
mededeling
nummer **113**

bestrijdingsmiddelen en drinkwatervoorziening in nederland



kiwa

mededeling
nummer **113**

bestrijdingsmiddelen en drinkwatervoorziening in nederland

Auteurs:
drs. R. Hopman
ir. C.G.E.M. van Beek
H.M.J. Janssen
drs. L.M. Puijker

KIWA N.V.
Hoofdafdeling Speurwerk
Nieuwegein, december 1990

INHOUD		blz.
	VERANTWOORDING	6
	SAMENVATTING	7
1	INLEIDING EN DOELSTELLINGEN	15
1.1	Inleiding	15
1.2	Doelstelling	16
1.3	Eerdere onderzoeken	17
1.4	Literatuur	17
2	TOELATING VAN BESTRIJDINGSMIDDELEN	18
2.1	Wetgeving ten aanzien van bestrijdingsmiddelen in Nederland	18
2.1.1	De Bestrijdingsmiddelenwet	18
2.1.2	De beoordeling van bestrijdingsmiddelen	19
2.1.3	Het controlebeleid	22
2.1.4	Ontwikkelingen in het beleid van toelating van bestrijdingsmiddelen in Nederland	25
2.2	Wetgeving ten aanzien van de waterkwaliteit in Nederland	26
2.2.1	Grondwater en drinkwater	26
2.2.2	Oppervlaktewater en drinkwater	30
2.3	Wetgeving ten aanzien van bestrijdingsmiddelen in het buitenland en het EEG-beleid	33
2.4	Conclusies	35
2.5	Literatuur	38
3	EMISSIES VAN BESTRIJDINGSMIDDELEN NAAR HET MILIEU	42
3.1	Emissiebronnen van bestrijdingsmiddelen naar het milieu	42
3.1.1	Oppervlaktewater	42
3.1.2	Grondwater	43
3.2	Toegelaten middelen in Nederland en middelen, die van de markt zijn verdwenen	43
3.3	Productie van bestrijdingsmiddelen	53

3.3.1	Productie in Nederland	53
3.3.2	Productie in Duitsland en Zwitserland	56
3.3.3	Productie in België	60
3.4	Gebruik van bestrijdingsmiddelen	60
3.4.1	Gebruik van bestrijdingsmiddelen in Nederland	60
3.4.1.1	Gebruiksomvang per groep bestrijdingsmiddelen	60
3.4.1.2	Gebruiksomvang per bestrijdingsmiddel	64
3.4.1.3	Overzicht van de belangrijkste toegepaste middelen bij de belangrijkste teelten	70
3.4.1.4	Landgebruik en waterwingebieden	81
3.4.1.5	Overige toepassingen	85
3.4.2	Gebruik van bestrijdingsmiddelen in Duitsland, België en Frankrijk	86
3.5	Conclusies	93
3.6	Literatuur	98
4	VÓÓRKOMEN VAN BESTRIJDINGSMIDDELEN IN WATER	100
4.1	Inleiding	100
4.2	Vóórkomen van bestrijdingsmiddelen in oppervlakte- water	101
4.3	Vóórkomen van bestrijdingsmiddelen in oevergrond- water	114
4.4	Vóórkomen van bestrijdingsmiddelen in grondwater	118
4.4.1	Nederland	118
4.4.2	Buitenland	123
4.4.2.1	Verenigde Staten	124
4.4.2.2	West-Europa	126
4.5	Conclusies	133
4.6	Literatuur	138
5	EIGENSCHAPPEN EN HUN GEDRAG IN HET MILIEU	144
5.1	Inleiding	144
5.2	Indeling van bestrijdingsmiddelen en hun fysisch- chemische eigenschappen	146
5.3	Processen	150
5.3.1	Verdelingsprocessen	150
5.3.1.1	Oplossen in water	150

5.3.1.2	Verdamping	152
5.3.1.3	Sorptie	155
5.3.1.4	Verdeling van bestrijdingsmiddelen over verschillende bodemfasen	158
5.3.2	Verdwijningsprocessen	159
5.3.2.1	Fotolyse	159
5.3.2.2	Hydrolyse	159
5.3.2.3	Biologische omzetting	160
5.4	Gedrag van bestrijdingsmiddelen in het milieu	163
5.4.1	Atmosfeer	163
5.4.2	Oppervlaktewater en waterbodem	166
5.4.3	Bodem	169
5.4.4	Grondwater	171
5.5	Computersimulaties	172
5.6	Milieucriteria voor bestrijdingsmiddelen	173
5.6.1	Grondwater	173
5.6.2	Oppervlaktewater	175
5.6.3	Oevergrondwater	175
5.7	Bestrijdingsmiddelen, gerangschikt naar mobiliteit en persistentie	176
5.8	Conclusies	179
5.9	Literatuur	182
6	RISICO'S VOOR DE DRINKWATERVOORZIENING MET BETREK- KING TOT VERONTREINIGING VAN RUWWATERBRONNEN MET BESTRIJDINGSMIDDELEN	186
6.1	Inleiding	186
6.2	Oppervlaktewater	186
6.2.1	Rijnwater	187
6.2.2	Maaswater	197
6.2.3	Overig oppervlaktewater	202
6.3	Oevergrondwater	203
6.4	Grondwater	208
6.4.1	Kwetsbaarheid van bodem en grondwater	210
6.4.2	Landgebruik met bijbehorend middelengebruik	210
6.4.3	Overzicht van middelen die verder onderzoek behoeven	211

6.5	Conclusies	221
6.6	Literatuur	227
7	ANALYSEMETHODEN VOOR BESTRIJDINGSMIDDELEN IN WATER	228
7.1	Inleiding	228
7.2	Eisen gesteld aan analysemethoden voor bestrij- dingsmiddelen in water	228
7.3	Inventarisatie van beschikbare analysemethoden voor bestrijdingsmiddelen in water anno 1989	231
7.4	Nog te ontwikkelen methoden	232
7.5	Literatuur	233
8	PRIORITEITSTELLING BESTRIJDINGSMIDDELEN	234
8.1	Inleiding	234
8.2	Prioritaire bestrijdingsmiddelen	234
9	CONCLUSIES	246

BIJLAGEN

Bijlage 1	Nadere omschrijving van het begrip onderste analysegrens	
Bijlage 2	Gedragscode voor de bevestiging van onder- zoeksresultaten opgesteld door de Raad van Bijstand van de in KIWA-verband samen- werkende Waterleidinglaboratoria	
Bijlage 3	Werkzame stoffen nu of in het verleden toe- gelaten in Nederland en andere landen in de stroomgebieden van de Rijn en Maas en meta- bolieten waar analysemethoden voor beschik- baar of beschreven zijn of nog voor ontwik- keld moeten worden	

VERANTWOORDING

Deze mededeling bevat de resultaten van het onderzoeksproject "Bestrijdingsmiddelen en drinkwatervoorziening in Nederland". Dit project maakt deel uit van het speurwerkproject "Bestrijdingsmiddelen: vóórkomen en analysemethoden" van het door de Vereniging van Exploitanten van Waterleidingbedrijven in Nederland (VEWIN) aan het Keuringsinstituut voor Waterleidingartikelen KIWA N.V. opgedragen speurwerkprogramma. Door het Ministerie van VROM is een financiële bijdrage geleverd aan dit project.

Het project is uitgevoerd in de periode 1988-1989.

De mededeling is door de KIWA-Werkgroep "Bestrijdingsmiddelen" van commentaar voorzien.

De samenstelling van deze werkgroep is als volgt:

voorzitter	dr.ir. J.A. Luijten, Stichting Waterleidinglaboratorium Zuid
leden	ir. A.I.A. Soppe, Laboratorium "De Punt", Gemeentelijk Waterbedrijf Groningen ir. J.G.M.M. Smeenk, ing. R.C. Lindhout, Gemeentewaterleidingen Amsterdam dr. P. van Zoonen, RIVM ing. R. Faasen, DBW/RIZA dr. T. Trouwborst, VROM dr. J.A. van Haasteren, VROM
secretaris	drs. L.M. Puijker, KIWA

SAMENVATTING

In het Waterleidingbesluit van 1 juli 1984 is vastgelegd dat de concentratie van een individueel bestrijdingsmiddel in het drinkwater niet hoger mag zijn dan 0,1 $\mu\text{g}/\text{l}$, terwijl de som aan bestrijdingsmiddelen de 0,5 $\mu\text{g}/\text{l}$ niet dient te overschrijden. Voor verschillende bestrijdingsmiddelen zijn reeds op verschillende plaatsen en tijdstippen overschrijdingen van deze normen vastgesteld. De keuze van de bestrijdingsmiddelen welke in dit soort onderzoeken worden betrokken, wordt mede bepaald door de vraag of er een analysemethode beschikbaar is. Om een meer systematische aanpak van het inventariserende onderzoek te kunnen bewerkstelligen is door KIWA in het kader van het VEWIN speurwerkproject "Bestrijdingsmiddelen: vóórkomen en analysemethoden" een onderzoek uitgevoerd naar de relatie tussen bestrijdingsmiddelen en de drinkwatervoorziening. Doelstelling van het onderzoek is het opstellen van een prioriteitenlijst van bestrijdingsmiddelen welke een risico betekenen voor de drinkwaterkwaliteit, met betrekking tot overschrijding van genoemde normen.

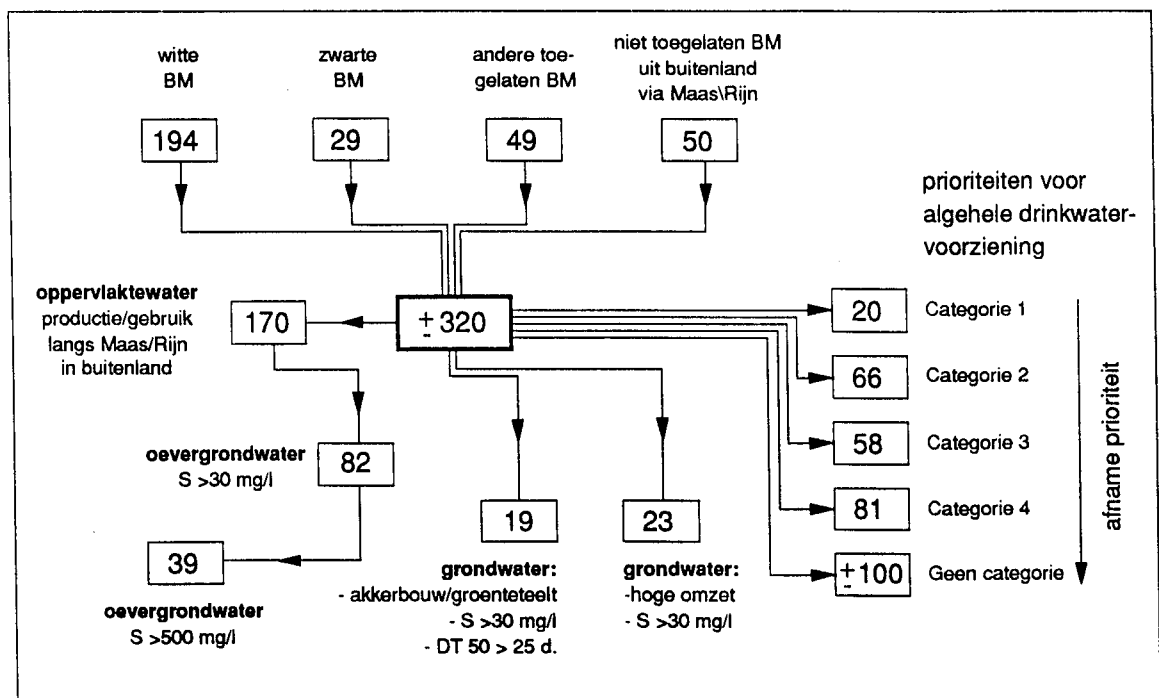
Het aantal bestrijdingsmiddelen dat in dit onderzoek betrokken is bedraagt circa 320. Het betreft per 1 maart 1989 toegelaten landbouwbestrijdingsmiddelen, waaronder 194 middelen van de witte lijst (middelen die zijn toegestaan voor gebruik in waterwingebieden), 29 middelen van de zwarte lijst (niet toegestaan in waterwingebieden), 49 toegelaten middelen welke niet op de witte of zwarte lijst voorkomen en 50 middelen die worden geproduceerd of relatief veel worden gebruikt langs Rijn en/of Maas.

De prioriteit van een bestrijdingsmiddel hangt af van de kans dat het in de bronnen voor de drinkwaterbereiding terechtkomt. Deze kans wordt bepaald door een aantal aspecten:

- het gebruik van het bestrijdingsmiddel in de landbouw
- de productie van het middel langs de grote rivieren
- de fysisch-chemische eigenschappen van het bestrijdingsmiddel
- de persistentie van het bestrijdingsmiddel

Op grond van gegevens betreffende deze aspecten is met behulp van een model zowel per watertype (grondwater, oevergrondwater en oppervlaktewater) als ook voor de algehele drinkwatervoorziening aangegeven welke bestrijdingsmiddelen een hoge prioriteit hebben. Onderstaand worden de verschillende aspecten en vervolgens de prioritaire bestrijdingsmiddelen behandeld.

In onderstaande figuur is een en ander schematisch weergegeven. In deze figuur is aangegeven wat de oorsprong is van de circa 320 bestrijdingsmiddelen die van belang zijn voor de drinkwatervoorziening in Nederland. Tevens is per watertype aangegeven hoeveel bestrijdingsmiddelen er van belang zijn. Ook zijn de criteria op grond waarvan deze aantallen zijn vastgesteld, weergegeven. Tenslotte is voor de algehele drinkwatervoorziening de prioriteitsstelling weergegeven. Hierbij is een categorie indeling gemaakt waarbij categorie 1 de bestrijdingsmiddelen van het hoogste belang bevat.



Figuur: Schematische weergave van aantallen relevante bestrijdingsmiddelen naar watertype en met betrekking tot de gehele drinkwatervoorziening.

De prioriteit van een bestrijdingsmiddel wordt onder andere bepaald door de gebruikte hoeveelheid van een middel. Een hoog verbruik betekent een verhoogde kans op uitspoeling naar het grondwater, maar ook een verhoogde kans op afspoeling en verwaaiing naar oppervlaktewater. Het gebruik in Nederland kan gerelateerd worden aan de omzet van bestrijdingsmiddelen in Nederland. Uit omzetcijfers blijkt dat er 15 middelen zijn waarvan de omzet in minstens één van de jaren 1985 tot en met 1987 groter was dan 200 ton per jaar. Het betreft:

atrazin, bentazon, captafol, captan, dichloorpropeen, dinoseb, ethoprofos, fentinacetaat, maneb, MCPA, mecoprop, metamitron, metam-natrium, methylbromide en TCA.

Daarnaast hadden 50 middelen een omzet boven de 50 ton in één van de genoemde jaren. Verder blijkt uit de omzetcijfers dat de grondontsmettingsmiddelen (bv. dichloorpropeen en metam-natrium) verreweg het meest worden toegepast in Nederland. Globaal worden drie keer zoveel grondontsmettingsmiddelen omgezet dan herbiciden of fungiciden. De landbouwsectoren waar bestrijdingsmiddelen worden toegepast zijn, in afnemende areaalgrootte, weidebouw, akkerbouw, groenteteelt in volle grond, fruitteelt, bloembollenteelt, glastuinbouw, boomteelt, bloementeelt in de volle grond en tuinbouwzadenteelt. Met name in de glastuinbouw en bloembollenteelt worden grote hoeveelheden bestrijdingsmiddelen per hectare toegepast (10-220 kg/ha.jaar). Het betreft hier echter naar verhouding kleine landbouw arealen. Op grasland, het grootste landbouwareaal, worden naar verhouding veel kleinere hoeveelheden toegepast. (< 1 kg/ha.jaar). Het betreft voornamelijk:

bentazon, 2,4-D, glyfosaat, MCPA en mecoprop.

Naast het gebruik van bestrijdingsmiddelen is ook de productie in het stroomgebied van de Rijn van belang. De producenten in Nederland zijn op zodanige locaties gevestigd, dat ze geen invloed hebben op de kwaliteit van het drinkwater in Nederland. In het buitenland worden in het stroomgebied van de Rijn circa 130 bestrijdingsmiddelen

geproduceerd, waarvan er ongeveer 50 niet in Nederland zijn toegestaan.

Nadat bestrijdingsmiddelen in het milieu terecht zijn gekomen kunnen ze via verschillende routes en processen in het water, dat wordt gebruikt voor de drinkwaterproductie, terechtkomen. Verbindingen die via het gebruik in het milieu komen, kunnen door middel van verwaaiing of afspoeling in het oppervlaktewater terechtkomen. Daarnaast zullen bestrijdingsmiddelen door uitspoeling in het grondwater terechtkomen. De mate waarin dit gebeurt hangt onder andere af van de toegepaste hoeveelheid, de fysisch-chemische eigenschappen (mobiliteit) van de middelen, de bodemkenmerken en de mate waarin deze middelen afbreekbaar zijn. De mobiliteit wordt veelal uitgedrukt met behulp van de octanol-water verdelingscoëfficiënt (Kow). Voor veel bestrijdingsmiddelen zijn echter geen Kow waarden bekend, maar wel de oplosbaarheid in water (S). Op basis van gegevens van een 72 tal bestrijdingsmiddelen is de volgende relatie tussen Kow en S (in mg/l) afgeleid:

$$\log Kow = -0,66(\pm 0,07) \cdot \log S + 3,69(\pm 0,18) \quad (r^2 = 0,72)$$

De volgende bestrijdingsmiddelen hebben een relatief hoge (>10000 mg/l) S waarde (lage Kow waarde):

acefaat, amitrol, butocarboxim, butoxycarboxim, dalapon, daminozide, dichloorvos, dikegulac-natrium, dimethoaat, endothal-natrium, ethefon, fenaminosulf, formaline, fosfamidon, glyfosaat, hexazinon, hymexazool, metam-natrium, methamidofos, mevinfos, monocrotofos, omethoaat, oxadixyl, oxamyl, oxydemeton-methyl, propamocarb, TCA, thiocyclam hydrogeenoxalaat, trichloorfon en vamidothion.

Dit zijn tevens stoffen die vanwege hun polaire karakter, wanneer zij eenmaal aanwezig zijn in het water, dat wordt gebruikt voor de productie van drinkwater, moeilijk te verwijderen zijn.

Wanneer een middel relatief snel wordt afgebroken is de kans op uitspoeling natuurlijk kleiner. Onduidelijk is vaak echter wat de

afbraakproducten zijn. Gezien het feit dat deze afbraakproducten ook tot de bestrijdingsmiddelen in de zin van het Waterleidingbesluit worden gerekend, dient naar het ontstaan en het gedrag van deze verbindingen onderzoek verricht te worden. Van de volgende bestrijdingsmiddelen zijn reeds afbraakproducten aangetoond:

atrazin (desethylatrazin, desisopropylatrazin), aldicarb (aldicarbsulfon, aldicarbsulfoxide), bentazon (anthranilzuur-isopropyl-amide), dichlobenil (2,6-dichloorbenzamide), dithiocarbamaten (ethyleenthioureum), linuron (3,4-dichlooraniline), metam-natrium (methylisothiocyanaat).

Verbindingen kunnen op twee manieren via de productie in het milieu terechtkomen. Enerzijds via calamiteiten, anderzijds via continue lozingen doordat het zuiveringssysteem van het betreffende bedrijf niet optimaal werkt.

Ook informatie over het reeds eerder aantonen van bestrijdingsmiddelen in water in binnen- en buitenland kan informatie verschaffen over de prioriteit van een bepaald middel. In het buitenland zijn in totaal 33 bestrijdingsmiddelen, welke wel in Nederland worden gebruikt, maar nog niet in Nederlands grondwater zijn aangetoond, in het grondwater aangetoond. De volgende van deze bestrijdingsmiddelen hebben, gezien het gebruik in Nederland en de eigenschappen van de middelen ook in Nederland een hoge prioriteit:

carbofuran, chloorfenvinfos, chloortoluron, chloridazon, 2,4-D, dichloorprop, dimethoat, endosulfan, isoproturon, linuron, methabenzthiazuron, methamidofos, metribuzin, parathion-ethyl, pendimethalin en TCA.

Voor het oppervlaktewater vormen naast de langs de Rijn en Maas geproduceerde verbindingen ook de in dit stroomgebied veel gebruikte bestrijdingsmiddelen een probleem. Daarnaast zullen ook de in Nederland meest toegepaste middelen een rol spelen. Hiervan uitgaande kunnen in principe 170 middelen in het oppervlaktewater van Rijn en Maas worden aangetroffen. Een aantal verbindingen met een hoge

prioriteit, die zowel in Nederland als in Duitsland worden gebruikt en tevens langs de Rijn worden geproduceerd en een relatief grote oplosbaarheid (> 500 mg/l) hebben, zijn:

**bentazon, chloridazon, 2,4-D, dichloorprop, MCPA, mecoprop, meta-
mitron, methabenzthiazuron.**

Voor oevergrondwater vormen de middelen die mogelijk in de Rijn voorkomen en een grote mobiliteit ($S > 500$ mg/l) hebben het grootste risico. Het betreft de middelen:

amitrol, bentazon, carbofuran, chloorthiamide, crimidine, 2,4-D, dazomet, demeton-S-methyl, desmetryn, dicamba, dichloorvos, dikegulac-natrium, dimethoaat, dinoseb-acetaat, ethefon, fenylkwikacetaat, o-fenylfenol, formothion, fosfamidon, glufosinaat, MCPA, mecoprop, metalaxyl, metamidron, metam-natrium, metoxuron, metribuzin, mevinfos, monocrotofos, monolinuron, omethoaat, oxadixyl, oxydemeton-methyl, propoxur, TCA, thiocyclam-hydrogeen oxalaat, tolylfluanide en trichloorfon.

