1 (23,1)	(10,1)	16,0 (21,8)	(24,3)	29,5 (34,8)	(11,2)	16,6 (22,0)	( 8,9)	14,2 (19,5)
									( 9,0)	14,3 (19,5)

\* p.m. schade binnenlands toerisme (m.n. waterrecreatie)

Tabel 10.2. Samenvattend overzicht kwantificeerbare schade per case in miljarden gulden (1985).  
Werkwaarden: licht

Effectencategorie	Moerdijk-Utrecht 1%		Moerdijk-Utrecht 0,1%		Moerdijk-ZH 1%		Moerdijk-ZH 0,1%		W.N.O.P. 1%		W.N.O.P. 0,1%	
	(min)	(max)	(min)	(max)	(min)	(max)	(min)	(max)	(min)	(max)	(min)	(max)
1. Verlies elektriciteitscentrale												
a) nadelig effect elektriciteitsvoorziening	(1,23)	4,93 (8,63)	(1,23)	4,93 (8,63)	(1,21)	4,91 (8,61)	(1,23)	4,93 (8,63)	(1,23)	4,93 (8,63)	(1,23)	4,93 (8,63)
b) ontsmetting en ontmanteling	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
Totaal	(4,03)	7,73 (11,43)	(4,03)	7,73 (11,43)	(4,01)	7,71 (11,41)	(4,03)	7,73 (11,43)	(4,03)	7,73 (11,43)	(4,03)	7,73 (11,43)
2. Gezondheidskosten	(0,00)	0,04 (0,07)	(0,00)	0,01 (0,01)	(0,00)	0,19 (0,38)	(0,00)	0,02 (0,04)	—	—	—	—
3. Kosten van beïnvloeding woonfunctie	0,05	0,05	0,01	0,01	0,08	0,08	0,02	0,02	—	—	—	—
4. Gecumuleerd toegevoegde waardeverlies gehele Nederlandse economie	1,33	1,28	1,28	1,28	2,13	2,13	1,21	1,21	0,00	0,00	0,00	0,00
5. Kosten "maatregelen" land- en tuinbouw	(0,00)	0,71 (1,41)	(0,00)	0,47 (0,94)	(0,02)	0,13 (0,24)	(0,01)	0,10 (0,19)	(0,21)	0,21 (0,21)	(0,08)	0,08 (0,08)
6. Exportverlies land- en tuinbouw	(3,98)	5,10 (6,22)	(3,98)	5,12 (6,25)	(3,80)	4,92 (6,04)	(3,98)	5,12 (6,25)	(3,98)	5,14 (6,22)	(3,98)	5,12 (6,25)
7. Overige effecten												
a) extra reiskosten woonwerkverkeer	0,00	—	—	—	0,05	0,05	0,00	0,00	—	—	—	—
b) kosten stilleggen continue (petro-)chemische productieprocessen	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	—	—	—	—
c) aansprakelijkheidsregeling uit het buitenland (positief)	+0,70	+0,70	+0,70	+0,70	+0,70	+0,70	+0,70	+0,70	+0,70	+0,70	+0,70	+0,70
d) (netto) schade buitenlands bezoek*	(1,29)	1,73 (2,16)	(1,29)	1,73 (2,16)	(1,29)	1,73 (2,16)	(1,29)	1,73 (2,16)	(1,29)	1,73 (2,16)	(1,29)	1,73 (2,16)
e) drinkwatervoorziening	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.	p.m.
f) extra kosten inzake scheepvaart, elektriciteits- voorziening, zandwinning	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
g) decontaminatie bebouwde omgeving	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03	—
TOTAAL	(10,0)	16,0 (22,0)	(10,0)	15,7 (21,4)	(10,8)	16,3 (21,9)	(9,9)	15,3 (20,7)	(8,9)	14,2 (19,4)	(8,7)	14,0 (19,3)

\* p.m. schade binnenlands toerisme (m.n. waterrecreatie)

## **BEGRIPPENLIJST** (bedoeld voor de lezers die niet vertrouwd zijn met de materie)

### **Activiteit**

Het aantal atoomkernen in een gegeven eenheid radioactieve stof dat per tijdseenheid vervalst onder uitzending van ioniserende straling.