Voor grondwater is de situatie complex omdat elke landbouwteelt zijn eigen specifieke toegepaste middelen heeft. Wanneer uitgegaan wordt van de middelen gebruikt bij akkerbouw en groenteteelt op volle grond en het feit dat een, nog niet in grondwater aangetoond, middel voor verder onderzoek in aanmerking komt bij een oplosbaarheid groter dan 30 mg/l en bij een halfwaardetijd bij aerobe afbraak (DT-50) groter dan 25 dagen komt men tot de volgende selectie van verbindingen met de hoogste prioriteit:

chloorprofam, chloorthalonil, ethofumesaat, fenpropimorf, fentina-cetaat, fluroxypyr, glyfosaat, isoproturon, metalaxyl, metribuzin, monolinuron, penconazool, pirimicarb, prochloraz, prometryn, propiconazol, TCA, triadimenol en vinchlozolin.

Wanneer echter voor de algehele landbouw nagegaan wordt welke de bestrijdingsmiddelen met de hoogste omzet en een relatief hoge

oplosbaarheid (> 30 mg/l) zijn, dan hebben de volgende middelen de hoogste prioriteit:

aldicarb, bentazon, chloorprofam, chloridazon, crimidine, 2,4-D, dalapon, 1,3-dichloorpropeen, dinoseb, DNOC, ethoprofos, glyfo-
saat, MCPA, mecoprop, metomitron, metam-natrium, methabenz-
thiazuron, metolachloor, pirimicarb, profam, propachloor, TCA en
vinchlozolin.

Zoals reeds eerder opgemerkt is voor elke type drinkwaterbedrijf een andere prioriteitenlijst samen te stellen. Om tot een prioriteits-
stelling te komen ten aanzien van de volgorde waarin
bepalingsmethoden ontwikkeld dienen te worden is een categorie-
indeling gemaakt van alle in het onderzoek betrokken
bestrijdingsmiddelen. Deze indeling is gebaseerd op een aantal as-
pecten die de prioriteit van een middel bepalen. Voor de volgende
aspecten is aan elk bestrijdingsmiddel een aantal punten toegekend:
omzet in minstens één van de jaren 1985 tot en met 1987 groter dan
200 ton (3 punten), omzet in minstens één van genoemde jaren groter
dan 50 ton (2), lagere jaaromzet dan 50 ton, maar wel toegepast in
Nederland (1), productie langs de Rijn (1), productie langs de Maas
(1), relatief groot verbruik in stroomgebied Rijn (1) of Maas (1),
oplosbaarheid groter dan 100000 mg/l (3), oplosbaarheid groter dan
1000 mg/l (2) en oplosbaarheid groter dan 10 mg/l (1). Tevens is aan
bestrijdingsmiddelen met een halfwaardetijd voor anaerobe afbraak
groter dan 50 dagen 2 extra punten toegekend. Hoe hoger het totaal
aantal punten dat aan een middel wordt toegekend, hoe groter het ri-
sico dat het middel inhoudt voor de kwaliteit van het drinkwater.
Toepassing van deze methode levert een indeling in vier categorieën
op. In de hoogste categorie zijn de volgende 20 bestrijdingsmiddelen
ingedeeld:

aldicarb, amitrol, atrazin, bentazon, carbendazim, chloortoluron,
chloridazon, dikegulac, ethefon, fenpropimorf, glufosinaat, maneb
(ETU), MCPA, mecoprop, metomitron, metam-natrium (MITC), metribu-
zin, oxadixyl, TCA en triadimefon.

Medio 1989 waren voor 12 van deze 20 bestrijdingsmiddelen bij de waterleidingbedrijven nog geen bepalingmethoden beschikbaar.

In categorie 2 zijn 66 bestrijdingsmiddelen opgenomen, waarvan voor 43 bestrijdingsmiddelen nog geen bepalingmethode voorhanden is. In de categorieën 3 en 4 zijn respectievelijk 58 en 81 middelen ingedeeld. In totaal is voor circa 30 % van de ingedeelde bestrijdingsmiddelen een bepalingmethode beschikbaar op een niveau van 0,1 $\mu\text{g/l}$.

1 INLEIDING EN DOELSTELLING

1.1 Inleiding

De maximaal toelaatbare concentratie voor bestrijdingsmiddelen in drinkwater is vastgelegd in het Waterleidingbesluit van 1 juli 1984. Voor een individuele component bedraagt deze waarde 0,1 $\mu\text{g}/\text{l}$, terwijl de som aan bestrijdingsmiddelen de 0,5 $\mu\text{g}/\text{l}$ niet mag overschrijden. Voor de controle van de waterkwaliteit ten aanzien van deze normen is onderzoek naar het vóórkomen van bestrijdingsmiddelen in grond-, oevergrond- en oppervlaktewater noodzakelijk. Tot nu toe wordt slechts een klein deel van de 300 in Nederland toegelaten actieve componenten in dit inventariserende onderzoek betrokken. Een van de redenen hiervoor is het feit dat, bij de laboratoria voor de waterleidingbedrijven, voor slechts circa 100 van deze componenten analysemethoden op genoemd niveau beschikbaar zijn (januari 1989). Voor de resterende componenten dient een prioriteitsstelling plaats te vinden ten aanzien van het opnemen in inventariserende studies en het ontwikkelen van analysemethoden. In het kader van het VEWIN -speurwerkprogramma is door het KIWA door middel van een inventarisatie van de relevante gegevens zo'n prioriteitsstelling gemaakt. Het Ministerie van VROM leverde een financiële bijdrage aan het onderzoek.

De prioriteit om een bepaalde actieve component in het inventariserend onderzoek te betrekken en om voor deze component een analysemethode te ontwikkelen hangt voornamelijk af van de kans dat een middel in het ruwe water van de drinkwaterbedrijven terecht kan komen. Deze kans wordt bepaald door verschillende aspecten, welke in deze mededeling achtereenvolgens behandeld zullen worden. Bij de prioriteitsstelling wordt uitgegaan van de norm van 0.1 $\mu\text{g}/\text{l}$ uit het Waterleidingbesluit. Toxicologische overwegingen worden, ook op grond van EEG en EUREAU besluiten hieromtrent (zie hoofdstuk 2), buiten beschouwing gelaten.

Van belang zijn ten eerste de productie- en verbruikscijfers van de verschillende bestrijdingsmiddelen. In hoofdstuk 3 is een inventarisatie gegeven van deze cijfers, die van belang zijn voor de situatie in Nederland. Tevens zijn de bestrijdingsmiddelen vermeld die in het

buitenland, in het stroomgebied van de Rijn en Maas geproduceerd worden.

In het verleden is reeds in verschillende onderzoeken melding gemaakt van het vóórkomen van bestrijdingsmiddelen in het oppervlaktewater (oever-)grondwater. Een inventarisatie van deze gegevens is opgenomen in hoofdstuk 4.

Daarnaast is het van belang hoe bestrijdingsmiddelen zich gedragen nadat ze in het milieu terecht zijn gekomen. Informatie over de fysisch-chemische eigenschappen en het gedrag van bestrijdingsmiddelen in het milieu is opgenomen in hoofdstuk 5.

In hoofdstuk 6 wordt op grond van de gegevens uit de hoofdstukken 3, 4 en 5 voor de verschillende waterleidingbedrijven, getypeerd naar grondstof, aangegeven welke bestrijdingsmiddelen mogelijk in het ruwe water terecht kunnen komen.

In hoofdstuk 7 wordt een overzicht gegeven van de begin 1989 beschikbare analysemethoden voor bestrijdingsmiddelen in water op een niveau van 0,1 $\mu\text{g}/\text{l}$ of lager.

Een prioriteitsstelling met betrekking tot te ontwikkelen analysemethoden is vastgelegd in hoofdstuk 8. De prioriteit van een bestrijdingsmiddel is hierbij bepaald op basis van gegevens betreffende het gebruik, de productie, het gedrag in het milieu en de eigenschappen van het bestrijdingsmiddel.

In hoofdstuk 9 tenslotte zijn de conclusies van deze mededeling opgenomen.

1.2 Doelstelling

De eerste doelstelling van dit onderzoek is het vaststellen van prioriteiten ten aanzien van bestrijdingsmiddelen welke in het inventariserend onderzoek, zoals dat wordt uitgevoerd door de waterleidingbedrijven, de overheid en onderzoeksinstituten, opgenomen dienen te worden. Daarmee samenhangend dient nagegaan te worden voor welke bestrijdingsmiddelen analysemethoden op een niveau van 0,1 $\mu\text{g}/\text{l}$ of lager beschikbaar zijn en voor welke middelen derhalve met prioriteit zo'n methode ontwikkeld dient te worden.

Een neven doelstelling van dit onderzoek is het geven van een overzicht van gegevens betreffende productie, gebruik, voorkomen, eigenschappen en gedrag in het milieu. Deze gegevens zijn gebruikt om met behulp van een opgesteld model de prioriteit van een bestrijdingsmiddel ten aanzien van monitoring en ontwikkeling van een analysemethode te bepalen.

1.3 Eerdere onderzoeken

Reeds in het begin van de zeventiger jaren werden de gevaren van de toepassing van bestrijdingsmiddelen voor de drinkwaterkwaliteit onderkend. Onder begeleiding van de KIWA-commissie Organische Stoffen is over dit onderwerp in 1972 een literatuuroverzicht gepubliceerd [Meijers, 1972]. In dit literatuuronderzoek wordt de nadruk gelegd op de chloorbestrijdingsmiddelen, maar daarnaast worden ook middelen als atrazin en diuron reeds vermeld. In een recentere studie [Smeenk en Soppe, 1988] is een aanzet gegeven tot het verkrijgen van inzicht in de mate van bedreiging van de kwaliteit van de grondstof voor drinkwater als gevolg van de toepassing van bestrijdingsmiddelen.

De beide genoemde studies kunnen worden beschouwd als de voorgangers van deze mededeling.

1.4 Literatuur

MEIJERS, A.P.: 1972. Pesticiden en drinkwatervoorziening. KIWA mededeling nr. 1 van de Commissie Organische Stoffen, Rijswijk, 1972.

SMEENK, J.G.M.M. en SOPPE, A.I.A.: 1988. Bestrijdingsmiddelen in grondwater en in oppervlaktewater bestemd voor de bereiding van drinkwater. KIWA SWE 88-006, Nieuwegein, 1988.

2 TOELATING VAN BESTRIJDINGSMIDDELEN

De bestrijdingsmiddelenwetgeving in de verschillende landen is gebaseerd op het beginsel dat het verkopen, het in voorraad of voorhanden hebben en het gebruik van bestrijdingsmiddelen is verboden, tenzij deze middelen zijn toegelaten.

De kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater in Nederland wordt onder andere bepaald door het toelatingsbeleid voor bestrijdingsmiddelen in Nederland. Het toelatingsbeleid voor bestrijdingsmiddelen in Duitsland en Zwitserland is van belang voor de emissie van bestrijdingsmiddelen naar de Rijn en de toelating van bestrijdingsmiddelen in België en Frankrijk is van belang voor de emissie naar de Maas.

In deze paragraaf zal eerst de toelating van bestrijdingsmiddelen in Nederland worden beschreven en vervolgens wordt summier aangegeven op welke wijze de toelating van bestrijdingsmiddelen in het buitenland wettelijk is geregeld.

2.1 Wetgeving ten aanzien van bestrijdingsmiddelen in Nederland

2.1.1 De Bestrijdingsmiddelenwet

In Nederland is de toelating van bestrijdingsmiddelen geregeld in de Bestrijdingsmiddelenwet van 12 juli 1962 (Staatsblad, 1962 nr.288). De instelling van de Bestrijdingsmiddelencommissie is geregeld in artikel 20 van de Bestrijdingsmiddelenwet.

De Bestrijdingsmiddelencommissie is op 1 september 1962 in werking getreden (Staatsblad, 1964 nr.353). De artikelen 1-19 en 21-28 van de Bestrijdingsmiddelenwet 1962 (BMW) zijn vanaf 1 september 1964 in werking getreden (Staatsblad, 1964 nr.329).

Deze BMW is een raamwet. De uitvoering van deze wet staat voor een belangrijk deel beschreven in de uitvoeringsbepalingen zoals onder andere

- het "Residubesluit" (Staatsblad, 1964 nr.319).
- het "Bestrijdingsmiddelenbesluit" (Staatsblad, 1964 nr.328)

- de "Beschikking Toelating Bestrijdingsmiddelen" (Staatscourant, 1988 nr.44).

Na deze datum zijn op verschillende tijdstippen nog wijzigingen of aanvullingen op deze wet aangebracht (onder andere Staatsblad, 1975 nr. 381; Staatsblad, 1986 nr.199; Staatsblad, 1986 nr.444; Staatsblad, 1989 nr.880).

2.1.2 De beoordeling van bestrijdingsmiddelen

De Minister van Landbouw en Visserij is verantwoordelijk voor de toelating van bestrijdingsmiddelen voor gebruik in de land-, tuinbouw en veeteelt. Een beslissing tot toelating wordt genomen in overeenstemming met de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer en de Staatssecretarissen van Welzijn, Volksgezondheid en Cultuur en van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. De toelating van de andere bestrijdingsmiddelen (zoals middelen voor gebruik bij voorraadbescherming, in de huishouding, ter conservering van hout en voor desinfectie) is de verantwoordelijkheid van de Staatssecretaris van WVC, eveneens in overeenstemming met de eerder genoemde bewindslieden.

In hoofdstuk 3 worden met name bestrijdingsmiddelen ten behoeve van landbouwkundig gebruik beschreven. Deze middelen zijn op basis van toepassing onder te verdelen in de volgende groepen :

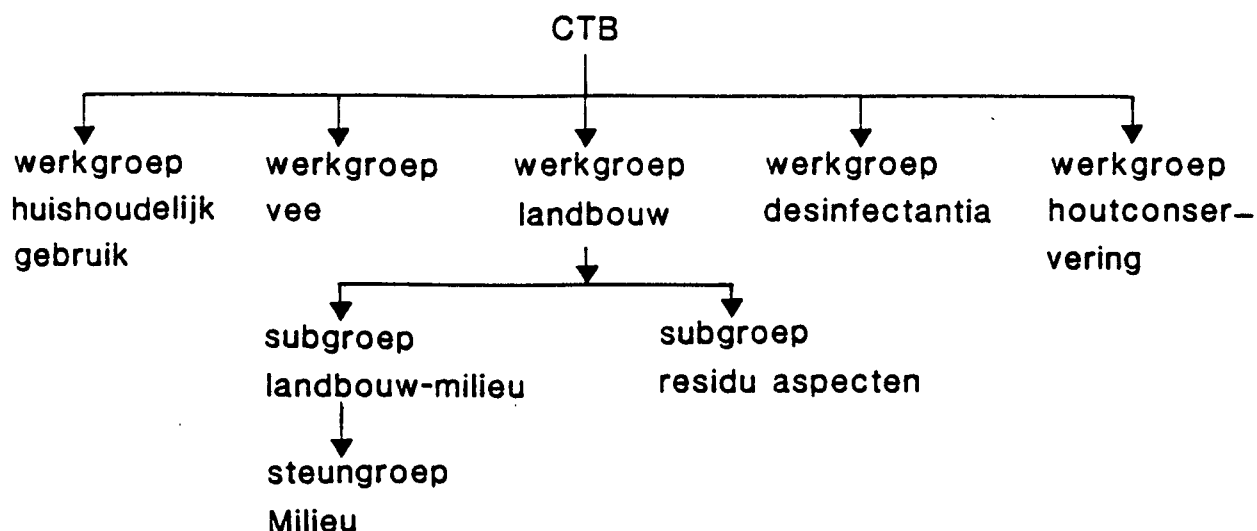
insecticiden/acariciden:	middelen ter bestrijding van insecten
fungiciden:	middelen ter bestrijding van schimmels en ziekten
herbiciden:	middelen ter bestrijding van onkruiden
doodspuitmiddelen:	middelen voor doodspuiten van loof ter voorkoming van virusziekten
groeiregulatoren:	middelen, die de groei van planten beïnvloeden
grondontsmetting:	middelen ter voorkoming van plagen (aaltjes)
rodenticiden:	middelen ter bestrijding van ongewenste dieren (mollen)

hulpstoffen: middelen, die toegepast worden om het rendement van de toepassing van bestrijdingsmiddelen te verhogen

overige middelen: middelen die voor de overige ziekten en plagen worden toegepast.

De Commissie Toelating Bestrijdingsmiddelen (CTB) adviseert bij de beslissing over de toelating van bestrijdingsmiddelen. In de CTB zijn de vier betrokken ministeries vertegenwoordigd.

De organisatievorm van de Commissie Toelating Bestrijdingsmiddelen is schematisch weergegeven in figuur 2.1.



Figuur 2.1 De organisatiestructuur van de Commissie Toelating Bestrijdingsmiddelen (CTB).

Naast de in het schema weergegeven werkgroepen adviseren subwerkgroepen bij de toelating van bestrijdingsmiddelen.

De steungroep Milieu geeft een wetenschappelijke beoordeling van het milieurisico van een stof. Dit geschiedt op basis van bij de toelating verstrekte onderzoeksgegevens.

In de subgroep Landbouw-Milieu wordt het wetenschappelijk advies ten aanzien van het milieu vertaald in een beleidsmatig advies. De werkgroep Landbouw verwerkt in haar advies naast milieu-aspecten tevens humaan-toxicologische alsmede de arbeidshygiënische

consequenties zoals gevaaraanduiding, acceptable daily intake (A.D.I.) en etikettering.

Volgens de beschikking toelating bestrijdingsmiddelen dienen bij de aanvraag tot toelating van een bestrijdingsmiddel gegevens door de toelatingshouder worden verstrekt.

Deze informatie dient de volgende gegevens te omvatten:

1. algemene informatie over toelatingshouder en middel.
2. gebruik, toepassingsgebieden, doseringen en werking van het middel.
3. chemische samenstelling van het geformuleerde middel, chemische en fysische eigenschappen van de werkzame stof.
4. giftigheid van het middel, resp. het werkzame bestanddeel en zijn omzettingsproducten;
 - a. onderzoek bij proefdieren,
 - b. waarnemingen bij mensen,
 - c. maatregelen bij vergiftiging.
5. metabolisme in de plant en de aanwezigheid van residuen.
6. gedrag van het middel en zijn omzettingsproducten in grond en water;
 - a. de aard van de omzettingsproducten en de snelheden waarmee deze in grond en water gevormd worden,
 - b. de beweeglijkheid van het middel en de belangrijkste omzettingen in de grond,
 - c. adsorptie aan slibdeeltjes,
 - d. emissie naar lucht.
7. giftigheid voor in het milieu voorkomende organismen;
 - a. giftigheid voor vogels,
 - b. giftigheid voor waterorganismen,
 - c. giftigheid voor nuttige insecten en myten.

Op deze informatie berust een geheimhoudingsplicht. De toegelaten merken verkrijgen een aan termijn gebonden toelating. De maximale toelatingstermijn bedraagt 10 jaar. Vaak is er sprake van een toelatingstermijn van minder dan 10 jaar (Tweede Kamer, 1989a). Na deze termijn vindt een hernieuwde evaluatie plaats. Momenteel vindt er voor een 150-tal middelen, die toegelaten werden voor 1975, een

herevaluatie plaats. Het RIVM beoordeelt hiervoor de dossiers inzake de milieugegevens van deze middelen.

2.1.3 Het controlebeleid

Elk toegelaten product heeft een toelatingsnummer. Van elk toelatingsnummer wordt een formulier ("geeltje") opgesteld door het Ministerie van Landbouw en Visserij (Bureau Bestrijdingsmiddelen). Op een toelatingsformulier staan alle gegevens die van belang zijn voor de toepassing. Dit formulier wordt onder andere gestuurd naar de fabrikant en de Algemene Inspectie Dienst (AID) van het Ministerie van Landbouw en Visserij.

Aan de hand van het formulier stelt de fabrikant de tekst voor het etiket op. Op het etiket dient het wettelijk gebruiksvoorschrift uit het formulier (geeltje) te worden vermeld. In het wettelijk gebruiksvoorschrift staat precies aangegeven waarvoor het middel uitsluitend is toegelaten. Ook kunnen hierin één of meer voorschriften zijn opgenomen, zoals bijvoorbeeld een verbod om het middel te gebruiken binnen waterwingebieden.

De gebruiker van dit middel is verplicht het wettelijk gebruiksvoorschrift op te volgen. De AID controleert of de bestrijdingsmiddelen volgens het wettelijk gebruiksvoorschrift worden toegepast. Als aanvulling op het wettelijk gebruiksvoorschrift brengt de fabrikant de gebruiksaanwijzing op het etiket aan. De gebruiksaanwijzing bevat alle overige informatie, die nodig is voor het verkrijgen van een goed bestrijdingsresultaat. Hierin staat ondermeer vermeld waartegen het middel werkzaam is, de werkingsduur, de dosering, het tijdstip van gebruik, hoeveelheden water en de mogelijkheden voor menging.

De toegelaten merken hebben een aan termijn gebonden toelating, waardoor het voor de controlerende instantie (AID) van belang is te weten welke merken toegelaten zijn en daarom stuurt het Bureau Bestrijdingsmiddelen een keer per twee maanden een lijst van toegelaten merken van bestrijdingsmiddelen naar de AID. In de Gewasbeschermingsgids wordt een overzicht weergegeven over de bestrijdingsmiddelen die per 1-6-1989 een toelating voor landbouwkundige toepassing hadden (Van Rijn, 1989).

De AID ziet toe op de naleving van de Nederlandse bestrijdingsmid-

delenwetgeving. Dat betekent, dat iedere gebruiker van bestrijdingsmiddelen strafbaar kan worden gesteld wanneer deze niet een zodanige zorgvuldigheid betracht bij het gebruik van bestrijdingsmiddelen, dat gevaren voor mensen en dieren, voor grond en planten, alsmede voor het verontreinigen van oppervlakte- en grondwater, worden vermeden. Volgens het zgn. zorgvuldigheidsartikel in de bestrijdingsmiddelenwetgeving is de toepasser van bestrijdingsmiddelen tevens verplicht er voor te zorgen dat er geen bestrijdingsmiddelen of restanten daarvan in bermen, slootkanten en sloten terecht komen, tenzij ze hiervoor uitdrukkelijk zijn toegelaten.

Om de belasting van het milieu wat betreft bestrijdingsmiddelen terug te dringen hebben overheid en bedrijfsleven een overeenkomst getekend over het opruimen van restanten en lege verpakkingen van bestrijdingsmiddelen (Landbouwschap, 1989a). In deze overeenkomst zijn onder andere de volgende afspraken geregeld:

1. De Verordening Reiniging van verpakkingen van bestrijdingsmiddelen.

De gebruikers van bestrijdingsmiddelen zijn door deze verordening vanaf 1 oktober 1989 verplicht om met behulp van een speciale reinigingsinstallatie bepaalde verpakkingen schoon te spoelen direct nadat deze zijn geledigd in de spuitapparatuur.

2. Het vignet STORL-verpakking (STORL = Stichting Opruiming Restanten Landbouwbestrijdingsmiddelen).

De toelatinghouders van bestrijdingsmiddelen hebben zich verplicht om vanaf 1990 alle etiketten te voorzien met informatie, waarop staat aangegeven op welke wijze verpakkingen moeten worden opgeruimd.

3. Inleveren van niet-aangebroken verpakkingen.

De distribuanten van bestrijdingsmiddelen verplichten zich om niet-aangebroken verpakkingen terug te nemen van de gebruiker.

4. Inleveren van aangebroken verpakkingen.

De gebruikers van bestrijdingsmiddelen moeten aangebroken verpakkingen waarin nog resten bestrijdingsmiddel zit inleveren bij een Klein Chemisch Afval (KCA)-depot.

Deze nieuwe ontwikkelingen hebben pas resultaat als de gebruikers van bestrijdingsmiddelen milieubewust en zorgvuldig met bestrijdingsmiddelen omgaan en de controlerende instanties, zoals de AID, overtreders van deze regelingen opsporen. Door de veranderingen in de toegelaten merken is deze overeenkomst van groot belang. De gebruiker van bestrijdingsmiddelen heeft nl. bestrijdingsmiddelen in voorraad. Indien het gebruik van een middel wordt veranderd of zelfs verboden (doordat een middel niet meer in Nederland is toegelaten), wordt dit gepubliceerd in de Staatscourant en dient de gebruiker geïnformeerd te worden via publicaties in vakbladen, via de standsorganisaties of via consultants. Veranderingen in het gebruik dienen aangebracht te worden op het etiket.

De toelating van bestrijdingsmiddelen vindt plaats in ambtelijk overleg. De waterleidingbedrijven hebben geen zitting in de CTB. Naast de fabrikanten en instellingen, die een rol spelen bij de toelating van de bestrijdingsbestrijdingsmiddelen, is er voor derden, zoals waterleidingbedrijven, geen informatie beschikbaar over de gegevens die geleid hebben tot de toelating. Om aan dit probleem tegemoet te komen, maakt het Ministerie van VROM ten behoeve van de toelating van bestrijdingsmiddelen binnen waterwingebieden gegevens over de overwegingen, die geleid hebben tot een toelating, openbaar. Hiertoe wordt vertrouwelijke informatie van de fabrikant uit de stukken verwijderd. Het Ministerie van VROM maakt gebruik van het losbladig systeem ten dienste van de beoordeling van het gebruik van bestrijdingsmiddelen in beschermingszones van waterwingebieden ("Losbladig systeem").

Bij alle in dit systeem opgenomen stoffen behoort een beschrijving waarin de naam en aard van het middel, toegelaten formuleringen, toepassingsgebieden,- tijdstippen en doseringen zijn vermeld alsmede de overwegingen met betrekking tot het advies ten aanzien van het gebruik in waterwingebieden.

Bij de toelating van het gebruik van bestrijdingsmiddelen binnen waterwingebieden wordt door de Commissie Toelating Bestrijdingsmiddelen een drietal lijsten gehanteerd:

1. Zwarte lijst - op deze lijst staan bestrijdingsmiddelen die binnen de beschermingszone niet mogen worden toegepast.
2. Witte lijst met beperking - deze lijst bevat bestrijdingsmiddelen die slechts beperkt toegepast mogen worden binnen de beschermingszone. Dit kan zijn de beperking dat ze niet mogen worden toegepast in de periode van 1 oktober - 1 april of dat ze op bepaalde gronden of bij bepaalde teelten niet mogen worden toegepast.
3. Witte lijst - deze middelen mogen binnen waterwingebieden worden toegepast (met uitzondering van de 60 dagen zones).

De AID ziet toe op de juiste toepassing van bestrijdingsmiddelen binnen waterwingebieden. Binnen waterwingebieden zijn een aantal middelen verboden, waardoor het gebruik van bestrijdingsmiddelen binnen waterwingebieden voor een aantal middelen bij diverse teelten kan afwijken van het gebruik buiten waterwingebieden (zie hoofdstuk 3).

2.1.4 Ontwikkelingen in het beleid van toelating van bestrijdingsmiddelen in Nederland.

Het beleid in Nederland is erop gericht om het gebruik van bestrijdingsmiddelen terug te dringen. Het streven is om zo efficiënt mogelijk bestrijdingsmiddelen te gebruiken waarbij de milieuschade zo gering mogelijk is. De laatste jaren wordt via beleidsnotities inhoud gegeven aan dit uitgangspunt, onder andere door een stofgerichte aanpak waarbij met name persistente en mobiele stoffen worden gesaneerd en een reductie van de omvang van het totale gebruik van bestrijdingsmiddelen.

Ook in het Nationaal Milieubeleidsplan (NMP) wordt aandacht geschonken aan het beleid ten aanzien van bestrijdingsmiddelen (Tweede Kamer, 1989b). In dit beleidsvoornemen is het streven naar een duurzame ontwikkeling het uitgangspunt.

In 1994 zullen de uit oogpunt van grondwaterbescherming belangrijkste middelen stapsgewijs zijn gesaneerd. Alle beleidsvoornemens voor

bestaande bestrijdingsmiddelen dienen voor 2000 te worden gerealiseerd. Voor nieuwe bestrijdingsmiddelen geldt dat, indien de nadelige effecten substantieel geringer zijn dan de middelen ter vervanging waarvan ze op de markt worden gebracht, toelating (tijdelijk) kan worden overwogen.

De overheid wil initiatieven ontplooiën om de ontwikkeling van geïntegreerde teeltsystemen in de akker- en tuinbouw te stimuleren. Het gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen wordt teruggedrongen, bijvoorbeeld via toepassing van ruimere vruchtwisseling en door ontwikkeling en toepassing van biologische gewasbeschermingsmiddelen. De overheid wil bodem- en oppervlaktewaterkwaliteitsnormen vaststellen, die er voor zorgen dat drinkwater in principe bereid kan worden zonder dat er een bijzondere zuivering hoeft plaats te vinden.

Om tot een versnelling van het internationale milieubeleid wat betreft bestrijdingsmiddelen te komen wil de overheid vanuit Nederland internationale organisaties en instellingen op milieugebied versterken.

2.2 Wetgeving ten aanzien van de waterkwaliteit in Nederland

2.2.1 Grondwater en drinkwater

De Raad van de Europese Gemeenschappen heeft in 1980 een aanzet gegeven om de maximaal toelaatbare concentraties van bestrijdingsmiddelen in het drinkwater op te nemen in de wetgeving van de landen van de EEG. Deze richtlijn "Richtlijn van de Raad van 12 juli 1980 nr. 80/778/EEG betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water" heeft betrekking op de eisen waaraan de kwaliteit van drinkwater moet voldoen. De opstelling van de richtlijn is ondermeer gebaseerd op een niet voorkomen van bestrijdingsmiddelen in water, op volksgezondheidsoverwegingen, op overwegingen betreffende de werking van de gemeenschappelijke markt

en het feit dat de lidstaten de nodige maatregelen nemen voor de regelmatige controle van de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water.

In de richtlijn wordt in artikel 7, lid 3, bepaald dat voor onder andere pesticiden en aanverwante producten waarden vastgesteld dienen te worden die lager liggen dan of gelijk zijn aan 0,1 $\mu\text{g}/\text{l}$ per afzonderlijke stof resp. 0,5 $\mu\text{g}/\text{l}$ voor het totaal van de bestrijdingsmiddelen in het drinkwater. Onder pesticiden en aanverwante producten wordt verstaan:

- insecticiden waaronder persistente organische chloorverbindingen, organische fosforverbindingen en carbamaten.
- herbiciden
- fungiciden
- PCB's en PCT's.

In Nederland is met de wijziging van het "Waterleidingbesluit" van 2 april 1984 uitvoering gegeven aan deze richtlijn van de EEG (Staatsblad, 1984a). Deze wijziging is in werking getreden op 1 juli 1984 (Staatsblad, 1984b).

De afwijkingen van de drinkwaterrichtlijn mogen blijkens artikel 9, derde lid (EEG, 1980), niet de toxische parameters (onder andere pesticiden en aanverwante producten) en microbiologische parameters betreffen, noch gevaar opleveren voor de volksgezondheid (artikel 4 lid 2, Staatsblad, 1984a).

Volgens artikel 6 lid 2 van het waterleidingbesluit dient de eigenaar het water wat betreft organochloorpesticiden te onderzoeken met een bepaalde frequentie (afhankelijk van het onderzochte water). Onder organochloorpesticiden wordt verstaan: α -HCH, γ -HCH en andere organochloorpesticiden, alsmede aanverwante stoffen indien er aanwijzingen zijn dat deze in het water ter plaatse kunnen voorkomen. Indien oppervlaktewater als bron dient voor de drinkwatervoorziening dient maandelijks zowel het drinkwater als het ruwe oppervlaktewater onderzocht te worden op organochloorpesticiden. Indien grondwater als bron voor de drinkwater wordt gebruikt dient jaarlijks de ruwe

grondstof onderzocht te worden op de aanwezigheid van organochloor-pesticiden, indien er aanwijzingen zijn dat deze in het water ter plaatse kunnen voorkomen.

De drinkwaterrichtlijn 80/778/EEG is opgesteld vanuit het principe dat bestrijdingsmiddelen niet behoren voor te komen in het drinkwater. Door de analytische mogelijkheden op dat moment (1980) betekende dit dat in drinkwater het gehalte aan bestrijdingsmiddelen niet hoger mocht bedragen dan de detectiegrens voor een aantal stoffen (kleiner of gelijk aan $0,1 \mu\text{g/l}$). Vanuit de landbouwwereld en de agrochemische industrie (Nefyto, 1987) wordt deze norm aangevochten, omdat deze norm niet toxicologisch is onderbouwd. In dit hoofdstuk wordt niet verder ingegaan op de toxicologische onderbouwing van de norm voor de afzonderlijke bestrijdingsmiddelen. Na het vaststellen van de EEG richtlijn 80/778 heeft in diverse landen van de EEG discussie plaatsgevonden over de norm van pesticiden in drinkwater. Op 5-6 mei 1988 heeft in Como een seminar plaatsgevonden waaraan vertegenwoordigers van waterleidingbedrijven en overheden van de diverse landen van de EEG hebben deelgenomen (Seminar, 1988). De aanbevelingen die de participanten van de Nederlandse waterleidingbedrijven en overheden hebben weergegeven, zijn onder andere:

1. De aanwezigheid van pesticiden in drinkwater is ongewenst.
2. De norm van $0,1 \mu\text{g/l}$ voor de individuele pesticiden dient gehandhaafd te worden. Bij overschrijding van de norm dienen de verantwoordelijke autoriteiten te worden gewaarschuwd en moet getracht worden deze verontreiniging te elimineren door bescherming van de bron.
3. Op korte termijn dienen de verantwoordelijke autoriteiten en de waterleidingbedrijven bij overschrijding van de norm maatregelen te nemen die verband houden met de toxicologische eigenschappen van de individuele pesticiden bijvoorbeeld zoals uitgedrukt wordt in een percentage van de ADI.

De lange termijnacties zijn gericht op een niveau beneden $0,1 \mu\text{g/l}$.

Naar aanleiding van de behandeling van de problematiek van bentazon in de Tweede Kamer heeft de Minister van VROM toegezegd om een notitie naar de Tweede Kamer toe te sturen over de criteria ter bescherming van het milieu en met name ten aanzien van de bescherming van de bodem en het grondwater met betrekking tot bestrijdingsmiddelen. Deze notitie "Milieucriteria ten aanzien van stoffen ter bescherming van bodem en grondwater" is op 26 januari 1989 gestuurd naar de Tweede Kamer (Tweede Kamer, 1989c).

Uitgangspunt van het beleid is het streven naar een duurzame ontwikkeling (multifunctionaliteitsprincipe). Voor het milieubeleid geldt dat ook de grondstof voor de drinkwatervoorziening wat betreft milieuvreemde stoffen al aan de eisen van het Waterleidingbesluit moet voldoen.

In deze nota worden bestrijdingsmiddelen met een halfwaardetijd langer dan 2 maanden als persistent beschouwd. De stof komt dan in principe niet voor toelating in aanmerking. Indien echter via informatie over uitspoeling, accumulatie of verdamping kan worden aangetoond dat de te verwachten concentraties géén aanleiding kunnen geven tot problemen, dan is alsnog toelating aanvaardbaar, zij het dat dan wel stringente beperkingen moeten worden opgelegd ter zake van de toegelaten toepassingen, de frequentie en dosering bij toepassing.

Uitgangspunt van het beleid ten aanzien van het bovenste grondwater (0-2 meter onder de grondwaterspiegel) is, dat in grondwater de norm uit de EG-richtlijn voor drinkwater van 0,1 µg/l per stof en van 0,5 µg/l voor alle bestrijdingsmiddelen samen geldt.

Voor de toelatingsbeoordeling wordt het simulatiemodel van Van der Linden en Boesten toegepast (Van der Linden, 1989). Bij de beoordeling van de milieubelasting zal in de praktijk meting van het gehalte aan bestrijdingsmiddelen in het bovenste grondwater ter controle plaatsvinden. Volgens de notitie moet nog nagegaan worden of bij de toelating en de beoordeling na controlemetingen rekening kan worden gehouden met een zekere verdunning en een eventuele afbraak van bestrijdingsmiddelen voor het bereiken van de waterwinput.

Dit uitspoelingscriterium wordt geconcretiseerd in een onderzoeksrapport dat door het RIVM in samenwerking met het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, het Instituut voor Onderzoek van Bestrijdingsmiddelen en KIWA medio 1990 is uitgebracht.

De uit oogpunt van grondwaterbescherming belangrijkste middelen dienen stapsgewijs te worden gesaneerd. In het Meerjarenplan Gewasbescherming zal het beleid wat betreft bestrijdingsmiddelen worden weergegeven. Bij de toepassing van het toelatingsbeleid zal onderscheid worden gemaakt tussen middelen die momenteel reeds zijn toegelaten en nieuwe middelen. De nieuwe middelen mogen niet worden toegelaten als ze niet aan de criteria voldoen.

Bestaande middelen die niet aan de criteria voldoen, zullen worden teruggedrongen.

Bij de aanvraag voor toelating wordt de aanvrager verzocht om een meetmethode te overleggen voor het bestrijdingsmiddel en eventueel relevante metaboliëten met een detectielimiet van maximaal 0,1 µg/l. Op korte termijn dienen volgens de milieucriteriana de bestaande beschermingsgebieden te worden gehandhaafd. Op de langere termijn is het beleid erop gericht dat er geen aantasting is van het multifunctionaliteitsprincipe, waardoor er géén noodzaak meer is om voor de toepassing van bestrijdingsmiddelen gebiedsgerichte beperkingen te handhaven.

2.2.2 Oppervlaktewater en drinkwater

In de "Milieucriteriana" wordt ook in het kort weergegeven in welke oppervlaktewateren bestrijdingsmiddelen voorkomen.

Normen die voor alle oppervlaktewateren gelden zijn gebaseerd op de functies (zowel aquatisch ecosysteem als drinkwaterbelang) die het oppervlaktewater vervult of zou moeten vervullen. Voor de bescherming van het aquatische ecosysteem zal voor een groot aantal bestrijdingsmiddelen een vast te stellen norm strenger moeten zijn dan 0,1 µg/l. Dit wordt bevestigd door een studie waarin voor 55 bestrijdingsmiddelen zogenaamde ecotoxicologische waarden zijn geformuleerd. Deze liggen voor 23 bestrijdingsmiddelen lager (soms

een factor 10 of meer) dan de waarde van 0,1 µg/l (Verkeer en Waterstaat, 1989).

Door de Raad van de Europese Gemeenschappen is in 1975 de richtlijn 75/440/EEG "Richtlijn van de Raad van Europese Gemeenschappen van 16 juni 1975 betreffende de vereiste kwaliteit van het oppervlaktewater dat is bestemd voor productie van drinkwater in de Lid-Staten", uitgebracht.

In Nederland is de richtlijn 75/440/EEG verwerkt in het Waterleidingbesluit. Voor oppervlaktewater ter bereiding van drinkwater zijn normen vastgelegd in het "Besluit kwaliteitsdoelstellingen en metingen oppervlaktewater" (Staatsblad, 1983, 606), welk besluit berust op de "Wet Verontreiniging Oppervlaktewater" (WVO) (Staatsblad, 1981, 573).

Er is momenteel voor oppervlaktewater waaraan de functie oppervlaktewater ter bereiding van drinkwater is toegekend een ontwerp-wijziging van een algemene maatregel van bestuur "Besluit kwaliteitsdoelstellingen en metingen oppervlaktewateren" in voorbereiding (Staatscourant, 1989).

Volgens de nota van toelichting dienen de normen voor bestrijdingsmiddelen op basis van het "Besluit kwaliteitsdoelstellingen en metingen oppervlaktewateren" aan te sluiten op de normen voor bestrijdingsmiddelen in drinkwater van het waterleidingbesluit (d.w.z. bij de richtlijn 80/778/EEG).

Een overzicht van de normen voor bestrijdingsmiddelen in het Waterleidingbesluit en het Besluit kwaliteitsdoelstellingen en metingen oppervlaktewateren, zoals het luidde vóór en na de aangebrachte wijziging wordt weergegeven in tabel 2.1.

Tabel 2.1 Overzicht van de normen voor bestrijdingsmiddelen in het Waterleidingbesluit en het Besluit kwaliteitsdoelstellingen en metingen oppervlaktewateren, zoals deze waren vóór en zijn na wijziging van het besluit (norm $\mu\text{g/l}$).

Parameter	1	2	3
organochloorpesticiden per individuele stof	$\leq 0,05$	$\leq 0,05$	-
aldrin			
dieldrin			
endrin			
heptachloorepoxide			
dichloordifenyldichloorethaan			
dichloordifenyldichlooretheen			
dichloordifenyltrichloorethaan			
hexachloorbenzeen			
α -hexachloorcyclohexaan			
γ -hexachloorcyclohexaan			
bovenstaande organochloorpesticiden totaal	$\leq 0,1$	$\leq 0,1$	-
cholinesteraseremmers (somparameter)	$\leq 1,0$	-	-
overige bestrijdingsmiddelen en hun belangrijkste afbraakproducten per afzonderlijke stof	-	$\leq 0,1$	-
bestrijdingsmiddelen per afzonderlijke stof	-	-	$\leq 0,1$
bestrijdingsmiddelen en hun belangrijkste afbraakproducten totaal	-	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$

1. Normen voor oppervlaktewater in het Besluit kwaliteitsdoelstellingen en metingen oppervlaktewateren, zoals het luidde vóór de wijziging.

2. Normen voor oppervlaktewater in het Besluit kwaliteitsdoelstellingen en metingen oppervlaktewateren, zoals het is komen te luiden na de wijziging.

3. Normen voor drinkwater in het waterleidingbesluit.

Om in EEG-verband tot een reductie te komen van verontreinigingen die veroorzaakt worden door bepaalde gevaarlijke stoffen, die in het

aquatisch milieu van de Gemeenschap worden geloosd, heeft de Gemeenschap een Richtlijn met betrekking tot lozingen uitgebracht (76/464/EEG). Daar de Nederlandse overheid deze richtlijn dient te volgen heeft de overheid middels diverse notities aangegeven hoe via reductie van het gebruik van bestrijdingsmiddelen ook een verminderde emissie naar het oppervlaktewater wordt bereikt.

Naar aanleiding van het ongeluk bij Sandoz (1986) is door de Internationale Rijncommissie op voorstel van de Nederlandse regering het Rijn Actie Plan (RAP) opgesteld (IRC, 1987). Dit plan omvat onder andere de volgende doelstelling :

"Het ecosysteem van de Rijn moet in een toestand worden gebracht dat in het jaar 2000, de vroeger aanwezige, maar thans verdwenen hogere soorten (bijvoorbeeld de zalm) in de Rijn, deze grote Europese rivier, weer inheems kunnen worden."

Een actieprogramma bevat drie fasen (NVA, 1989):

1. Uitwerking van het programma.
2. Uitvoering van de voorgenomen maatregelen.
3. Uitvoering van aanvullende maatregelen.