### **Adsorptie**

De (tijdelijke) binding van opgeloste stoffen aan het oppervlak van de gronddeeltjes (organische stof, kleimineralen).

### **ALARA**

"All exposures shall be kept As Low As Reasonable Achievable, economic and social factors being taken into account."

Grondregel van ICRP-26 (1977) voor dosisbeperking.

### **Basislast**

Het elektrisch vermogen dat continu kan worden geleverd.

### **Becquerel**

Speciale naam voor de eenheid van radioactiviteit met als symbool Bq. 1 Bq komt overeen met 1 spontane overgang van een instabiele atoomkern per seconde. Een oudere eenheid van radioactiviteit is de curie (Ci): 1 Ci =  $3,7 \cdot 10^{10}$  Bq.

### **Besmetting**

Radioactieve besmetting, d,w,z, de verontreiniging van een willekeurige stof of een willekeurige omgeving door radioactieve stoffen.

### **Betalingsbalans**

Het totaal van de rekeningen voor goederen, diensten, kapitaalopbrengsten, kapitaal en goud/deviezen, waarop de transacties met het buitenland worden geregistreerd.

### **Bezinking**

Het op de bodem terechtkomen van met water meegevoerde zand-, klei- en andere deeltjes.

### **Bodemprijs**

Laagste prijs waarbij een produkt nog op de markt wordt aangeboden.

### **Bronterm**

Geheel van factoren die de samenstelling, hoeveelheid en wijze van vrijkomen van radionucliden in de biosfeer beschrijven.

### **Carcinogeen**

Kankerverwekkend.

### **Collectieve dosis**

Gemiddelde dosis per persoon, vermenigvuldigd met het aantal bestraalde personen. Deze wordt uitgedrukt in mentsievert.

### **Concentratie**

De hoeveelheid van een stof t.o.v. de hoeveelheid stof waarin de eerste is opgelost.

### **Decontamineren**

Ontsmetten.

**Depositie**

Het terechtkomen van (radioactieve) stoffen op het aardoppervlak.

**Dosisequivalent of dosis**

Maat voor de mogelijke schadelijke invloeden van ioniserende straling in een orgaan of weefsel van de mens, verkregen door de geabsorbeerde dosis te vermenigvuldigen met een kwaliteitsfactor. Die factor brengt de relatieve biologische werkzaamheid van de diverse vormen van ioniserende straling op globale wijze in rekening. Zie ook Sievert.

**Dosistempo**

Ontvangen dosis (hoeveelheid) straling per tijdseenheid.

**Drempeldosis**

Dosis waaronder de gevolgen van bestraling niet worden waargenomen.

**Doorslag**

Tijd die verstrijkt tussen de verontreiniging van een vaste stof en het moment dat deze zichtbaar wordt.

**Effectief dosisequivalent of effectieve dosis**

Gewogen som van orgaan-dosisequivalent waarmee het risico van een ongelijkmatige bestraling van het lichaam kan worden vergeleken met dat van een homogene bestraling van het gehele lichaam.

**Evacuatie**

Het massaal (gedwongen) laten vertrekken (en terugkomen) van mensen uit een bedreigd woongebied.

**Exploitatiekosten**

Kosten van bediening en onderhoud.

**Foetus**

Ongeboren kind.

**Geabsorbeerde dosis**

De hoeveelheid energie van ioniserende straling die per massa-eenheid in een bepaald materiaal wordt geabsorbeerd. In dit rapport gaat het steeds over geabsorbeerde dosis in een orgaan of weefsel van het menselijk lichaam, gemiddeld over het volume van dat orgaan of weefsel. Zie ook bij Gray.

**Genetische schade**

Schade aan de dragers van erfelijke eigenschappen (van de mens) die zich uit in afwijkingen bij het nageslacht.