2.3 Wetgeving ten aanzien van bestrijdingsmiddelen in het buitenland en het EEG-beleid

Het EEG-beleid ten aanzien van bestrijdingsmiddelen is zowel van belang voor de wetgeving in Nederland als voor de wetgeving in het buitenland. In Nederland is het beleid gericht op het ontwikkelen van milieucriteria voor bestrijdingsmiddelen in EEG en OESO-verband. Door de EEG subgroep "Classifying substances as dangerous for the environment" zijn recent criteria opgesteld voor de indeling en het kenmerken van stoffen als milieugevaarlijk. Het is de bedoeling dat deze worden opgenomen in de EG-richtlijn inzake de kennisgeving, indeling, verpakking en etikettering van stoffen. Vervolgens zullen ze in Nederland worden geïmplementeerd in het Besluit verpakking en aanduiding milieugevaarlijke stoffen. Ook vindt er internationaal samenwerking plaats om tot gestandaardiseerde methoden te komen voor onderzoek (ISO, OECD en EG).

De toelating van bestrijdingsmiddelen in het buitenland is van belang, omdat zowel via oppervlaktewater (Rijn, Maas, Schelde en overige oppervlaktewateren) als via de lucht bestrijdingsmiddelen in Nederland in het milieu kunnen geraken. In het RIWA-rapport "Herkomst bestrijdingsmiddelen" wordt een overzicht gegeven van de toegelaten middelen en de wetgeving in de volgende landen: België, Duitsland, Frankrijk en Zwitserland (Bal, 1989).

Uit dit RIWA-rapport blijkt dat een aantal middelen die in Nederland inmiddels zijn verboden, in het buitenland zijn toegelaten. Deze middelen kunnen via onder andere uitspoeling naar het oppervlaktewater (Rijn en Maas) een bedreiging vormen voor de Nederlandse drinkwatervoorziening. Ook blijkt de beoordeling bij de toelating in de verschillende landen niet uniform plaats te vinden (COM (89) 34 def.).

Door de Commissie van de Europese Gemeenschappen is een voorstel voor een richtlijn betreffende het op de markt brengen van tot de EEG goedgekeurde gewasbeschermingsmiddelen (COM (89) 34 def.) opgesteld. Het EEG-beleid is erop gericht een lijst van in de EEG toegelaten middelen samen te stellen (bijlage 1 COM (89) 34 def.). Om tot uniforme toelating te komen beoordeelt het Permanent Plantenziektenkundig Comité of het middel aan de hand van in bijlage 2 (COM (89) 34 def.) gevraagde gegevens ("Voorschriften met betrekking tot het dossier dat moet worden ingediend voor opnemings van een werkzame stof in bijlage 1") kan worden toegelaten in de EEG.

Volgens deze richtlijn heeft elke Lid-Staat de mogelijkheid om middelen toe te laten die voldoen aan Richtlijn 79/117/EEG.

Volgens Richtlijn COM (89) 34 def. zijn de Lid-Staten jaarlijks verplicht een overzicht te verstrekken over de toegelaten middelen en daarnaast zijn de Lid-Staten verplicht deze richtlijn binnen 2 jaar (begin 1991) te implementeren in de wetgeving.

De EG-drinkwaterrichtlijn is in alle lidstaten geïmplementeerd in de wetgeving ten aanzien van de drinkwatervoorziening, maar op onderdelen bestaan er nog enige verschillen in de uitwerking. Ook is er op EG-niveau nog discussie gaande over de stappen die moeten worden genomen na overschrijding van de drinkwaternormen.

De EG-drinkwaterrichtlijn heeft als uitgangspunt dat bestrijdingsmiddelen niet in drinkwater behoren. De beoordeling is niet geschied op humaan-toxicologische normen. Door de WHO zijn grenswaarden geformuleerd, die zijn tot stand gekomen op basis van een beoordeling van humaan-toxicologische risico's. De WHO-normen houden geen rekening met de milieu-effecten van de bestrijdingsmiddelen, hun bijproducten en met de mogelijkheid dat tijdens de waterzuiveringsprocessen stoffen worden gevormd van onbekende aard en toxicologische eigenschappen. Tevens houden de WHO-normen voor drinkwater geen rekening met de gelijktijdige aanwezigheid van verschillende bestrijdingsmiddelen en metabolieten. De WHO-normen worden vooral gebruikt voor de behandeling van tijdelijke verhoogde concentraties van één bepaald middel in het water ten gevolge van bijvoorbeeld een calamiteit.

Ook in EG-verband zijn er landen die de WHO-normen willen toepassen in geval van calamiteit of onvoorziene omstandigheden (Seminar, 1988). Ook in Nederland wordt door de verantwoordelijke overheid bij overschrijding van de norm, voor de korte termijn, rekening gehouden met de WHO-norm, zoals bijvoorbeeld ten tijde van de bentazonproblematiek (Smeenk, 1988). Voor de langere termijn dienen er zodanige maatregelen genomen te worden, dat het drinkwater voldoet aan de normen van het waterleidingbesluit.

2.4 Conclusies

De toelating van bestrijdingsmiddelen in Nederland is geregeld in de Bestrijdingsmiddelenwet 1962 en in een aantal uitvoerings-besluiten. Voor de toelating van bestrijdingsmiddelen binnen waterwingebieden worden een drietal lijsten gehanteerd nl. de zwarte lijst, de witte lijst met beperkte toepassing en de witte lijst. In de verschillende landen van de EEG is de bestrijdingsmiddelenwetgeving gebaseerd op het principe dat het verkopen, in voorraad of voorhanden hebben en het gebruik van bestrijdingsmiddelen is verboden, tenzij deze middelen zijn toegelaten.

Door het implementeren van de EEG-richtlijn COM (89) 34 def. in de wetgeving van de Lid-Staten wordt gestreefd naar uniformiteit in het op markt brengen van toegelaten middelen in de EEG. De Lid-Staten dienen binnen 2 jaar (begin 1991) deze richtlijn te implementeren in de wetgeving.

Als gevolg van het feit dat bepaalde middelen in onder andere Duitsland nog niet verboden zijn, kunnen deze middelen, ondanks een verbod in Nederland toch in het Nederlandse oppervlaktewater voorkomen.

De in de EG-richtlijn (80/778/EEG) genoemde drinkwaternorm van 0,1 $\mu\text{g}/\text{l}$ per individuele stof en 0,5 $\mu\text{g}/\text{l}$ voor het totaal aan residuen van bestrijdingsmiddelen is sinds 1 juli 1984 in Nederland van kracht. Ook in andere landen van de EEG is deze drinkwaternorm in de wetgeving geïmplementeerd.

Deze drinkwaterrichtlijn gaat uit van het principe dat bestrijdingsmiddelen niet behoren voor te komen in het drinkwater.

De waterleidingbedrijven willen vasthouden aan de normen uit de EG-drinkwaterrichtlijn. Door de industrie en de landbouw wordt aangedrongen op het hanteren van "toxicologische normen" voor gehalten van bestrijdingsmiddelen in drinkwater.

In geval van een calamiteit, waarbij de drinkwaternorm wordt overschreden, is de door de Wereldgezondheidsorganisatie gestelde richtwaarde (maximaal toelaatbare gehalten) een richtsnoer voor de bevoegde autoriteit om bepaalde acties op korte termijn voor te stellen. Op langere termijn is het beleid (in geval van overschrijding van de norm) van de waterleidingbedrijven erop gericht om te voldoen aan de EG-drinkwaterrichtlijn.

Voor oppervlaktewater dat bestemd is voor de bereiding van drinkwater is de kwaliteitsnorm op de EG-richtlijn 75/440 afgestemd. Voor de uitvoering van analyses en frequentie van bemonstering is EG-richtlijn 79/869 geïmplementeerd in de wetgeving.

Voor oppervlaktewater dat bestemd is voor de bereiding van drinkwater is een wijziging "Besluit kwaliteitsdoelstellingen en metingen oppervlaktewateren" in voorbereiding.

Vóór de wijziging waren de normen als volgt:

organochloorpesticiden per afzonderlijke stof	$\leq 0,05 \mu\text{g/l}$
organochloorpesticiden totaal	$\leq 0,1 \mu\text{g/l}$
cholinesteraseremmers (somparameter)	$\leq 1,0 \mu\text{g/l}$

Na de wijziging zijn de normen als volgt:

organochloorpesticiden per afzonderlijke stof	$\leq 0,05 \mu\text{g/l}$
organochloorpesticiden totaal	$\leq 0,1 \mu\text{g/l}$
overige bestrijdingsmiddelen en hun belangrijkste afbraakproducten per afzonderlijke stof	$\leq 0,1 \mu\text{g/l}$
bestrijdingsmiddelen en hun belangrijkste afbraakproducten totaal	$\leq 0,5 \mu\text{g/l}$

Er is in de Nederlandse wetgeving een ontwikkeling gaande om de kwaliteitsnormen voor grond- en oppervlaktewater beter te laten aansluiten op de drinkwaterwetgeving, voorstellen zullen naar verwachting eind 1990 in werking treden.

Sinds 1984 is het beleid van de overheid erop gericht om het gebruik van chemische middelen, uitgedrukt in hoeveelheden werkzame stof, terug te dringen. Het gebruik dient vóór het jaar 2000 substantieel af te nemen. Echter tot nu toe is er geen afname in het totale gebruik van bestrijdingsmiddelen waarneembaar.

De voor grondwaterverontreiniging meest bedreigende stoffen dienen volgens de overheid binnen 5 jaar te worden vervangen. Om de kans op verontreiniging van water te verminderen zijn in de afgelopen jaren een aantal bestrijdingsmiddelen verboden.

Persistente stoffen (d.w.z. stoffen met een halfwaardetijd langer dan 2 maanden) komen in principe niet voor toelating in aanmerking. Indien ze geen probleem vormen voor de uitspoeling naar het grondwater, worden ze toegelaten. Dit betekent dat zelfs zeer persistente stoffen, die niet mobiel zijn hun toelating kunnen behouden.

2.5 Literatuur

- BAL, A.: 1989. Herkomst bestrijdingsmiddelen. RIWA-rapport Amsterdam (RIWA).
- DERDE NOTA WATERHUISHOUDING: 1989. Derde Nota Waterhuishouding Water voor nu en later. Tweede Kamer vergaderjaar 1988-1989. 21250, nrs 1-2.
- IRC: 1987. Actie Programma Rijn opgesteld door de Internationale Commissie ter bescherming van de Rijn tegen verontreiniging.
- LANDBOUWSCHAP : 1989a. Verordening tot wijziging van de "Verordening Reiniging Verpakkingen Bestrijdingsmiddelen" convenant tussen enerzijds het bedrijfsleven, in casu het Landbouwschap, de Federatie van Distributanten van Bestrijdingsmiddelen en de Nederlandse Stichting voor Fytofarmacie (Nefyto) en anderzijds de overheid dd. 5 juli 1989 's-Gravenhage (Landbouwschap).
- LINDEN VAN DER A.M.A. & BOESTEN J.J.T.I.: 1989. Berekening van de mate van uitspoeling en accumulatie van bestrijdingsmiddelen als functie van hun sorptiecoëfficiënt en omzettingssnelheid in bouwvoormateriaal. RIVM -rapportnr. 728800003, Bilthoven (RIVM).
- NEFYTO: 1987. Gewasbeschermingsbeleid een visie vanuit de industrie 's-Gravenhage (Nefyto).
- NVA: 1989. Congresbundel bij de themadag Rijn Actie Programma op 3 februari 1989 te Vlaardingen.
- PONTI DE O.M.D.: 1989. Welke gewasbeschermingsmiddelen heeft de geïntegreerde landbouw na 2000 nodig? Lezing op Symposium Chemisch Gewasonderzoek "Nu en in de toekomst" dd. 3 november 1989 Kortenhoef (Duphar).
- PWN: 1988. Advies i.v.m. EEG-wetgeving oppervlaktewater door Houthoff advocaten te Amsterdam inzake PWN-BASF-problematiek Amsterdam (Houthoff).
- Richtlijn van de Raad van de Europese Gemeenschappen van 16 juni 1975 betreffende de vereiste kwaliteit van het oppervlaktewater dat is bestemd voor productie van drinkwater in de Lid-Staten 75/440/EEG.

Richtlijn van de Raad van de Europese Gemeenschappen 79/117/EEG houdende verbod van het op de markt brengen en het gebruik van bestrijdingsmiddelen met bepaalde actieve stoffen.

Richtlijn van de Raad van de Europese Gemeenschappen van 9 oktober 1979 inzake de meetmethodes en de frequentie van de bemonstering en de analyse van het oppervlaktewater dat bestemd is voor productie van drinkwater in de Lid-Staten nr. 79/869/EEG.

Richtlijn van de Raad van de Europese Gemeenschappen van 15 juli 1980 betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water nr. 80/778/EEG.

Richtlijn van de Raad van de Europese Gemeenschappen van 16-2-1989 betreffende het op de markt brengen van tot de EEG goedgekeurde gewasbeschermingsmiddelen COM (89) 34 def.

RIJN, VAN J.F.A.T.: 1989. Gewasbeschermingsgids 1989 Wageningen (CAD Gewasbescherming/Plantenziektenkundige Dienst).

SEMINAR: 1988. Seminar on the EEC-Directive 80/778 on the quality of water intended for human consumption: "Pesticides" Como, 5/6 may 1988.

SMEENK, J.G.M.M., LINDHOUT, R.C., SNOEK, O.I.: 1988. Bentazon in de Rijn, in drinkwater en in regen. H_2O , 21, 1988, nr. 7, p. 183-185.

STAATSBLAD: 1962. nr. 288. Bestrijdingsmiddelenwet: houdende vaststelling van nieuwe regelen met betrekking tot de handel in en het gebruik van bestrijdingsmiddelen.

STAATSBLAD: 1964. nr. 319, tot uitvoering van artikel 16 van de Bestrijdingsmiddelenwet 1962 (Residubesluit).

STAATSBLAD: 1964. nr. 328, houdende regelen ter uitvoering van de artikelen 13, 14 en 15 der Bestrijdingsmiddelenwet 1962 (Bestrijdingsmiddelenbesluit).

STAATSBLAD: 1964. nr. 329, houdende vaststelling van het tijdstip van inwerkingtreding van de Bestrijdingsmiddelenwet 1962.

STAATSBLAD: 1975. nr.381, wijzigingen in de bestrijdingsmiddelenwet 1962.

STAATSBLAD: 1981. nr. 573. Wet Verontreiniging Oppervlaktewater.

STAATSBLAD: 1983. nr.606. Besluit kwaliteitsdoelstellingen en metingen oppervlaktewater.

STAATSBLAD: 1984a. nr. 220. Besluit van 2 april 1984, houdende wijziging van het Waterleidingbesluit (Stb. 1960, 345).

STAATSBLAD: 1984b. nr. 258. Besluit van 18 juni 1984 tot vaststelling van het tijdstip van de inwerkingtreding van de Wet van 30 september 1981, Stb. 655, houdende wijziging van de Waterleidingwet en van de inwerkingtreding van het Koninklijk besluit van 2 april 1984, Stb. 220, tot wijziging van het Waterleidingbesluit.

STAATSBLAD: 1986. nr. 199. Besluit van 10 april 1986 tot wijziging van het Bestrijdingsmiddelenbesluit.

STAATSBLAD: 1986. nr. 444. Besluit van 3 juli 1986, houdende wijziging van het Bestrijdingsmiddelenbesluit (Stb. 1962, 328).

STAATSBLAD: 1989. nr. 880. Besluit van 6 maart 1989, houdende uitvoering van artikel 1, zesde lid, onderdeel b, van de Bestrijdingsmiddelenwet 1962.

STAATSCOURANT: 1988, nr. 44. Beschikking toelating bestrijdingsmiddelen.

STAATSCOURANT: 1989. Ontwerp-wijziging Besluit kwaliteitsdoelstellingen en metingen oppervlaktewateren.

TWEEDE KAMER: 1984. Nota Gewasbescherming. Tweede Kamer, vergaderjaar 1983-1984, 18 100, hoofdstuk 14, nr.2.

TWEEDE KAMER: 1986. Persistentie van residuen van bestrijdingsmiddelen in de bodem. Tweede Kamer, vergaderjaar 1985-1986, 19200 hoofdstuk 14, nr.59.

TWEEDE KAMER: 1987. Concept-raamnota "Naar een taakstellend Meerjarenplan voor de gewasbescherming". Tweede Kamer, vergaderjaar 1987-1988, 20800 hoofdstuk 14, nr.30.

TWEEDE KAMER: 1988. Overheidsstandpunt inzake reacties van een aantal maatschappelijke organisaties op het raamplan "Naar een taakstellend meerjarenplan voor de gewasbescherming". Tweede Kamer, vergaderjaar 1988-1989, 20800 hoofdstuk 14, nr. 19.

TWEEDE KAMER: 1989a. Meerjarenplan Gewasbescherming. Tweede Kamer, vergaderjaar 1988-1989, 20990, nr. 1.

TWEEDE KAMER: 1989b. Nationaal Milieubeleidsplan. Tweede Kamer, Vergaderjaar 1988-1989 21137, nr. 1.

TWEEDE KAMER: 1989c. Milieucriteria ten aanzien van stoffen ter bescherming van bodem en grondwater. Tweede Kamer, vergaderjaar 1988-1989, 21012, nr 1.

VERKEER EN WATERSTAAT: 1989. Kansen voor waterorganismen, resultaten en berekeningen, deel 1 DBW-nota nr.89.016a Lelystad (Dienst Binnenwateren/RIZA).

VERKEER EN WATERSTAAT: 1989. Kansen voor waterorganismen, gegevens, deel2 DBW-nota 89.016b Lelystad (Dienst Binnenwateren/RIZA).

3 EMISSIES VAN BESTRIJDINGSMIDDELEN NAAR HET MILIEU

3.1 Emissiebronnen van bestrijdingsmiddelen naar het milieu

In dit hoofdstuk worden de bronnen voor de emissie van bestrijdingsmiddelen naar oppervlaktewater en grondwater beschreven. In paragraaf 5.4 wordt de verdere route van bestrijdingsmiddelen in het milieu beschreven.

3.1.1 Oppervlaktewater

Verontreiniging van oppervlaktewater met bestrijdingsmiddelen kan optreden als gevolg van lozing bij de productie en bij de toepassing van bestrijdingsmiddelen. In het stroomgebied van de Rijn worden door een aantal chemische bedrijven bestrijdingsmiddelen geproduceerd. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven welke bestrijdingsmiddelen in Nederland en in het stroomgebied van de Rijn en Maas geproduceerd worden. Dit geeft een indicatie welke stoffen in deze oppervlaktewateren kunnen geraken. De toegepaste zuivering van het afvalwater bepaalt of via industriële lozing bestrijdingsmiddelen in het oppervlaktewater geraken.

Door toepassing van bestrijdingsmiddelen kan plaatselijk verontreiniging van het oppervlaktewater optreden, bijvoorbeeld door het verwijderen van restanten bestrijdingsmiddelen uit tanks en het vullen en spoelen van apparatuur in de nabijheid van oppervlaktewater. Tot slot geraken de middelen afhankelijk van de toepassingswijze op een meer diffuse wijze in het oppervlaktewater (bijvoorbeeld via drainage en oppervlakkige afspoeling) en in de atmosfeer. Voor de andere oppervlaktewaterbronnen dan de Rijn en de Maas die gebruikt worden voor de drinkwatervoorziening speelt de productie of formulering van bestrijdingsmiddelen als emissiebron geen rol en zal alleen het gebruik (via diffuse verontreiniging, maar ook via puntbronnen zoals vul- en spoelplaatsen) de kwaliteit kunnen beïnvloeden.

3.1.2 Grondwater

In tegenstelling tot het oppervlaktewater treedt bij grondwater alleen diffuse verontreiniging op door de toepassing van bestrijdingsmiddelen. In dit hoofdstuk wordt de omvang van het gebruik van bestrijdingsmiddelen beschreven, waarbij is aangegeven welke bestrijdingsmiddelen bij de verschillende teelten worden toegepast.

3.2 Toegelaten middelen in Nederland en middelen, die van de Nederlandse markt zijn verdwenen

De bestrijdingsmiddelen in Nederland zijn op basis van toepassing in een aantal groepen onder te verdelen:

- landbouw en tuinbouw
- veeteelt
- huishoudelijk gebruik
- desinfectie
- openbaar groen en onbeteelde terreinen
- industriële toepassing

Door de Commissie Toelating Bestrijdingsmiddelen worden een tweetal lijsten gehanteerd, namelijk de zwarte lijst en de witte lijst waterwingebieden (zie hoofdstuk 2). Op de witte lijst is bovendien aangegeven, welke middelen een beperkte toelating hebben.

De middelen die op de zwarte en witte lijst staan, zijn vermeld in de tabellen 3.1 en 3.2 (Plantenziektenkundige Dienst, 1989). In deze tabellen wordt tevens aangegeven wanneer de werkzame stoffen zijn toegelaten. Voor een aantal middelen wordt 1947 als jaar van toelating vermeld. Deze middelen zijn toegelaten op basis van de "Bestrijdingsmiddelen Wet van 1947". Ze zijn in de periode 1947-1964 op de Nederlandse markt gebracht. De middelen, die op de zwarte en witte lijst waterwingebieden staan, behoren meestal tot de middelen, die in de landbouw worden toegepast.

Middelen uit andere categorieën, die of geen landbouwkundige toepassing of niet op de bodem of via drainwater in het milieu kunnen geraken zijn van weinig belang voor de drinkwatervoorziening.

Wijzigingen met betrekking tot toelating van bestrijdingsmiddelen worden vermeld in de Staatscourant.

In tabel 3.3 zijn nog een aantal toegelaten werkzame stoffen vermeld die niet op de zwarte of witte lijst zijn vermeld met verschillende toepassingen waaronder bestrijding van insecten en groeiregulatoren (Van Rijn, 1987). Er zijn ook bestrijdingsmiddelen die een toelating hadden, maar later van de Nederlandse markt zijn verdwenen, omdat de fabrikant geen nieuwe toelating heeft aangevraagd, of omdat vanuit gezondheidskundig oogpunt of milieuhygiënische redenen het middel niet langer toegelaten werd.

In tabel 3.4 is weergegeven het jaartal waarop middelen van de Nederlandse markt zijn verdwenen. Deze gegevens zijn voor de periode 1949-1983 gebaseerd op informatie van het Bureau Bestrijdingsmiddelen (1983) van het Ministerie van Landbouw en Visserij. Er worden door het Bureau Bestrijdingsmiddelen gegevens verzameld welke merknamen geen toelating meer hebben. Er is geen actuele lijst van verboden actieve stoffen beschikbaar.

Daarnaast zijn de gegevens van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer tot 1989 verwerkt (VROM, 1987; 1989a) en ontleend aan het antwoord van de Minister van VROM naar aanleiding van Kamervragen (Tweede Kamer, 1989).

Uit tabel 3.4 blijkt dat circa 150 middelen van de Nederlandse markt zijn verdwenen. Van deze middelen moet in een vervolgstudie nagegaan worden in welke mate zij nog in het milieu kunnen voorkomen.

Tabel 3.1 Overzicht van de stoffen op de zwarte lijst waterwin- gebieden per 1-3-1989 en jaar van toelating (Plantenziek- tenkundige Dienst, 1989), (Tweede Kamer, 1989).

aldicarb	1969	fluroxypyr	1986
asulam	1970	glufosinaat-ammonium	1984
benazolin	1967	hexazinon	1982
benazolin-ethyl	-	lenacil	1966
bentazon	1971	metalaxyl	1979
boraten	-	metazachloor	1983
		methomyl**	1970
bromacil	1966/1947	metolachloor	1978
chloorthal-methyl	1973	propachloor	1966
dicamba	1947	propoxur	1947

dichloorpropeen	1947	TCA	1947
dikegulac natrium	1975	thiofanox	1977
dinoseb *	1947	triclopyr	1982
endothal-natrium	1947	vamidotion	1947
ethiofencarb	1979		
etrimfos	1980		

* verboden per 1 januari 1990

** volgens recente informatie niet meer op zwarte lijst

Tabel 3.2 Overzicht van toegelaten stoffen op de witte lijst waterwingebieden per 1-3-1989 en jaar van toelating (Plantenziektenkundige Dienst, 1989), (Tweede Kamer, 1989).

aclonifen ¹⁾	1984	chloorthiamide	1968
amitraz	1973	chloortoluron	1972
amitrol	1947	chloridazon	1947
anilazin	1987	chloroxuron	1947
atrazin ⁵⁾	1947	cyanazin	1972
azinfos-methyl	1947	cyaniden	1947
azocyclotin	1983	cycloaat	
Bac. Thuringiensis	1947	cyhexatin	1970
bendiocarb	1977	cymoxanil	1979
benomyl	1969	cypermethrin	1981
bifenox	1983	cypermethrin isomeer	1981
bitertanol	1983	cyprofuram	1983
bromofos	1967	2,4-D ¹⁾	1947
bromofos-ethyl	1970	dalapon ¹⁾	1947
broomfenoxim	1970	dazomet	1974
broompropylaate	1973	deltamethrin	1979
bromoxynil	1971	demeton-s-methylsulfon	1972
bupirimaat	1976	desmetryn	1969
butylaate	1975	diazinon	1947
calciumcyanide		dichlobenil	1947
captan	1947	dichlofluanide	1966
carbaryl	1947	dichlooraceetamide	

carbeetamide ¹⁾	1971	dichloorprop	
carbendazim	1972	dichloorvos	1947
carbofenothion	1947	dichloran ²⁾	1947
carbofuran	1975	dicofol	1947
chlofentezin	1984	dienochloor	1966
chloorbromuron	1968	diethatyl-ethyl	
chloorfeninfos	1967	difenoxuron	1970
chloorflurenol	1976	difenzquat	1976
chloormequat		diclubenzuron	1976
chloorprofam	1947	dimethoat	1947
chloorpyrifos	1971	dinoterb	1973
chloorthalonil	1966		
diquat-dibromide		glyfosaat	1974
dithianon	1947	heptenofos	1980
diuron	1947	hexythiazox	1987
DNOC ¹⁾	1947	imazalil	1976
dodemorf	1969	ioxynil	1966
dodine	1947	iprodion	1976
endosulfan	1947	isofenfos	1978
EPTC	1947	isoproturon	1976
ethefon	1975	kasugamycine	1988
ethofumesaat	1977	koperhydroxide	1979
ethoprofos	1977	kopernaftenaat	1981
etridiazol	1970	koperoxychloride	xx)
fenaminosulf	1971	koperoxycarbonaat	1947
fenarimol	1978	kopersulfaat (ammo- niakaal)	1983
fenbutatinoxide			
fenitrothion	1966	kwaternaire ammonium-	
fenmedifam	1968	verbindingen	
fenolen (gechloreerde)	1947	lindaan	1947
fenoxycarb	1984	linuron	1947
fenpropathrin	1984	malathion	1947
fenpropimorf	1981	maleine hydrazide	
fentin acetaat	1947	mancozeb	1947
fentin hydroxide	1947	maneb	1947
fenvaleraat	1982	MCPA	1947
ferbam	1947	mecoprop ^{1,6)}	1947

ferrosulfaat	1947	metamitron ²⁾	1980
fluazifop-butyl ¹⁾	1986	metam-natrium	1947
fluorchloridon	1986	methabenzthiazuron	1969
flurenol	1984	methamidofos	1976
folpet	1947	methidathion	1966
fonofos	1970	methiocarb	1972
formaline	1947	methylisothiocyanaat	1947
formothion		metiram	1947
fosalone	1966	metobromuron	1966
fosethyl aluminium	1980	metoxuron	1971
fosfamidon	1947	metribuzin ²⁾	1971
fosmet	1971	mevinfos	1947
furalaxyl ³⁾	1977	sethoxydim 1)	1982
		temefos	1971
gibberelline		terbufos	1981
minerale oliën	xx)	terbutryn	1967
monolinuron	1947	tetradifon	1947
naftaline		thiabendazool	1969
nitrothal-isopropyl	1976	thiocyclam	1981
omethoaat	1967	thiofanaat-methyl	1971
oxamyl ⁴⁾	1974	thiometon	1947
oxydemeton-methyl	1969	thiram	1947
paraquat	1947	tolclofos-methyl	1982
parathion ethyl	1947	tolyfluanide	1971
parathion methyl	1947	triadimefon	1980
penconazool	1986	triadimenol	1980
pencycuron	1984	triallaat	
pendimethalin		triazofos	1978
permethrin	1976	trichloorfon	1947
pirimicarb	1971	tridemorf	1970
pirimifos-methyl	1974	trifluralin	
prochloraz	1983	triforine ⁵⁾	
procymidon	1978	vinchlozolin	1977
profam	1947	zineb	1947
prometryn ⁵⁾		ziram	1947
propamocarb	1980	zwavel	xx)
propazin ⁵⁾	1947		

propiconazol	1983		
propineb	1947		
propyzamide	1971		
pyrazofos	1968		
pyrethrinen	xx)		
pyridaat ²⁾	1984		
pyrifenox	1987	simazin ⁵⁾	1947
quintozeen	1947	sulfotep	1947
quizalofop-ethyl	1988	teflubenzuron	

- 1) In waterwingebieden is gebruik niet toegestaan gedurende de periode 1 oktober - 1 april.
- 2) In waterwingebieden is het gebruik niet toegestaan op gronden met een organisch stofgehalte minder dan 2% en minder dan 10% afslibbaar.
- 3) In waterwingebieden is het gebruik in de vollegrondsteelten van crocus, iris en boomkwekerij-gewassen niet toegestaan.
- 4) In waterwingebieden is het gebruik in glasteelten niet toegestaan.
- 5) Er is momenteel besluitvorming gaande om deze middelen op zo kort mogelijke termijn op de zwarte lijst te plaatsen. Bij een enkel merk is de betreffende clausule reeds in de toelatingsbeschikking opgenomen.
- 6) Mecoprop bestaat uit een inactieve stereo-isomeer en een biologisch actieve stereo-isomeer (R) mecoprop-p. Vanaf 1 februari 1990 is alleen mecoprop-p toegelaten. Dat betekent, dat vanaf 1 februari 1990 alleen het zuivere mecoprop-p in Nederland is toegelaten.

xx) Middelen worden vanaf 1947 gebruikt.

Tabel 3.3 Toegelaten werkzame stoffen die niet op de zwarte of witte lijst waterwingebieden zijn vermeld (van Rijn, 1987).

acefaat	joodfenfos
aluminiumfosfide	koperoxide
ammoniumsulfamaat	magnesiumfosfide
ancymidol	mefluïdide
anthrachinon	mercaptodimethur
azamethifos	methidathion
blauwzuur	methoxychlor
bromadiolon	naftylaceetamide
butocarboxim	natrium-dimethyldithiocarbamaat
butoxycarboxim	paclobutrazol
calciumnitraat	piproctanyliumbromide
carboxin	plifenaat
chloorbufam	polybutenen
chloorfacinon	propetamfos
cumafos	pyrethroiden
daminozide	quinonamide
dichlofenthion	terbutylazin
diethyl-toluamide	tetrachloorvinfos
fenfuram	trichlofenidine
fenthion	trioxymethyleen
foxim	validamycine
fuberidazool	zilverthiosulfaat
guazatine	zinkfosfide
hymexazool	zwavelzuur

Tabel 3.4 Overzicht van de middelen die van de Nederlandse markt zijn verdwenen en jaar waarin verdwenen (Bureau Bestrijdingsmiddelen, 1983), (VROM, 1987; 1989a).

<u>Insecticiden en Acariciden:</u>			
aldrin	(1982)	mecarbam	(1969)
amiton	(1967)	chloorfenamidine	(1977)
azinfos-ethyl	(1980)	chloorfenson	(1967)
azobenzeen	(1949)	chloorfenylethanol	(1973)
benzoximaat	(1983)	chloorthiofos	(1982)
binapacryl	(1985)	DDT	(1973)
calciumarsenaat	(1965)	demefion	(1981)
chloorbenseide	(1969)	demeton	(1982)
chinomethionaat	(1979)	demeton-S-methyl	(1973)
chloorbenseide	(1969)	dialifoor	(1982)
chloorbenzilaat	(1982)	dichlofention	(1980)
chloordaan	(1972)	menazon	(1978)
dieldrin	(1972)	naled	(1976)
dimetan	(1970)	nicotine	(1983)
dinobuton	(1976)	"Parijs Groen"	(1967)
dioxathion	(1965)	"perthane"	(1967)
disulfoton	(1973)	phencapton	(1966)
endothion	(1981)	pirimifos-ethyl	(1981)
endrin	(1988)	proclonol	(1982)
"EPN"	(1962)	profenofos	(1988)
ethion	(1971)	propargite	(1976)
fenazofloor	(1976)	prothoat	(1976)
fenson	(1965)	pyraoxon	(1965)
fenthoate	(1969)	pyridine	(1965)
fluennitрил	(1973)	ronnel	(1969)
formetanaat	(1981)	rotenon	(1979)
HCH	(1967)	"Rothane"	(1965)
heptachloor	(1978)	"Schradan"	(1959)
isolan	(1970)	TEP	(1980)
kiezelfluorbarium	(1964)	thiochinox	(1972)
lonchocarpus	(1979)	toxafeen	(1969)
loodarsenaat	(1972)		

Fungiciden:

bariumpolysulfiden	(1970)	ditalimfos	(1982)
benchinox	(1965)	fenylkwikpyrocatechine	(1981)
Bordeauxse pap	(1965)	hexachloorbenzeen	(1973)
Bourgondische pap	(1965)	koperoxyduul	(1981)
Californische pap	(1973)	kwik (diversen)	(1972/1976)
captafol	(1986)	mesulfan	(1974)
cepyram	(1964)	oxythiochinox	(1979)
chloorbroomoxyline	(1971)	salicylanilide	(1965)
chloraniformethaan	(1975)	sublimaat	(1972)
chloranil	(1962)	tecnazeen	(1982)
COBH	(1972)	tecoram	(1973)
cypendazol	(1975B)	thiocyanomethyl-	
decafentin	(1975)	thio-benzothiazol	(1982)
dichlone	(1961)	triamifos	(1981)
dichloor-chloor-		trichloortrinitrobenzeen	(1977
fenylaminotriazine	(1968)	"urbazid"	(1974)
dinitrorhodaanbenzeen	(1976)		

Grondontsmettingsmiddelen:

calciumformiaat	(1972)	ethyleendibromide	(1980)
chloorbroompropeen	(1983)	metam-ammonium	(1965)
chloorpicrine	(1978)	methylbromide	(1981)
dibroomchloorpropan	(1978)	thionazin	(1974)

Herbiciden en doodspuitmiddelen:

alachloor	(1987)	fenoprop	(1979)
alloxydim-natrium	(1987)	fluometuron	(1972)
allylalkohol	(1971)	"Gralit"	(1965)
amiben	(1965)	isocil	(1965)
aziprothryn	(1973)	kaliumcyanaat	(1979)
azolamide	(1978)	MCPB	(1972)
barban	(1978)	methylnaftoxy-acetaat	(1969)
benzoylprop-ethyl	(1988)	methoprotryn	(1973)

buturon	(1975)	monuron	(1965)
calciumchloraat	(1977)	natriumarseniet	(1985)
carbitulaat	(1976)	natriumchloraat	(1978)
chlooramben	(1965)	nitrofeen	(1982)
chloorfenprop-methyl	(1979)	NIX	(1956)
chloralhydraat	(1988)	pentachloorfenol	(1979)
chloretin	(1975)	polyboraten	(1979)
desmedifam	(1986)	2,4,5-T	(1978)
di-allaat	(1987)	TBA	(1979)
dichlofob-methyl	(1982)		
diethyldianthogeen	(1971)		
di-methachloor	(1987)		
dinoseb-acetaat	(1988)		
dimexan	(1976)		
ethidimuron	(1982)		

Rodenticiden:

Antu	(1969)	pyrimidine	(1965)
cumachloor	(1972)	scilla maritima	(1967)
fosfor (gele)	(1970)	strychnine	(1967)

Overige middelen:

terramycine	(1973)	trifenmorf	(1975)
-------------	--------	------------	--------

3.3. Productie van bestrijdingsmiddelen

3.3.1 Productie in Nederland

Bij de productie en formulering van bestrijdingsmiddelen bestaat een risico op een verontreiniging van oppervlaktewater door directe lozing van afvalwater of indirect na zuivering van de afvalwaterstromen. Dit afvalwater kan afkomstig zijn van productieprocessen of van spoelen van installaties gebruikt bij de formulering van bestrijdingsmiddelen.

Door SRI-International (Directory of Chemical Producers Western Europe) is een overzicht opgesteld van de producenten van chemische producten in West-Europa (SRI, 1988).

In tabel 3.5 zijn de locaties samengevat waar bestrijdingsmiddelen in Nederland worden geproduceerd.

Tabel 3.5 Overzicht van de producenten van bestrijdingsmiddelen in Nederland, (SRI, 1988).

Bedrijf	Locatie	Middel
AKZO	Dordrecht	maneb
		mancozeb
	Rotterdam	2,4-D
		MCPA
		mecoprop
Cyanamid	Rotterdam	difenzoquat
Dow Chemical	Rotterdam	formulering herbiciden
Duphar	Amsterdam	dichlobenil
		diflubenzuron
		tetradifon
		trifenyltinhydroxide
M en T Chemicals	Vlissingen	trifenyltinhydroxide (diverse tinverbindingen)

Bedrijf	Locatie	Middel
Pennwalt Holland	Rotterdam	chloorprofam
		4,6-dinitro-o-cresol
		endothal
		ferbam
		mancozeb
		maneb
		metamnatrium
		profam
		thiram
		zineb
		ziram
Shell	Rotterdam	aldrin
		chloorfenvinfos
		chloorthiamide
		cyanazin
		cypermethrin
		dichlobenil
		1,3-dichloorpropeen
		2,2-dichloorpropionzuur
		dichloorvos
		dieldrin
		fenbutatinoxide
		1-flamprop-isopropyl
		flamprop-methyl
		mevinfos
		monocrotofos
		tetrachloorvinfos

De productie van bestrijdingsmiddelen in Nederland is geconcentreerd in Rotterdam, Dordrecht, Vlissingen en Amsterdam. Deze locaties zijn in het kader van deze inventarisatie niet van belang in verband met mogelijke lozingen, omdat de kans gering is dat verontreinigd oppervlaktewater gebruikt wordt voor de productie van drinkwater.

Naast producenten bestaan er in Nederland circa 150 bedrijven die bestrijdingsmiddelen importeren en in de handel brengen. Het aantal middelen en de daarbij behorende actieve componenten per firma is te uitgebreid om hier op te nemen.

Buiten de plaatsen, waar de productie plaats vindt, worden nog op een beperkt aantal plaatsen bestrijdingsmiddelen geformuleerd, onder andere in Groningen, Delfzijl en Elst. Onbekend is in welke mate bij de formulering van bestrijdingsmiddelen deze stoffen vrijkomen in het milieu, bijvoorbeeld via afvalwater bij de reiniging van apparatuur. Uit een onderzoek van de Commissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewater (CUWVO) bleek bij een aantal formuleerbedrijven en distributiebedrijven van bestrijdingsmiddelen onvoldoende maatregelen te zijn getroffen om bij calamiteiten verontreiniging van het oppervlaktewater te voorkomen. De afvoer van het terreinwater - en dus bij brand ook het bluswater - vindt vaak plaats via het gemeenteriool (Faasen, 1988).

Van de drie genoemde locaties is mogelijk alleen Elst van belang met het oog op drinkwaterproductie uit oppervlaktewater als er via afvalwater uit Elst lozing in de Rijn plaatsvindt. Er treedt theoretisch bij een afvoer van meer dan 0,2 g/s van een individueel bestrijdingsmiddel (afvoersnelheid 2000 m³/s) een overschrijding van een concentratie van 0,1 µg/l in het Rijnwater op.

Deze hoeveelheid komt overeen met enige tientallen kilogrammen per dag.

Bij een calamiteit, waarbij 12 kg norflurazon in het milieu terecht kwam, werd nabij Basel 0,2 µg/l norflurazon in het Rijnwater aangetoond (RIWA, 1988; 1989).

3.3.2 Productie in Duitsland en Zwitserland.

Op basis van gegevens van de SRI is in tabel 3.6 een overzicht gegeven van producenten van bestrijdingsmiddelen in het stroomgebied van de Rijn.

In tabel 3.6 zijn de producenten van de bestrijdingsmiddelen als volgt, weergegeven:

	<u>Producent</u>	<u>Land</u>
1)	BASF	Duitsland
2)	Bayer	Duitsland
3)	Ciba-Geigy	Zwitserland
4)	Hoechst	Duitsland
5)	Sandoz	Zwitserland

Tabel 3.6 Overzicht van de productie van bestrijdingsmiddelen in het stroomgebied van de Rijn, (SRI, 1988).

ametryn (3)	dimethoaat (1)	methylparathion (2)
amitrol (2)	dinoseb en esters en metiram (1)	
atrazin (3)	zouten (4)	metoxuron (5)
azinfos-ethyl (2)	disulfoton (2,5)	metribuzin (2)
azinfos-methyl (2)	endosulfan (4)	mevinfos (1)
bentazon (1)	ethefon (3)	monocrotofos (1,3)
benzthiazuron (2)	etrimfos (5)	monolinuron (4)
o-benzyl-	fenamifos (2)	norflurazon (5)
p-chloorfenol (2)	fenothiazine (4)	omethoaat (2)
binapacryl (1,4)	fenpropimorf (1)	oxadixyl (5)
broompropylaate (3)	fenthion (2)	oxydemeton-methyl (2)
carbaryl (1)	fentinacetaat (4)	parathion (2)
carbendazim (4)	o-fenylfenol (2)	PCNB (4)
carbofuran (2)	fenylkwikacetaat (2)	pentachloorfenol
chinomethionaat (2)	ferbam (1)	(natriumzout) (2)
chlooranifor-	fluvalinaat (5)	piperonyl butoxide (4)
metane (2)	folpet (2)	prodiamine (5)
chloorfenvinfos (1)	formothion (5)	profenofos (3)

chloormequat (1)	fosfamidon (3)	prometryn (3)
chloorthiamide (1)	foxim (2)	propanil (2)
chloortoluron (3)	glufosinaat-	propetamfos (5)
chloridazon (1)	ammonium (4)	propineb (2)
chloroxuron (3)	hexahydro-1,3,5	propoxur (2)
coumatetralyl (2)	triethyl	pyracarbolid (4)
crimidine (2)	s-triazine (1)	pyrazon (1)
2,4-D en esters	hydropeen (5)	pyrazofos (4)
en zouten (1,2)	isoproturon (4)	pyrethrins (4)
2,4-DP en esters	linuron (4)	quinalfos (2,5)
en zouten (1)	Maleine	rotenone (4)
dazomet (1)	hydrazide (1,2)	scilliroside (5)
DCNA (4)	maneb (1)	simazin (3)
DEET (2)	MCPA (en esters en	2,4,5-T (en esters
demeton (2)	zouten) (2)	en zouten (2)
demeton-S-methyl	MCPB (en esters en	TCA (2)
desmetryn (3)	zouten) (1)	terbumeton (3)
diallaat (1)	mecoprop (en esters	terbutryn (3)
1,2-dibroom-3-	en zouten (1,2)	tetrachloorvinfos (1)
chloor-propaan (3)	MEMC (2)	thiocyclam-hydrogeen
dibutyladipaat (2)	mercaptodimethur (2)	oxalaat (5)
dicamba (5)	metalaxyl (3)	thiometon (5)
dichlofluamide (2)	metamitron (2)	tolyfluanide (2)
2,2-dichloor-	metam-natrium (1)	triadimefon (2)
propionzuur (1)	methabenzthia-	triallaat (1)
dichloorvos (1,2,3)	zuron (4)	triazofos (4)
dicofol (4)	methafenamifos (2)	trichloorfon (2)
dienochloor (5)	methamidofos (2)	2,4,5-trichloorfenol (2)
difenylaceto-	methazol (3)	2,4,6-trichloorfenol (2)
nitril (4)	methoprene (5)	trifenyltinhydroxide (4)
dikegulac-natrium	methylmetiram (1)	zineb (1)

Uit deze tabel blijkt dat de chemische industrie in het stroomgebied van de Rijn ruim 100 bestrijdingsmiddelen produceert. Uit vergelijking met gegevens uit de gewasbeschermingsgids (Van Rijn, 1987) blijkt, dat er middelen zijn, die wel in fabrieken langs de Rijn

worden gefabriceerd maar niet zijn opgenomen in het overzicht van de SRI (1988), (bijvoorbeeld metolachloor).