**Gevoeligheidsanalyse**

Analyse die wordt uitgevoerd om na te gaan in hoeverre analyseresultaten worden beïnvloed door relatief kleine veranderingen in variabelen c.q. aannamen.

**GJ = Giga Joule**

Eenheid van energie, in dit geval  $10^9$  Joule.

**Gray**

Speciale naam voor de eenheid van geabsorbeerde dosis met als symbool Gy.  $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$ . Een oudere eenheid van geabsorbeerde dosis is de rad:  $1 \text{ rad} = 0,01 \text{ Gy}$ .

**Halfwaardetijd of Halveringstijd**

Fysische halfwaardetijd: de periode die verloopt totdat een radioactieve stof door verval 50% van zijn activiteit heeft verloren.

Biologische halfwaardetijd: de tijd waarin de helft van een in een organisme aanwezige hoeveelheid van een bepaalde stof wordt uitgescheiden.

**Hyperfiltratie**

Zuiveringsmethode waarbij stoffen m.b.v. membranen uit het water worden verwijderd.

**Infiltratie**

- Het verschijnsel dat water aan het oppervlak de grond binnendringt.
- De aanvulling van water die onder het grondoppervlak d.m.v. een sloten- of buizenstelsel plaats vindt.

Uitwisseling.

**Interventieniveau**

criterium voor het nemen van beslissingen over (dosisbeperkende) tegenmaatregelen bij reactorongevallen. In dit onderzoek zijn daarvoor z.g. interventiewerkwaarden gehanteerd. .

**Inklinken**

Inzakken van de bodem a.g.v. verlagen van het waterpeil.

**Ionenwisseling**

Zuiveringsmethode waarbij ionen (electrisch geladen deeltjes) m.b.v. bepaalde materialen, zoals kunstharsen, worden verwijderd.

**Ioniserende straling**

Aanduiding voor straling die bij wisselwerking met een materiaal ionisatie in dat materiaal geeft. Radioactieve stoffen zenden ioniserende straling uit in de vorm van neutronen, alpha-straling (snel bewegende heliumkernen), beta-straling (snel bewegende electronen) en gamma-straling (electromagnetische straling). De belangrijkste radionucliden die bij een reactorongeval kunnen vrijkomen, zenden bij verval beta- en gamma-straling uit.

**Input-output analyse**

Analyse methode waarmee van een bepaalde begingebuurtenis de verdere doorwerking kan worden berekend.

**Investeringskosten**

Kosten van de aanschaffing van duurzame productiemiddelen.

**Inzigen**

Het indringen van oppervlaktewater in de bodem.

**Jodiumprofylaxe (tabletten)**

Tegenmaatregel bij een reactorongeval waarbij men de geabsorbeerde dosis in de schildklier, veroorzaakt door opname van radioactief jodium in de schildklier, tracht te beperken door de tijdige inname van een relatief grote hoeveelheid (niet-radioactief) jodium.

**Kwaliteitsfactor**

Factor waarin de biologische schade van de verschillende soorten straling (zie ioniserende straling) is verwerkt.

**Kengetal**

Veel gebruikte, getalsmatige, benadering van de grootte van een verschijnsel.

**Kernreactor**

Installatie waarin een kernsplijtingsreactie kan worden beheerst en in stand gehouden. Als splijtbaar materiaal (de "brandstof") wordt meestal uranium of plutonium gebruikt.

**Kwel**

Het uittreden van grondwater (in bepaalde gebieden onder stijghoogte verschillen, waarbij water in hoger gelegen gebieden is geïnfilteerd).

**KWh – Kilo Watt uur**

Eenheid van energie, in dit geval  $10^3$  Watt gedurende een uur.

**Latentie**

Tijdsduur die verstrijkt tussen het moment van besmetting en de waarneming van ziekteverschijnselen.

**MWe – Mega Watt elektrisch**

Eenheid van elektrisch vermogen, in dit geval  $10^6$  Watt elektrisch.