Uit gegevens van onderzoek van Duitse onderzoeksinstituten blijkt dat een aantal stoffen, dat in het Rijnwater is aangetoond niet voorkomen op het overzicht, die de SRI heeft samengesteld en mogelijk dus afkomstig zijn van toepassing.

De mate van lozing van bestrijdingsmiddelen door de industrie wordt onder andere bepaald door de omvang van de productie en de toegepaste zuiveringstechnieken bij de producent.

De kwaliteit van vooral het Rijnwater wordt sterk bepaald door calamiteiten of afvallozingen bij de productie.

Bij een calamiteit kan een discontinue verontreiniging van in principe elk in het stroomgebied geproduceerde bestrijdingsmiddel optreden hetgeen resulteert in een verontreiniging van het Rijnwater in Nederland gedurende minimaal enkele dagen (de Groot, 1989).

De betekenis van een calamiteit voor de drinkwaterproductie is zeer verschillend voor bedrijven met of zonder aanzienlijke kwaliteitsdemping (afvlakking) in hun zuiveringssysteem. De eerste categorie met bijvoorbeeld duininfiltratie heeft hier vermoedelijk nauwelijks waarneembare last van (metolachloor, 1988).

Voor de lange duur zijn continue lozingen van veel meer belang, zie bijvoorbeeld de aanwezigheid van stoffen als bentazon en metolachloor (Smeenk, 1990).

In tabel 3.7 is een overzicht van het voorkomen van een aantal bestrijdingsmiddelen in Rijn, Waal en Maas als gevolg van calamiteiten (RIWA, 1988; 1989) weergegeven.

Tabel 3.7 Overzicht van bestrijdingsmiddelen in de Rijn, Waal en Maas als gevolg van calamiteiten bij chemische bedrijven in de periode 1988-1989 (RIWA, 1988; 1989).

Bestrijdings- middel, hulpstof	Datum	Locatie	Hoeveel- heid (kg)
2,4-DP	9/9/88	Ludwigshafen	500
furmecycloxy	20/9/88	Ludwigshafen	500
metolachloor	19/10/88	Schweizerhalle	1600
mecoprop	27/1/88	Ludwigshafen	200
norflurazon	4/1/89	Wiesbaden	
norflurazon	17/1/89	Basel	12
ethyleenglycol	20/2/89	Düsseldorf	1500
ethyleenglycol	8/3/89	Kaisten	1500
mecoprop	27/4/89	Nijmegen, Waal	20000
metolachloor	1/6/89	Schweizerhalle	250
metolachloor	2/6/89	Basel	500
pyrazofos	9/6/89	Lobith	
metolachloor	9/6/89	Lobith	
maleïnezuuranhy- dride	17/6/89	Ludwigshafen	
atrazin	28/6/89	Lobith	
chloridazon	28/6/89	Lobith	
simazin	28/6/89	Lobith	
atrazin	5/7/89	Lobith	
chlorida- zon	5/7/89	Lobith	
dimethoat	7/7/89	Eijsden, Maas	
chloridazon	7/7/89	Nieuwegein	
terbutylazin	26/7/89	Frenkendorf	10
disulfoton	6/9/89	Basel	

Uit de tabel 3.7 blijkt, dat een aantal middelen, die via een calamiteit in de Rijn zijn geraakt, niet vermeld zijn in tabel 3.6. Hieruit kan geconcludeerd worden, dat het overzicht van de SRI zeker niet volledig is.

Via lozing van afvalwater, wat bij de productie vrijkomt, zullen vooral die bestrijdingsmiddelen in het oppervlaktewater geraken, die bij de zuivering van het afvalwater slecht verwijderd worden en ook bij de verdere zuivering van oppervlaktewater bij de drinkwaterbereiding moeilijk te verwijderen zijn. Dit zijn meestal middelen met een sterk polair karakter en een goede oplosbaarheid in water.

Door de RIWA is een rapport opgesteld over de herkomst van bestrijdingsmiddelen in het stroomgebied van de Rijn. In dit rapport is uitgebreidere informatie met betrekking tot producenten en productieplaats van bestrijdingsmiddelen weergegeven (Bal, 1989).

3.3.3 Productie in België

In het stroomgebied van de Maas zijn in Frankrijk geen producenten van bestrijdingsmiddelen gevestigd (SRI, 1988 en Bal, 1989).

In België is in Seneffe in het stroomgebied van de Maas de firma Stauffer Chemie gevestigd.

Deze firma produceert de volgende bestrijdingsmiddelen: butylaat, cycloaat, EPTC, molinaat, pebulaat en vernolaat.

3.4 Gebruik van bestrijdingsmiddelen

3.4.1 Gebruik van bestrijdingsmiddelen in Nederland

3.4.1.1 Gebruiksomvang per groep bestrijdingsmiddelen

Het gebruik van bestrijdingsmiddelen vindt onder andere plaats bij de landbouw, tuinbouw, veeteelt, spoorwegen, onderhoud van wegen, watergangen en openbaar groen.

Voor de jaren 1984 t/m 1986 is door CBS uit informatie van de

Nederlandse Stichting voor Fytofarmacie (Nefyto) een overzicht gepubliceerd van de afzet van groepen bestrijdingsmiddelen toegepast in de land- en tuinbouw (Loorij, 1989).

Aanvullende informatie over het gebruik van bestrijdingsmiddelen is weergegeven in ROM (1989).

In tabel 3.8 is de afzet in een aantal hoofdgroepen van bestrijdingsmiddelen weergegeven.

Bij dit overzicht moet worden opgemerkt dat door het niet opnemen van landbouwbestrijdingsmiddelen die buiten de Nefyto om op de markt worden gebracht, de werkelijk afgezette hoeveelheden mogelijk hoger liggen dan de in de tabellen vermelde hoeveelheden. Bovendien heeft de afzet niet gelijk te zijn aan de in werkelijkheid gebruikte hoeveelheid, bijvoorbeeld als gevolg van voorraadvorming.

Tabel 3.8 Afzet van chemische bestrijdingsmiddelen per groep van middelen (x 1.000 kg), (Loorij, 1989), (ROM,1989).

Bestrijdingsmiddelen groep	1984	1985	1986	1987
Insecticiden	653	634	561	498
Fungiciden	3.958	4.363	3.575	4.070
Herbiciden	3.958	3.977	3.795	3.912
Grondontsmettingsmiddelen	10.923	10.784	12.535	8.423
Overige middelen	146	181	168	189
Totaal	19.665	19.539	20.634	17.092

De toepassing van insecticiden in Nederland is relatief geringer dan het gebruik van overige bestrijdingsmiddelen en daarom zijn de insecticiden niet in een tabel weergegeven.

De afzet van fungiciden, herbiciden en grondontsmettingsmiddelen wordt nader gespecificeerd in de tabellen 3.9 t/m 3.11.

Tabel 3.9 Afzet van fungiciden (actieve stof) in tonnen
(Loorij, 1989), (ROM,1989).

Bestrijdingsmiddelen groep	1984	1985	1986	1987
Totaal fungiciden	3.958	4.363	3.575	4.070
benzimidazolen	112	120	118	124
w.o. carbendazim	31	36	43	51
captan en verwante verbindingen	530	606	324	437
w.o. captan	273	360	285	367
chloornitrobenzeen- verbindingen	145	109	0,2	35
w.o. quintozeen	145	109	0,2	35
dicarboximiden	82	92	84	109
dithiocarbamaten	2.267	2.453	2.090	2.317
w.o. maneb	1.795	1.991	1.604	1.786
w.o. zineb	185	190	169	177
fosforverbindingen	36	51	78	80
morfolineverbindingen	64	92	74	73
tinverbindingen	317	388	302	383
zwavel	93	93	107	52
overige fungiciden	130	193	234	313

Dithiocarbamaten nemen in ons land veruit het grootste deel in beslag van de totale hoeveelheid fungiciden. Van de dithiocarbamaten wordt vooral maneb toegepast. Organotinverbindingen worden vaak in combinatie met dithiocarbamaten toegepast.

Tabel 3.10 Afzet van herbiciden (actieve stof) in tonnen (Loorij, 1989), (ROM,1989).

	1984	1985	1986	1987
Totaal herbiciden	3.958	3.977	3.795	3.912
alkaancarbonszuren	641	487	433	477
w.o. dalapon	120	91	130	99
aniliden	122	137	150	145
w.o. propachloor	77	75	62	67
carbamaten	210	190	164	152
fenolen	545	615	577	554
w.o. dinoseb	413	455	446	452
fenoxycarbonszuren	828	756	734	796
w.o. mecoprop	507	459	448	482
w.o. MCPA	207	178	183	204
heterocyclische verbindingen	322	366	358	411
quaternaire verbindingen 1)	151	165	140	153
triazinen en triazinonen	594	630	621	604
w.o. atrazin	200	192	204	203
ureum herbiciden	256	306	272	235

1) Inclusief quaternaire ammoniumverbindingen

In de periode 1984-1987 zijn geringe verschuivingen tussen de subgroepen van herbiciden waarneembaar.

Tabel 3.11 Afzet van grondontsmettingsmiddelen (actieve stof)
in tonnen (Loorij, 1989), (ROM, 1989).

	1984	1985	1986	1987
Grondontsmettings- middelen	10.923	10.784	12.535	8.423
fumigantia	10.735	10.551	12.262	8.242
w.o. metam-natrium	4.000	4.885	6.467	5.112
niet-fumigantia	188	233	273	181

Fumigantia zijn dichloorpropeen, metam-natrium en zijn omzettingsproduct methylisothiocyanaat en methylbromide. De afzet van methylbromide is in de hoeveelheid fumigantia niet inbegrepen. Methylbromide is niet meer als grondontsmettingsmiddel toegelaten en kan alleen via een speciale ontheffing worden toegepast.

Niet-fumigantia zijn granulaten op basis van aldicarb, dazomet, ethoprofos en oxamyl.

3.4.1.2 Gebruiksomvang per bestrijdingsmiddel

Van de bestrijdingsmiddelen die in het verleden zijn toegepast zijn geen gebruiksgegevens beschikbaar. Pas de laatste jaren verschaft de Nefyto op vertrouwelijke basis omzetcijfers. Op basis van de omzetcijfers van 1985, 1986 en 1987 is in tabel 3.12 een indicatie gegeven van de omvang van het gebruik van middelen die op de zwarte lijst waterwingebieden voorkomen.

De omvang van het gebruik is als volgt weergegeven:

- 1) omvang < 5000 kg per jaar
- 2) 5000 < omvang < 25000 kg per jaar
- 3) 25000 < omvang < 50000 kg per jaar
- 4) 50000 < omvang < 200000 kg per jaar
- 5) omvang > 200000 kg per jaar

Tabel 3.12 Overzicht van stoffen op de zwarte lijst per 1-3-1989 en de omzet cijfers (VROM, 1989 a).

Jaar	1985	1986	1987
aldicarb	4	2	4
asulam	2	2	2
benazolin	1	1	1
benazolin-ethyl	1	1	1
bentazon	4	4	5
boraten	1	1	1
bromacil	2	2	2
chloorthal-methyl	1	1	1
dicamba	1	1	1
dichloorpropeen	5	5	5
dikegulac natrium	1	1	1
dinoseb	5	5	5
endothal-natrium	1	1	1
ethiofencarb	1	1	1
etrimfos			
fluroxypyr	1	1	2
glufosinaat-ammonium	1	2	2
hexazinon	1	1	1
lenacil	2	2	1
metalaxyl	2	2	2
metazachloor			
methomyl	2	2	2
metolachloor	2	2	4
propachloor	4	4	4
propoxur	2	2	2
TCA	5	5	5
thiofanox	1	1	1
triclopyr	1	1	1
vamidothion	1	1	1

De omvang van het gebruik is als volgt weergegeven:

- 1) omvang < 5000 kg per jaar
- 2) 5000 < omvang < 25000 kg per jaar
- 3) 25000 < omvang < 50000 kg per jaar
- 4) 50000 < omvang < 200000 kg per jaar
- 5) omvang > 200000 kg per jaar

Ook voor de middelen op de witte lijst met beperkte toepassing zijn de omzetcijfers weergegeven in tabel 3.13.

Tabel 3.13 Overzicht van stoffen op de witte lijst met beperkte toepassing in waterwingebieden per 1-3-1989 en de omzet in 1985, 1986 en 1987 (VROM, 1989 a).

Jaar	1985	1986	1987
Middel			
acлонifen ¹⁾	1	1	1
atrazin ⁵⁾	4	5	5
carbeetamide ¹⁾	2	2	2
2,4-D ¹⁾	4	4	4
dalapon ¹⁾	4	4	4
dichloran ²⁾	1	1	1
DNOC ¹⁾	4	4	4
fluazifop-butyl ¹⁾	2	2	2
furalaxyl ³⁾	2	1	1
mecoprop ^{1,6)}	5	5	5
metamitron ²⁾	5	5	5
metribuzin ²⁾	3	3	3
oxamyl ⁴⁾	3	3	2
prometryn ⁵⁾	1	1	2
propazin ⁵⁾	1	1	1
pyridaat ²⁾	2	2	3
sethoxydim 1)	2	2	1
simazin ⁵⁾	4	4	4
triforine ⁵⁾	1	1	1

De omvang van het gebruik is als volgt weergegeven:

- 1) omvang < 5000 kg per jaar
- 2) 5000 < omvang < 25000 kg per jaar
- 3) 25000 < omvang < 50000 kg per jaar
- 4) 50000 < omvang < 200000 kg per jaar
- 5) omvang > 200000 kg per jaar

- 1) In waterwingebieden is gebruik niet toegestaan gedurende de periode 1 oktober - 1 april.
- 2) In waterwingebieden is het gebruik niet toegestaan op gronden met een organisch stofgehalte minder dan 2% en minder dan 10% afslibbaar.
- 3) In waterwingebieden is het gebruik in de vollegrondsteelten van crocus, iris en boomkwekerij-gewassen niet toegestaan.
- 4) In waterwingebieden is het gebruik in glasteelten niet toegestaan.
- 5) Er is momenteel besluitvorming gaande om deze middelen op zo kort mogelijke termijn op de zwarte lijst te plaatsen. Bij een enkel merk is de betreffende clausule reeds in de toelatingsbeschikking opgenomen.
- 6) Vanaf 1 februari 1990 is alleen mecoprop-p toegelaten.

Voor de stoffen op de witte lijst zonder beperking zijn in tabel 3.14 een aantal middelen vermeld waarvan de omzet in minstens één van de jaren 1985 t/m 1987 groter dan 50.000 kg was (VROM, 1989 b).

Tabel 3.14 Omzet van stoffen op de witte lijst zonder beperking waarvan de omzet in minstens één van de jaren 1985 t/m 1987 groter dan 50000 kg was (VROM, 1989 a).

Middel	1985	1986	1987
anilazin	1	1	3
captafol*	4	1	2
captan	4	4	4
carbendazim	2	2	3
chloormequat	3	2	3
chloorprofam	3	3	3
chloorthalonil	3	3	3
chloralhydraat*	3	3	3
chloridazon	3	3	3
dichlobenil	3	2	3
dichloorprop	2	3	2
dinoseb *	4	4	4
diquat-dibromide	2	2	3
ethoprosfos	3	4	3
fenmedifam	3	3	3
fenpropimorf	3	3	3
fentinacetaat	4	4	4
glyfosaat	3	3	3
isoproturon	2	2	2
mancozeb	3	3	3
maneb	4	4	4
MCPA	3	3	4
metamnatium	4	4	4
methabenzthiazuron	3	3	3
metiram	3	3	3
metolachloor	2	2	3
nonylfenolpoly			
glycolether	3	3	2
paraquat	3	3	3

Middel	1985	1986	1987
parathion-ethyl	3	3	3
pencycuron	3	3	3
pirimicarb	3	1	2
profam	3	2	2
quintozeen	3	1	2
thiram	3	3	3
vinchlozolin	3	2	3
zineb	3	3	3

1: omzet 0-5.000 kg per jaar

2: omzet van 5.000-50.000 kg per jaar

3: omzet van 50.000-200.000 kg per jaar

4: omzet groter dan 200.000 kg per jaar

* Captafol en chloralhydraat zijn inmiddels niet meer toegelaten in Nederland. Dinoseb wordt verboden vanaf 1 januari 1990.

In tabel 3.15 zijn de middelen samengevat met een omzet in minimaal in één van de jaren 1985 t/m 1987 boven de 200.000 kg.

Tabel 3.15 Middelen met een jaaromzet boven de 200.000 kg in minimaal één van de jaren 1985 t/m 1987.

atrazin	bentazon	captafol
captan	dichloorpropeen	dinoseb
ethoprofos	fentinacetaat	maneb
MCPA	mecoprop	metamitron
metamnatrium	methylbromide	TCA

3.4.1.3 Overzicht van de belangrijkste toegepaste middelen bij de belangrijkste teelten.

Het gebruik van bestrijdingsmiddelen is direct gerelateerd aan het gewas dat wordt geteeld. In tabel 3.16 is een overzicht gegeven van de teeltarealen van de belangrijkste sectoren van de landbouw in 1987.

Tabel 3.16 Arealen van de belangrijkste sectoren van de landbouw (Berends, 1988).

Sector	Areaal (ha)
Weidebouw	1.124.472
Akkerbouw	787.078
Groenteteelt in de volle grond	38.800
Fruitteelt	22.213
Bloembollenteelt	16.432
Glastuinbouw	9.206
Boomteelt	6.929
Bloementeelt in de volle grond	1.784
Tuinbouwzadenteelt	1.469

Uit deze tabel blijkt dat de weidebouw het grootste areaal beslaat. Berends (1988) heeft het gebruik aan bestrijdingsmiddelen op grasland niet geïnteriseerd, omdat het gebruik aan bestrijdingsmiddelen op grasland relatief gering is.

Op grasland wordt gemiddeld voor Nederland circa 0,5 (kg/ha)/jaar herbiciden en circa 0,1 (kg/ha)/jaar insecticiden toegepast (Meerjarenplan Gewasbescherming, 1989). Ter vergelijking zijn in tabel 3.17 het geschatte gebruik van bestrijdingsmiddelen in de landbouw weergegeven. Bij deze inventarisatie is het gebruik van grondontsmettingsmiddelen niet meegenomen. In de teelten, waar grondontsmettingsmiddelen worden toegepast is het totale gebruik veel hoger dan het gebruik dat in tabel 3.17 is weergegeven.

Tabel 3.17 Geschatte totale gebruik van bestrijdingsmiddelen, excl. plantgoedbehandeling, grondontsmetting, zaaizaadontsmetting en voorraadbescherming, per onderscheiden teelt in 1987 (Berends, 1988).

Teelt	gebruik (kg/ha)/jaar *
Akkerbouw (totaal gemiddeld)	5,5
mais	1,7
suikerbieten	4,9
wintertarwe	3,1
consumptie-aardappelen	17
fabrieksaardappelen	7,8
erwten	37
zomergerst	1,5
pootaardappelen	13
graszaad	25
uien	20
veldbonen	5,4
koolzaad	1,8
wintergerst	1,9
karwij	3,5
Groenteteelt in de volle grond	11
spruitkool	6,3
asperge	7,3
sluitkool	3,3
prei	34
bloemkool	11
aardbei	8,6
Fruitteelt	15
appel	15
peer	16
Bloembollenteelt	36
tulp	31
gladiool	41
lelie	52
iris	26

Teelt	gebruik (kg/ha)/jaar
Glastuinbouw	40
sla	10
tomaat	12
komkommer	16
paprika	13
roos	87
chrysant	220
gerbera	18
gipskruid	25
Boomteelt	8,4
bos- en haagplantsoen	13
laan- en parkbomen	7,6
sierconiferen	2,0

* te lage waarden door ontbreken van een aantal categorieën waaronder grondontsmettingsmiddelen.

Het totale bestrijdingsmiddelengebruik in grasland (0,6 (kg/ha)/jaar) is veel geringer dan de toepassing in de akkerbouw, tuinbouw of fruitteelt.

Het grootste gedeelte van het areaal aan grasland in Nederland is permanent als grasland in gebruik, waar bij een goede beweiding slechts pleksgewijs behandeling met bestrijdingsmiddelen plaatsvindt. Hiervoor worden hoofdzakelijk groeistoffen (vooral MCPA, mecoprop en 2,4-D) toegepast. Daarnaast wordt ook wel in geringere mate bentazon als onkruidbestrijdingsmiddel toegepast.

Het hoogste gebruik aan bestrijdingsmiddelen vindt plaats bij herinzaai van grasland. Voor inzaai wordt voornamelijk glyfosaat toegepast. Daarnaast worden voornamelijk groeistoffen (vooral MCPA, mecoprop en 2,4-D) en in mindere mate andere herbiciden, (onder andere bentazon) toegepast (Plantenziektenkundige Dienst, 1987).

Het gebruik aan bestrijdingsmiddelen bij herinzaai is circa 4 á 5 keer zo hoog als bij permanent beweide grasland.

Op grasland wordt voor de bestrijding van insecten (vooral emelten) voornamelijk parathion toegepast.

De bovengenoemde bestrijdingsmiddelen worden ook in de akkerbouw toegepast waardoor het niet mogelijk is om een hoeveelheid middel per hectare per jaar te berekenen. Dit is ook weinig zinvol, daar het gebruik van bestrijdingsmiddelen voor het grootste areaal grasland in Nederland verhoudingsgewijs (kg/ha)/jaar t.o.v. akkerbouw gering is. Er is wel een globale schatting te geven van het gebruik van de middelen per hectare.

In tabel 3.18 zijn de belangrijkste bestrijdingsmiddelen, die bij grasland worden toegepast, samengevat.

Tabel 3.18 Dosering van de belangrijkste bestrijdingsmiddelen op grasland in Nederland (Van Rijn, 1987).

Middel	Dosering (kg/ha)
bentazon	1,5
2,4-D	1-1,5
glyfosaat	1,5-2
MCPA	1- 2
mecoprop (MCP)	2,5-3,5

Berends (1988) heeft naast per sector ook per regio het gebruik van bestrijdingsmiddelen in de akkerbouw en tuinbouw geïnventariseerd. Het gebruik van bestrijdingsmiddelen bij de teelt van een gewas kan verschillen per regio en grondtype. De gemiddelde dosering per hectare per jaar is berekend door de dosering per toepassing te vermenigvuldigen met de jaarlijkse toepassingsfrequentie en met de geschatte kans op de toepassing. Om tot de belangrijkste stoffen voor het gebruik van bestrijdingsmiddelen te komen is arbitrair gekozen voor een gemiddelde dosering per hectare per jaar van 0,5 (kg/ha)/jaar. In tabel 3.19 zijn de bestrijdingsmiddelen vermeld

waarvan het gebruik in de akkerbouw in één van de regio's of grondtypen meer dan 0,5 kg per hectare per jaar bedraagt.

Tabel 3.19 Toepassing van bestrijdingsmiddelen bij akkerbouw gewassen in 1987 (Berends, 1988), exclusief grondontsmettingsmiddelen.

Teelt	Oppervlakte (x 1.000 ha)	% v.h. akkerbouw areaal	toegepaste middelen >0,5 (kg/ha)/jaar
maïs	197,5	25	atrazin, bentazon,
suikerbieten	127,7	16	metamitron, profam, chloridazon, fenmedifam,
wintertarwe	103,2	13	chloormequat, isoproturon chloortoluron, dinoterb methabenzthiazuron,
consumptie- aardappelen	75,4	9,6	maneb, dinoseb, fentin- acetaat, metribuzin, dinoterb,
fabrieks- aardappelen	58,3	7,4	fentinacetaat, maneb, dinoseb,
zomergerst	42,0	5,3	dinoterb, isoproturon,
erwten	35,6	4,5	bentazon, dinoseb, methabenzthiazuron, parathion, glyfosaat,
pootaardappelen	34,5	4,4	dinoseb, maneb, fentin- acetaat, pencycuron,
graszaad	22,1	2,8	ethofumesaat, bentazon, methabenzthiazuron, mecoprop
uien	15,5	2,0	chloorthalonil, maneb vinchlozolin, parathion, maleïnehydrazide, difenoxuron, propachloor, pendimethalin

Middelen met een relatief grote omvang van gebruik zijn atrazin (maïs), bentazon (erwten), chloridazon (suikerbieten op kleigrond), dinoseb (consumptie-aardappelen, fabrieksaardappelen, erwten, pootaardappelen), fenmedifam (suikerbieten), fentinacetaat (consumptie-aardappelen, fabrieksaardappelen), maneb (consumptie-aardappelen, uien) en metamitron (suikerbieten).

Grondontsmetting in de akkerbouw vindt plaats bij de teelt van aardappelen, bieten en uien.

Voor de land- en tuinbouw worden de fumigantia, dichloorpropeen en metam-natrium en de middelen in granulaatvorm aldicarb, dazomet, ethoprofos en oxamyl als grondontsmettingsmiddelen toegepast.

De toepassing van metam-natrium en dichloorpropeen vindt plaats in hoge doseringen. Voor akkerbouw wordt een dosering van 150 en 170 kg per hectare voor respectievelijk metam-natrium en dichloorpropeen gehanteerd.

Naast de akkerbouw worden grondontsmettingsmiddelen toegepast in de fruitteelt, groenteteelt, boomteelt, vaste plantenteelt, openbaar groen (rozen), bloembollenteelt en bloementeelt.

Groenteteelt in de volle grond

In tabel 3.20 zijn de middelen vermeld waarvan het gebruik in de groenteteelt in de volle grond meer dan 0,5 kg per hectare per jaar bedraagt.

Tabel 3.20 Toepassing van bestrijdingsmiddelen in de groenteteelt in de volle grond in 1987 (Berends, 1988), exclusief grondontsmettingsmiddelen.

Teelt	oppervlakte (ha)	toegepaste middelen > 0,5 (kg/ha)/jaar	
spruitkool	1.214	pirimicarb	iprodition
		propamocarb	metazachloor
asperges	2.807	maneb	zineb
		iprodition	vinchlozolin
		dimethoaat	paraquat
sluitkool	1.976	propamocarb	benomyl
prei	2.439	mangaansulfaat	chloorthalonil
		methabenzthiazuron	
bloemkool	1.355	propamocarb	propachloor
		benomyl	fonofos
aardbeien	1.978	tolyfluanide	fenmedifam
		lenacil	fosethyl- aluminium

De volgende middelen worden in de groenteteelt veel toegepast: propamocarb (kool), maneb en zineb (asperges), mangaansulfaat en chloorthalonil (prei), tolyfluanide (aardbeien).

Fruitteelt

Voor de belangrijkste teelten in de fruitteelt, nl. appels en peren, zijn het bestrijdingsmiddelengebruik geïnventariseerd.

In tabel 3.21 zijn de middelen vermeld waarvan het gebruik in de fruitteelt meer dan 0,5 kg per hectare per jaar bedraagt.

Tabel 3.21 Toepassing van bestrijdingsmiddelen in de fruitteelt in 1987 (Berends,1988), exclusief grondontsmettingsmiddelen.

Teelt	oppervlakte (ha)	toegepaste middelen > 0,5 (kg/ha)/jaar	
appels	15.132	captan maneb broompropylaat koper diuron	metiram nitrothal- isopropyl amitrol simazin
peren	5.165	captan thiram simazin	amitrol diuron amitraz

Van deze middelen heeft captan de grootste omvang van gebruik.

Bloembollenteelt

In tabel 3.22 zijn de middelen vermeld waarvan het gebruik in de bloembollenteelt meer dan 0,5 kg per hectare per jaar bedraagt.

Tabel 3.22 Toepassing van bestrijdingsmiddelen in de bloembollenteelt in 1987 (Berends, 1988), exclusief grondontsmettingsmiddelen.

Teelt	oppervlakte (ha)	toegepaste middelen > 0,5 (kg/ha)/jaar	
tulpen	4.835	mancozeb	zineb
		maneb	vinchlozolin
		chloorprofam	metamitron
		chloridazon	tolclofos-methyl
gladiolen	396	mancozeb	zineb
		maneb	metoxuron
		chloorpyrifos	procymidon
		acefaat	
lelies	1.760	minerale olie	mancozeb
		zineb	tolclofos-methyl
		aldicarb	chloorprofam
		simazin	metamitron
irissen	825	tolclofos-	zineb
		methyl	maneb
		chloorprofam	metamitron
		metoxuron	cyprofuram

Bij de teelt van lelies worden jaarlijks grote hoeveelheden minerale olie - 200 (kg/ha) per jaar - toegepast. Daarnaast worden in de bloembollenteelt maneb, zineb en mancozeb in relatief hoge doseringen toegepast. Deze middelen worden omgezet tot ethyleenthioureum (ETU).

Glastuinbouw

In de glastuinbouw worden een groot aantal verschillende gewassen geteeld en voor de belangrijkste groente- en bloemisterijgewassen is het gebruik aan bestrijdingsmiddelen geïnteriseerd.

In tabel 3.23 zijn de middelen vermeld waarvan het gebruik in de glastuinbouw meer dan 0,5 kg per hectare per jaar bedraagt.

Tabel 3.23 Toepassing van bestrijdingsmiddelen in de glastuinbouw in 1987 (Berends, 1988).

Teelt	oppervlakte (ha)	toegepaste middelen > 0,5 (kg/ha)/jaar	
sla	1.800-2.000	thiram fosethyl- aluminium	iprodition pirimicarb
tomaten	1.384	fenbutatinoxide bupirimaat propamocarb methomyl	bitertanol tolyfluanide oxamyl
komkommers	381	pirimicarb tolyfluanide fenbutatinoxide	bupirimaat methomyl amitraz
paprika's	272	dichloorvos dichloorvos pirimicarb amitraz	propamocarb propamocarb fenbutatinoxide bitertanol
rozen	400	zwavel bupirimaat oxamyl iprodition dichloorvos	dodemorf aldicarb tolyfluanide dienochloor carbofuran
chrysanten	375	mancozeb bitertanol etridiazool dichloorvos pyrazofos aldicarb pirimicarb iprodition	triforine fenaminosulf furalaxyl methomyl triazofos oxamyl vinchlozolin dienochloor

Teelt	oppervlakte (ha)	toegepaste middelen 0,5 (kg/ha)/jaar	
gerbera's	173	carbofuran methamidofos dichloorvos aldicarb	iprodition pirimicarb dienochloor
gipskruid	60	pyrazofos pirimicarb dichloorvos	iprodition dienochloor

Van de in tabel 3.23 weergegeven teelten in de glastuinbouw wordt bij de teelt van chrysanten jaarlijks de hoogste dosis aan bestrijdingsmiddelen toegepast.

Middelen met een relatief grote gebruiksomvang zijn thiram (sla), dichloorvos (paprika), zwavel (rozen), mancozeb (chrysanten), methamidofos (gerbera's) en pyrazofos (gipskruid).

Boomteelt

In tabel 3.24 zijn de middelen vermeld waarvan het gebruik in de boomteelt meer dan 0,5 kg per hectare per jaar bedraagt.

Tabel 3.24 Toepassing van bestrijdingsmiddelen in de boomteelt in 1987 (Berends, 1988).

Teelt	oppervlakte (ha)	toegepaste middelen > (0,5 kg/ha)/jaar	
bos en haag- plantsoen	1.621	zwavel mancozeb	carbendazim simazin
laan en park- bomen	1.280	zwavel thiofanaat-methyl	mancozeb
sierconiferen		mancozeb	

Mancozeb en zwavel worden in de boomteelt in de hoogste doseringen toegepast.

3.4.1.4 Landgebruik en waterwingebieden

In Berends (1988) is weergegeven waar bepaalde teelten in Nederland zijn gelocaliseerd. De meest omvangrijke teelten op locaties waar grondwater wordt gewonnen voor de drinkwaterproductie vinden plaats op zandgronden. Het betreft voornamelijk akkerbouw en groenteteelt op volle grond. In tabel 3.25 wordt een overzicht gegeven van de middelen die gebruikt worden bij de teelt van verschillende gewassen in de akkerbouw en de groenteteelt op volle grond op zandgronden.

Het gaat hierbij in de akkerbouw om mais, suikerbieten, wintertarwe, consumptie-aardappelen, fabrieksaardappelen, zomergerst, erwten, pootaardappelen, graszaad, uien, veldbonen en wintergerst, en bij de groenteteelt op volle grond om spruitkool, asperges, prei en aardbeien. Hoewel het hoogste gebruik van bestrijdingsmiddelen plaats vindt bij bloembollen en -knollen en bij glastuinbouw worden deze teelten voorlopig buiten beschouwing gelaten, omdat het totale areaal van deze teelten, in vergelijking met andere teelten, vrij gering is, hoewel dat in de toekomst door uitbreiding of verschuivingen van bollenland kan veranderen.

Fruitteelt wordt eveneens buiten beschouwing gelaten, omdat deze vooral plaatsvindt op kleigronden (Betuwe), waarbij indien diep grondwater wordt gewonnen en indien afsluitende kleilagen aanwezig zijn, mogelijk wordt voorkomen dat er verontreiniging van het diepe grondwater ten gevolge van gebruik van bestrijdingsmiddelen optreedt. Dit geldt mogelijk niet voor de fruitteelt toegepast in Limburg.

Dit geldt ook in meer of mindere mate voor boomkwekerijgewassen.

Tabel 3.25 Overzicht van de middelen gebruikt bij akkerbouw en groenteteelt op volle grond op zandgronden (Berends, 1988).

actieve stof	teelt MSWCFZEPGUVWSAPA
aldicarb	-S-CF--P-U-----
anizalin	--W-----
atrazin	M-----
bentazon	M-W--ZE-G-VW----
bifenox	--W--Z-----W----
bromoxynil	M-----
chlofentezin	-----A
chloorpyrifos	---C-----S---
chloorthalonil	-----U----P-
cyanazin	-----E---V---P-
cymoxanil	----F-----
deltamethrin	-----E-----A--
desmetryn	-----S---
dichloorpropeen	---CF--P-----A
difenoxuron	-----U-----
dimethoaat	-SW-----A--
dinoseb	----FZ-PG-V-----
dinoterb	--WC-Z-----W----
diquat	---C---P-U-----
diuron	-----A--
ethofumesaat	-S-----G-----
ethoprosfos	---CF--P-----
fenarimol	-----A
fenbutatinoxide	-----A
fenmedifam	-S-----A
fenpropimorf	--W-----
fentin-acetaat	---CF--P-----
fluazifop-P	
butyl	-S-C----G-----
fluroxypyr	--W--Z-----W----

actieve stof	teelt
	MSWCFZEPGUVWSAPA
fonofos	-----S---
furathiocarb	-S-----
glyfosaat	-SW--ZE---VW----
hexythiazox	-----A
iprodion	-----E-----SA-A
isofenfos	-----S---
isoproturon	--W--Z-----W----
lenacil	-----A
lindaan	MS-----
maleine hydrazide	-----U-----
mancozeb	----F-----
maneb	--WCF--P-U---A--
mangaansulfaat	-----P-
MCPA	--WC-Z-----W----
mecoprop	--W--Z--G--W----
mecoprop-p	--W--Z-----W----
metalaxyl	---C-----A
metamitron	-S-----A
metam-natrium	---CF--G-----A
metazachloor	-----S-P-
methabenzthiazuron	--W---E-G--W--P-
metobromuron	---C---P-----
metolachloor	M-----
metribuzin	---CF--P-----A--
mevinfos	-----A
monolinuron	----F-----
oxamyl	---CF--P-----
paraquat	----F-----A--
parathion	-S-C--EP-UV---P-
penconazool	-----P-
pendimethalin	-----U-----
permethrin	-----S---

actieve stof	teelt
	MSWCFZEPGUVWSAPA
pirimicarb	-SWC--EP--V-S-PA
prochloraz	--W-----
profam	-S-----
prometryn	-----E---V---P-
propachloor	-----U-----
propamocarb	-----S---
propazin	-----E---V-----
propiconazol	--W--Z-----W----
pyrazofos	-----S--A
pyridaat	M-----
sethoxydim	-S-----
simazin	-----E---V--APA
terbutryn	---C---P-----
tolclofos-methyl	-----P-----
tolyfluanide	-----A
triadimenol	--W-----
triforine	-----S---
validamycine	-----P-----
vinchlozolin	-----E--UV--A-A
zineb	-----V--A--

teelt: M = mais, S = suikerbiet, W = wintertarwe, C = consumptie-aardappel, F = fabrieksaardappel, Z = zomergerst, E = erwten, P = pootaardappel, G= graszaad, U = ui, V = veldboon, W = wintergerst, S= spruitkool, A = asperge, P = prei en A = aardbei.

3.4.1.5 Overige toepassingen

Naast de toepassing van bestrijdingsmiddelen in de land- en tuinbouw worden onkruidbestrijdingsmiddelen toegepast bij permanent onbeteelde terreinen (onder andere spoorbanen en groenvoorziening). In tabel 3.26 is weergegeven welk middel met welke dosering op welke soort locatie wordt toegepast.

Tabel 3.26 Mogelijk gebruik van bestrijdingsmiddelen op onbeteelde terreinen en beplantingen.

Middel	Soort locatie	Dosering (kg/ha)
2,4-D/mecoprop	gazons/sportvelden	5
chloorthal-methyl	gazons/sportvelden	5
dalapon	plantsoen	4
dichlobenil	plantsoen	2,7
amitrol/bromacil*	spoorbanen	2
amitrol	spoorbanen	6-8
diuron	spoorbanen	1-2
dalapon/dichlobenil	spoorbanen	100-200
bromacil*/dichlobenil	spoorbanen	50-100
bromacil/dichlobenil	onbeteeld terrein	75-175
atrazin	onbeteeld terrein	5-30
simazin	onbeteeld terrein	5-10
chloorthiamide /dalapon	onbeteeld terrein	100-160
TCA	gazon **	100
glyfosaat	gazon **	3
chloorthiamide	gazon	5

* Bromacil wordt vanaf 1988 niet meer bij spoorbanen toegepast.

** Deze middelen worden voor beplanting toegepast.

Bij onbeteelde terreinen worden hoge doseringen aan bestrijdingsmiddelen toegepast. Bij locaties met gronden met een laag organisch stof gehalte of lutumgehalte (spoorbanen) is er een verhoogde kans op uitspoeling van bestrijdingsmiddelen.

Bij gazons wordt TCA met een hoge dosering toegepast. TCA is vanwege zijn mobiele karakter op de zwarte lijst geplaatst.

3.4.2 Gebruik van bestrijdingsmiddelen in Duitsland, België en Frankrijk

Door de RIWA is het gebruik van bestrijdingsmiddelen in het stroomgebied van de Rijn en de Maas geïventariseerd (Bal, 1989). Het totale landbouwkundig gebruik van bestrijdingsmiddelen in Duitsland en België is weergegeven in tabel 3.27. De gegevens over het totale gebruik in Frankrijk zijn niet beschikbaar.

De omvang van de teelten in Zwitserland is in vergelijking met de omvang van de teelten in Duitsland en België gering en zijn niet in de overzichten betrokken.

Tabel 3.27 Het landbouwkundig gebruik van bestrijdingsmiddelen in 1.000 kg in Duitsland en België in 1985, 1986 en 1987 en Nederland (1987) (Bal, 1989), (Loorij, 1989), (VROM, 1989 a)

	1985	1986	1987
Nederland	19.539	20.634	17.092
België	8.900	8.900	9.000
Duitsland	30.000	31.300	29.800

De verdeling van de bestrijdingsmiddelen in hoofdgroepen is in tabel 3.28 weergegeven.

Tabel 3.28 Verdeling van het gebruik van bestrijdingsmiddelen over 3 groepen in 1987 als percentage van het totaal (Bal, 1989).

	Nederland	België	Duitsland
herbiciden	22	53	57
fungiciden	22	24	31
insecticiden	3	4	4
grondontsmetting	47	10	*
overige	6	9	8

* grondontsmetting is opgenomen in de categorie overige

In Nederland vindt in vergelijking tot België en Duitsland veel grondontsmetting plaats. Door de hoge dosis, die bij de grondontsmetting wordt toegepast, heeft Nederland verhoudingsgewijs het hoogste gebruik aan bestrijdingsmiddelen per hectare.

In België en Duitsland worden herbiciden het meest toegepast.

In het stroomgebied van de Rijn in Duitsland zijn granen, maïs, bieten en druiven qua areaal de belangrijkste teelten. De werkzame stoffen met het hoogste gebruik bij deze teelten zijn in dit rapport weergegeven. Een overzicht van alle toegepaste middelen is weergegeven door Bal (1989).

In tabel 3.29 zijn de bestrijdingsmiddelen vermeld die in de teelt van granen in het stroomgebied van de Rijn in Duitsland zijn toegepast.

Tabel 3.29 Bestrijdingsmiddelen in de graanteelt in Duitsland
(Bal, 1989).

Onkruidbestrijding	Schimmelbestrijding	Insectenbestrijding
2,4-D	anilazin	parathion
chloortoluron	fenpropimorf	pirimicarb
glyfosfaat	triadimenol	
isoproturon	tridemefon	
MCPA	tridemorf	
mecoprop	propiconazool	

Daarnaast worden in de graanteelt groeiregulatoren toegepast. In Duitsland zijn dit vooral chloormequat en ethefon.

In de maïsteelt worden voornamelijk herbiciden toegepast. De herbiciden met het grootste gebruik zijn: atrazin, broomfenoxim, EPTC, pendimethalin, simazin en terbutylazin.

In het stroomgebied van de Rijn in Duitsland in de bietenteelt worden voornamelijk herbiciden toegepast. De herbiciden met het grootste gebruik zijn: clopyralid, ethofumesaat, fenmedifam, fluazifop-butyl, haloxyfop en metamitron.

Voor de wijnbouw zijn de bestrijdingsmiddelen in tabel 3.30 weergegeven.