**Natuurlijke straling**

Het geheel van ioniserende straling afkomstig van natuurlijke, aardse en kosmische bronnen. Hierin is ook de straling van de van nature in het lichaam aanwezige radioactieve stoffen begrepen.

**Niet-stochastische effecten (van ioniserende straling)**

Effecten waarbij de ernst van het effect wordt bepaald door de geabsorbeerde dosis. Niet-stochastische effecten treden in het algemeen op bij overschrijding van een bepaalde (drempel-)waarde van de geabsorbeerde dosis.

**Nuclide**

Atoom met een bepaald aantal neutronen en protonen.

**Omzettingsfactor**

Dat deel van de dagelijkse inname van nucliden die wordt aangetroffen in een liter drank (melk) en een kilogram voedsel (vlees), wanneer een evenwichtssituatie is ontstaan.

**Overdrachtsfactor**

Verhouding tussen de concentratie van de beschouwde stof (nuclide) in het uitgangsmateriaal (bodem) en die in het beschouwde eindproduct (gewas, vee).

**Overschrijdingsfactor**

De concentratie van (radioactieve) stoffen gedeeld door de gehanteerde werkwaarde of interventieniveau. Hiermee kan het functieverlies worden bepaald.

**Pluimdosis**

Stralingsdosis ontvangen uit de lozingspluim.

**Productie**

De voortbrenging van goederen en diensten.

**Productiewaarde**

De waarde van de voortgebrachte goederen en diensten, exclusief de omzetbelasting.

**Radioactief verval**

Zie bij Radioactieve stof.

**Radioactieve besmetting**

Zie bij Besmetting.

**Radioactieve stof**

Stof die het verschijnsel van radioactiviteit vertoont. De radioactiviteit van een radioactieve stof vermindert in de loop van de tijd (radioactief verval). Zie ook bij Halveringstijd.

**Radioactieve straling**

Veel gebruikte, taal- en natuurkundig onjuiste, aanduiding van ioniserende straling. Zie aldaar.

**Radioactiviteit**

Natuurkundig verschijnsel, waarbij instabiele atoomkernen (radionucliden) onder uitzending van ioniserende straling spontaan overgaan in stabiele of opnieuw instabiele atoomkernen. Zie ook bij Becquerel.

**Radionuclide**

Aanduiding voor een bepaald type radioactieve atoomkern.

**Reactorinsluiting**

Constructie waarin een kernreactor is geplaatst ten behoeve van de veiligheid.

**Reactorjaren**

Totaal van het aantal jaren dat kernreactoren in werking zijn.

**Reactorongeval**

Een voorval, waardoor buiten de inrichting waarin de kernreactor is geplaatst, een radioactieve besmetting van de biosfeer optreedt, veroorzaakt door een lozing van radioactieve splijtingsproducten, welke uitgaat boven hetgeen via de bedrijfsvergunning is toegelaten, danwel een voorval waarbij een reële kans bestaat op een dergelijke besmetting.

Tengevolge van een reactorongeval kunnen land en gebouwen, voedsel en drinkwater radioactief besmet raken.

**Retardatie**

Vertraging (van processen).

**Sievert**

Speciale naam voor de eenheid van dosisequivalent met als symbool Sv.  $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$ . Een oudere eenheid van dosisequivalent is de rem:  $1 \text{ rem} = 0,01 \text{ Sv}$ .

**Stochastische effecten (van ioniserende straling)**

Effecten waarbij niet de ernst van het effect maar de kans op het optreden ervan wordt bepaald door de geabsorbeerde dosis (of het dosisequivalent).

**Stralingsdosis (of kortweg "dosis")**

Hoeveelheid straling die een levend organisme ontvangt. Als eenheid is in dit rapport de sievert gebruikt. Zie aldaar.

**Stralingsziekte**

Ziekte ontstaan door het ontvangen van (grote hoeveelheden) straling.

**Tegenmaatregel**

Maatregel om de gevolgen van een reactorongeval voor de mens te beperken.



**TWh = Terra Watt uur**

Eenheid van energie, in dit geval  $10^{12}$  Watt gedurende een uur.

**Toegevoegde waarde**

Verskil in waarde tussen de voortgebrachte (eind)produkten en het verbruik tijdens het productieproces of de beloning van de productiefactoren (lonen, rente etc.).

**Traject van interventieniveaus**

Een interventietraject is het gebied tussen de dosiswaarde waaronder, op grond van overwegingen van individueel stralingsrisico, een bepaalde maatregel niet waarschijnlijk is en de dosiswaarde waarboven, op grond van deze overwegingen, het onwaarschijnlijk is dat de maatregel niet genomen wordt, tenzij door het nemen van andere maatregelen een grotere dosisreductie kan worden verkregen.

**Uitspoelen**

Afvoeren van (een deel) van verontreinigingen door water.

**Verdelingscoëfficiënt**

Maat voor de adsorptie van een stof in een bepaalde bodem of water.

**Volgdosisequivalent voor 50 jaar**

Dosisequivalent veroorzaakt door de inname van radioactiviteit in het lichaam geïntegreerd over een periode van 50 jaar.

**Werkfunctie**

Functie die een gebied vervult m.b.t. werkgelegenheid.

**Woonfunctie**

Functie die een gebied vervult m.b.t. huisvesting.

## RAPPORTEN PROJECT HERBEZINNING KERNENERGIE

---

SPH-01-00	SAMENVATTING PROJECT HERBEZINNING KERNENERGIE
SPH-03-01	Ernstige reactorongevallen opnieuw bezien: de Bronterm
SPH-03-02	Bijlagen Ernstige reactorongevallen opnieuw bezien: de Bronterm
SPH-02-03	Tsjernobyl, reacties en ontwikkelingen
SPH-03-04	OSART-rapporten inclusief post-OSART-werkplan Kerncentrale Borssele
SPH-03-05	OSART-rapport inclusief post-OSART-werkplan Kerncentrale Dodewaard
SPH-03-06	Studie Brandveiligheid van het actieplan Veiligheid van Kerncentrales
SPH-03-07	Studie Menselijk handelen van het actieplan Veiligheid van Kerncentrales
SPH-03-08	Studie De gevoeligheid voor reactiviteitsongevallen van het actieplan Veiligheid van Kerncentrales
SPH-03-09	Beratungstudie zu Accident Management Massnahmen für die KKw Borssele und Dodewaard van het actieplan Veiligheid van Kerncentrales (GRS)
SPH-03-10	Post Tsjernobyl Rapportage inzake Veiligheidsregels (Dit rapport is als bijlage opgenomen in het rapport SPH-01-00)
SPH-04-11	Overzicht van de gehanteerde interventiewerkwaarden
SPH-05-12	Uitvoerbaarheid van Evacuatie
SPH-06-13	Hoofdrapport Economische schade van een ongeval met een kerncentrale
SPH-06-14	Economische schade van een ongeval met een kerncentrale: Mobiliteit van radionucliden in de bodem
SPH-06-15	Economische schade van een ongeval met een kerncentrale: Gevolgen van radioactieve besmetting van oppervlaktewater
SPH-06-16	Economische schade van een ongeval met een kerncentrale: Landbouw-economische gevolgen
SPH-07-17	Analyse van de praktische consequenties van het waarborgingsbeleid voor de lokatie Moerdijk
SPH-08-18	Ernstige reactorongevallen opnieuw bezien: Gevolgen voor de omgeving
SPH-08-19	Bijlagen Ernstige reactorongevallen opnieuw bezien: Gevolgen voor de omgeving
SPH-06-20	Economische schade van een ongeval met een kerncentrale: Beschrijving economische analyse

Collectie Stichting Laka

www.laka.org  
Gedigitaliseerd 2022

Collectie Stichting *Laka*

[www.laka.org](http://www.laka.org)  
Gedigitaliseerd 2022