Tabel 3.30 Bestrijdingsmiddelen in de wijnbouw in Duitsland (Bal, 1989).

onkruidbestrijding:

amitrol	glufosinaat-ammonium	paraquat
calciumcyanide	glyfosaat	simazin
dichlobenil	MCPA	terbumeton
diquat	mecoprop	terbutylazin
fluazifop-butyl	methabenzthiazuron	

schimmelbestrijding:

cymoxanil	koperoxychloride	triadimefon
dithianon	mancozeb	triadimenol
dichlofluamide	metiram	triforine
dinocap	penconazool	vinchlozolin
fenarimol	procymidon	
iprodion	propineb	

insecten-mijtenbestrijding:

acefaat	dialifos	lindaan
azinfos-methyl	DNOC	methidathion
azocyclotin	endosulfan	oxydemeton-methyl
bacillus thuringien- sis	fenbutatinoxide fenpropathrin	parathion parathion-methyl
cypermethrin	fenvaleraat	permethrin
deltamethrin	fosalone	trichloorfon
demeton-S-methylsulfon		

In België zijn in het stroomgebied van de Maas maïs , suikerbieten, wintertarwe en wintergerst qua areaal de belangrijkste teelten. Een volledig overzicht van de toegelaten middelen in België is weergegeven in het RIWA-rapport (Bal, 1989).

De belangrijkste middelen toegepast bij deze teelten zijn in tabel 3.31 vermeld.

Tabel 3.31 Bestrijdingsmiddelen in de teelt van maïs, suikerbieten, wintertarwe en wintergerst in België (Bal,1989).

Onkruidbestrijding	Schimmelbestrijding	Insectenbestrijding, groeiregulatoren
maïs:		
alachloor		carbofuran
atrazin		
bentazon		
metolachloor		
suikerbieten:		
chloridazon	zwavel	carbofuran
metamitron		aldicarb
ethofumesaat		terbufos
fenmedifam		
wintertarwe en wintergerst:		
MCPA	fenpropimorf	chloormequat
methabenzthiazuron	prochloraz	
chloortoluron	mancozeb	
isoproturon	zwavel	
dichloorprop	maneb	
	propiconazool	
	triadimenol	
	triadimefon	
	diclobutrazol	
	flutriafol	

In het stroomgebied van de Rijn en de Maas ligt 6% van het grondgebied van Frankrijk. De belangrijkste landbouwgewassen zijn granen, maïs en koolzaad.

De belangrijkste middelen toegepast bij deze teelten zijn in tabel 3.32 weergegeven.

Tabel 3.32 Bestrijdingsmiddelen in de teelt van granen, maïs en koolzaad in Frankrijk (Bal, 1989).

Onkruidbestrijding	Schimmelbestrijding	Insectenbestrijding, groeiregulatoren
granen:		
fluroxypyr	anilazin	chloormequat
isoproturon	chloorthalonil	ethefon
mecoprop	cuproconazool	pyrethroïden
triasulfuron	diclobutrazol	
	fenpropimorf	
	flusilazol	
	mancozeb	
	prochloraz	
	propiconazool	
	terbuconazool	
	triadimenol	
maïs:		
atrazin		pyrethroïden
bentazon		
pendimethalin		
pyridaat		
koolzaad:		
fluazifop-P-butyl	carbendazim	pyrethroïden
metazachloor	flusilazol	
napropamide	iprodion	
tebutam	prochloraz	
trifluralin		

De bestrijdingsmiddelen die in het stroomgebied van de Rijn en de Maas het meest toegepast worden, zijn samengevat in tabel 3.33

Tabel 3.33 Bestrijdingsmiddelen met het grootste gebruik in het stroomgebied van de Rijn en de Maas (Bal, 1989).

amitrol	fenpropimorf	metolachloor
anilazin	fentinacetaat	parathion-ethyl
atrazin	fluazifop-butyl	pirimicarb
bentazon	glyfosaat	prochloraz
chloormequat	lindaan	propiconazool
chloortoluron	mancozeb	propineb
chloridazon	maneb	simazin
2,4-D	MCPA	triadimefon
dichloorprop	mecoprop	triadimenol
1,3-dichloorpropeen	metamitron	
ethofumesaat	methabenzthiazuron	

3.5 Conclusies

Op basis van toepassing zijn de toegelaten bestrijdingsmiddelen in Nederland in een aantal groepen onder te verdelen:

- landbouw en tuinbouw
- veeteelt
- huishoudelijk gebruik
- desinfectie
- openbaar groen en onbeteelde terreinen
- industriële toepassingen

Voor de drinkwatervoorziening zijn voornamelijk de bestrijdingsmiddelen voor landbouwkundige toepassing van belang.

Door de industrie zijn zeer globaal gegevens verstrekt over welke bestrijdingsmiddelen (ruim 100) door de chemische bedrijven in het stroomgebied van de Rijn worden geproduceerd. Uit vergelijking met gegevens uit de gewasbeschermingsgids blijkt, dat er middelen zijn, die wel door bedrijven langs de Rijn worden geproduceerd maar niet zijn opgenomen in het overzicht van de SRI (1988) (bijvoorbeeld metolachloor).

Uit gegevens van onderzoek van Duitse onderzoeksinstituten blijkt dat een aantal stoffen in het Rijnwater zijn aangetoond, die niet voorkomen op de lijst, die de SRI heeft verstrekt.

Door het niet openbaar zijn van gegevens over lozingen is er geen inzicht welke bestrijdingsmiddelen door lozing bij de productie in het oppervlaktewater geraken. De mate van verontreiniging van bestrijdingsmiddelen door de industrie wordt mede bepaald door de omvang van de productie en de toegepaste zuiveringstechnieken voor afvalstromen bij de producent.

In het stroomgebied van de Maas in België worden volgens opgave van de SRI slechts een zestal bestrijdingsmiddelen geproduceerd.

Op basis van meldingen van calamiteiten bij de chemische industrie langs de Rijn en de Maas blijkt, dat vooral bij bedrijven in het

stroomgebied van de Rijn in het buitenland vrijwel maandelijks meldingen zijn van calamiteiten, die een verhoogd gehalte aan bestrijdingsmiddel in de Rijn veroorzaken. Hierbij zijn middelen gemeld, die niet overeenstemmen met gegevens over de productie van bestrijdingsmiddelen, die door de SRI zijn verzameld.

De productie van bestrijdingsmiddelen in Nederland vindt plaats op locaties waar mogelijk verontreinigd oppervlaktewater niet gebruikt wordt voor de productie van drinkwater.

Bij de formulering van bestrijdingsmiddelen in Nederland is er een geringe kans op verontreiniging van het oppervlaktewater, dat gebruikt wordt voor de drinkwatervoorziening.

Naast de bestrijdingsmiddelen, die via lozing of een calamiteit in het oppervlaktewater geraken, kunnen ook bestrijdingsmiddelen via landbouwkundige activiteiten in het oppervlaktewater geraken.

In het stroomgebied van de Rijn zijn de omvang van de teelten in Zwitserland gering in vergelijking met de teelten in Duitsland. Voor het stroomgebied van de Maas zijn de omvangrijke teelten in België en Frankrijk van belang.

In Duitsland en België worden verhoudingsgewijs vooral herbiciden toegepast, terwijl in Nederland ook veel grondontsmettingsmiddelen worden toegepast (onder andere aardappelteelt, suikerbieten en tuinbouw).

In het stroomgebied van de Rijn in Duitsland zijn granen, maïs, bieten en druiven qua areaal de belangrijkste teelten; in het stroomgebied van de Rijn en de Maas in Frankrijk zijn dat de teelt van granen, maïs en koolzaad en in België in het stroomgebied van de Maas zijn dat de teelt van maïs, suikerbieten, wintergerst en wintertarwe.

De in bovengenoemde teelten toegepaste bestrijdingsmiddelen kunnen mogelijk in de Rijn of de Maas geraken. De bestrijdingsmiddelen met het hoogste gebruik in het stroomgebied van de Rijn en de Maas zijn weergegeven in tabel 3.33.

De belangrijkste sectoren voor de landbouw in Nederland zijn op basis van oppervlakte weidebouw (1.124.472 ha) en akkerbouw (787.078 ha)

De overige sectoren hebben een areaal beneden 40.000 ha.

Het gebruik van bestrijdingsmiddelen in de landbouw is onder andere afhankelijk van het doel, waarvoor het middel gebruikt wordt (bestrijding van onkruiden, ziekten of plagen), de teelt, de bodem en de weersomstandigheden.

Binnen waterwingebieden zijn een aantal middelen verboden (zwarte lijst) of hebben een beperkte toepassing (witte lijst met beperkingen). Door deze beperking in toepassing van bestrijdingsmiddelen binnen waterwingebieden worden momenteel bij een aantal teelten, zoals peulvruchten, suikerbieten, granen, maïs, graszaad en fabrieksaardappelen, binnen waterwingebieden andere middelen toegepast dan buiten waterwingebieden. Voordat de beschermingszones waren vastgesteld en wettelijk van toepassing waren, zijn ook middelen, die momenteel verboden zijn binnen waterwingebieden, toegepast. Het is raadzaam om ook de middelen die momenteel verboden zijn binnen waterwingebieden in het verdere onderzoek naar bestrijdingsmiddelen te betrekken.

Ook de middelen, die inmiddels in Nederland niet meer zijn toegelaten, kunnen op basis van toepassing en gedrag in het grondwater zijn geraakt. Van vóór 1980 zijn er geen gebruiksgegevens beschikbaar, waardoor het niet mogelijk is vast te stellen wat de omvang van het gebruik is geweest van inmiddels verboden middelen.

Voor de meeste bestrijdingsmiddelen, die op de zwarte en witte lijst waterwingebieden zijn geplaatst, zijn er gegevens beschikbaar wanneer ze in Nederland zijn toegelaten. Voor de niet in de landbouw toegepaste bestrijdingsmiddelen was het niet mogelijk na te gaan, wanneer deze middelen een toelating hebben verkregen. Tot 1983 is er ook een overzicht van de middelen, die niet meer op de Nederlandse markt zijn toegelaten.

De toepassing van bestrijdingsmiddelen bij de diverse teelten in de land- en tuinbouw in Nederland zijn globaal bekend.

Het geschatte totale gebruik van bestrijdingsmiddelen (exclusief grondontsmetting) is het hoogst in de bloembollenteelt 31 (kg/ha)/jaar en de glastuinbouw 40 (kg/ha)/jaar. In de akkerbouw en weidebouw is het gebruik gemiddeld respectievelijk 5,5 en 0,6 (kg/ha)/jaar. Bij het vergelijken van de toepassing van bestrijdingsmiddelen bij de diverse teelten in de land- en tuinbouw blijkt dat bij de teelt van chrysanten het hoogste gemiddeld gebruik aan bestrijdingsmiddelen wordt toegepast, 220 (kg/ha)/jaar.

Bij de grondontsmetting worden de hoogste doseringen per hectare toegepast. Grondontsmetting wordt toegepast bij de teelt van aardappelen, bieten, uien, fruitteelt, groenteteelt, boomteelt, vaste plantenteelt, openbaar groen (rozen), bloembollenteelt en bloemeteelt. De grondontsmettingsmiddelen met de hoogste doseringen zijn metamnatrium en 1,3-dichloorpropeen. Daarnaast wordt methylbromide met een speciale ontheffing in de kassenteelt toegepast.

Voor de Phytophthora-bestrijding (aardappelziekte) wordt een mengsel van de actieve stoffen maneb en fentin-acetaat in hoge doseringen 5,3 (kg/ha)/jaar toegepast.

Naast de toepassing van bestrijdingsmiddelen in de land- en tuinbouw worden bij onbeteelde terreinen herbiciden met hoge doseringen toegepast. Het betreft vaak locaties met een bodem met een laag organisch stof- of lutum-gehalte. Een voorbeeld zijn de spoorbanen, waar de bovenste meter van de onverzadigde zone bestaat uit opgebracht zand met een laag organisch stof gehalte. Bij verder onderzoek zal vooral aandacht besteed moeten worden aan bromacil, amitrol, dichlobenil (en zijn mobiele persistente metaboliet 2,6-dichloorbenzamide), dalapon en diuron.

Naast landbouwkundige toepassing en toepassing op onbeteelde terreinen worden bij gazons en plantsoenen bestrijdingsmiddelen toegepast. TCA wordt vaak als bestrijdingsmiddel toegepast.

Voor onderzoek naar bestrijdingsmiddelen zal het gebruik vastgesteld dienen te worden.

Voor het onderzoek naar bestrijdingsmiddelen binnen waterwingebieden zal het grondgebruik en middelengebruik vooraf moeten worden geïnventariseerd.

Voor vijftig bestrijdingsmiddelen (tabel 3.12 t/m 3.14) was de omvang van het gebruik in Nederland in één van de jaren 1985 t/m 1987 groter dan 50.000 kg per jaar. Voor deze middelen dient vastgesteld te worden om welke reden zij op de zwarte lijst zijn geplaatst en of deze stoffen op basis van hun fysisch chemische eigenschappen in het grondwater kunnen geraken.

Middelen, waarvan het gebruik in minimaal één van de jaren 1985 t/m 1987 meer dan 200.000 kg bedroeg, worden vooral in de onderstaande teelten toegepast, waarbij het gebruik hoger is dan 0,5 (kg/ha)/jaar.

atrazin	mais
bentazon	mais, erwten, bonen
captafol 1)	
captan	appels, peren,
1,3-dichloorpropeen	aardappelen, aardbeien, grondontsmetting
dinoseb 2)	aardappelen, erwten, bonen
ethoprofos	aardappelen
fentinacetaat	aardappelen
maneb	aardappelen, wintertarwe, uien, asperges, bloembollen, appels
MCPA	grasland
mecoprop 4)	graszaad, grasland
metamitron	suikerbieten, bloembollen
metamnatrium	aardappelen, aardbeien, plantsoen
methylbromide 3)	grondontsmetting, kassen
TCA	onbeteeld terrein, grasland

1) inmiddels verboden

2) verboden per 1-1-1990

3) alleen met ontheffing

4) verboden vanaf 1-2-1990, vanaf 1-2-1990 mecoprop-p toegelaten

3.6 Literatuur

- BAL, A.: 1989. Herkomst bestrijdingsmiddelen. Amsterdam (RIWA).
- BERENDS, A.G.: 1988. Bestrijdingsmiddelen en oppervlaktewaterkwaliteit. Een inventarisatie van het gebruik van bestrijdingsmiddelen in de akkerbouw en tuinbouw, Lelystad (IOB/DBW-RIZA).
- BERICHT 12: 1987. Chemische bestrijding van onkruiden in grasland Wageningen (Plantenziektenkundige Dienst en CAD Gewasbescherming).
- BERICHT 3: 1989. Bestrijdingsmiddelen en waterwingebieden. Wageningen (Plantenziektenkundige Dienst en CAD Gewasbescherming).
- BUREAU BESTRIJDINGSMIDDELEN: 1983. Lijst van verboden middelen. Wageningen.
- BUREAU BESTRIJDINGSMIDDELEN: 1989. Overzicht van in Nederland toegelaten bestrijdingsmiddelen. Wageningen.
- FAASEN, R.: 1988. Bestrijdingsmiddelen: Strijd met de Waterkwaliteit? H_2O (21), nr. 25 p.727-730.
- GROOT DE, R.: 1989. Lozingen van chloorfenoxycarbonzuren op de Rijn. H_2O , nr.14, p.444-446.
- LOORIJ, T.P.J.: 1989. Afzet van chemische bestrijdingsmiddelen ten behoeve van landbouwkundig gebruik. Kwartaalbericht milieu (CBS), nr. 1, p. 26-30.
- MEERJARENPLAN GEWASBESCHERMING: 1989. In voorbereiding, Ministerie van Landbouw en Visserij.
- RIJN, J.F.A.T. VAN: 1987. Gewasbeschermingsgids. Wageningen (CAD Gewasbescherming en Plantenziektenkundige Dienst).
- RIWA: 1988-1989. Overzicht van bestrijdingsmiddelen in de Rijn, Waal en Maas als gevolg van calamiteiten bij chemische bedrijven in de periode 1988-1989. Nieuwegein (WRK).
- SMEENK, J.G.G.M., SNOEK, O.I., LINDHOUT, R.C.: 1990. Van Rijn naar Rein. H_2O , 23, nr. 5, p. 126-137.
- ROM: 1989. Bestrijdingsmiddelen in Nederland 1984 t/m 1987; Jaargang 7, nr 6, pag. 34-36.
- SRI: 1988. Directory of chemical producers. Western Europe, Volume 1 and 2, Menlo Park.

TWEEDE KAMER: 1989. Antwoorden van de Minister van VROM naar aanleiding van Kamervragen. Tweede Kamer, vergaderjaar 1988-1989, 21012 nr. 3.

VROM: 1987. Lijst van verboden middelen. Leidschendam.

VROM: 1989 a. Omzetcijfers van bestrijdingsmiddelen in Nederland. Leidschendam.

4 VÓÓRKOMEN VAN BESTRIJDINGSMIDDELEN IN WATER

4.1 Inleiding

Het drinkwater in Nederland wordt voor circa 65 % bereid uit grondwater, voor circa 25 % uit oppervlaktewater (meestal na opslag in spaarbekkens of na infiltratie in de duinen) en voor circa 10 % uit oevergrondwater. Uit diverse, recente, onderzoeken is gebleken dat in alle drie genoemde ruwwaterbronnen voor de drinkwaterproductie bestrijdingsmiddelen of metaboliëten kunnen voorkomen in concentraties, die de norm van 0,1 $\mu\text{g/l}$ voor drinkwater overschrijden.

In dit hoofdstuk zijn de gegevens uit bovengenoemde onderzoeken samengevat. Hierbij dient meteen opgemerkt te worden dat het, op grond van dit overzicht, verkregen beeld van de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen zeer onvolledig is. De routinematige controle van de drinkwaterkwaliteit op bestrijdingsmiddelen heeft zich de afgelopen tientallen jaren vooral beperkt tot een aantal organochloorpesticiden en choline-esterase remmers. Voor de analyse van de meer polaire bestrijdingsmiddelen zijn pas sinds kort voor een aantal middelen routinematig uitvoerbare methoden beschikbaar en voor een groot aantal toegepaste middelen ontbreken deze nog tot op heden. Bovendien is het aantal uitgevoerde onderzoeken in de laatste jaren, ondanks dat er meer bekend werd over het mogelijke voorkomen van bestrijdingsmiddelen, beperkt van omvang gebleven.

Dit is de reden waarom in dit hoofdstuk ook gegevens over het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in het buitenland zijn opgenomen indien deze beschikbaar waren en mogelijk relevant voor de Nederlandse situatie zijn.

4.2 Vóórkomen van bestrijdingsmiddelen in oppervlaktewater

In Nederland wordt op een twaalftal locaties oppervlaktewater gewonnen voor de drinkwaterbereiding, waarbij de Maas en de Rijn de belangrijkste bronnen vormen. Meestal vindt eerst opslag plaats in spaarbekkens of in de duinen nadat soms eerst een fysisch-chemische voorzuivering heeft plaatsgevonden. De diverse locaties met de bijbehorende oppervlaktewaterbronnen zijn samengevat in tabel 4.1.

Tabel 4.1 Oppervlaktewaterwinningen in Nederland.

Locatie winningen/ zuiveringen	Bron	Bedrijf/Pompstation
Nieuwegein	Lekkanaal (Rijn)	WRK; GWA; PWN
Andijk	IJsselmeer (Rijn)	PWN
Leiduin	Lekkanaal (Rijn)	GWA
Castricum	Lekkanaal (Rijn)	PWN
Wijk aan Zee	IJsselmeer (Rijn)	PWN
Ouddorp	Haringvliet/ Polder- water	WMZ
Haamstede	Haringvliet/ Polder- water	WMZ
St. Jansteen	Polderwater	WMZ
Katwijk	Polderwater	EWR
Braakman	Polderwater	WMZ
Weesperkarspel	Polderwater/ Amster- dam Rijnkanaal	GWA
Scheveningen	Maas	DWL Den Haag
Monster	Maas	WDM
Baanhoek	Maas, Biesbosch	RED Dordrecht
Kralingen	Maas, Biesbosch	DWL Rotterdam
Berenplaat	Maas, Biesbosch	DWL Rotterdam
Zevenbergen	Maas, Biesbosch	NWB
Weerseloseweg	Twentekanaal	ONE
De Punt	Drentse Aa	GWG

In de volgende tabellen zijn de belangrijkste gegevens samengevat over het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in oppervlaktewater in Nederland en specifiek van een aantal innamepunten van oppervlaktewater voor de drinkwaterbereiding. De gegevens zijn gebaseerd op gemeten (maximale) concentraties gedurende de laatste jaren, waarbij de meetfrequentie voor de verschillende stoffen in de diverse onderzoeken zeer wisselend was en soms zelfs op een éénmalig uitgevoerd onderzoek betrekking had. De gemiddelde (gem.) concentraties zijn gebaseerd op minimaal 6 meetresultaten. Als voornaamste bronnen zijn onderzoeksgegevens van het RIZA, het RIVM en de RIWA gebruikt. Deze resultaten zijn aangevuld met onderzoeksgegevens van individuele waterleidingbedrijven en buitenlandse instituten. In tabel 4.2 zijn gegevens vermeld voor oppervlaktewater gevoed uit de Rijn, de Maas en overig oppervlaktewater.

Tabel 4.2 Bestrijdingsmiddelen in oppervlaktewater.

Oppervlakte- water	Middel	Locatie	Concentratie ($\mu\text{g/l}$)		Bron
			max.	gem.	
Rijn	atrazin	Lobith	1,4	0,26	3
Lekkanaal*		Leiduin	0,45	0,12	18
		Nieuwegein	0,33	0,15	18
Rijn		Karlsruhe	1,02	0,7	2
IJsselmeer *		Andijk	0,09		20
Haringvliet/ polderwater*		Ouddorp	0,34		20
Lekkanaal *	desethylatrazin	Leiduin	0,1		20
IJsselmeer *		Andijk	0,07		20
Rijn		Duitsland	0,35	0,12	9
		Wiesbaden	1,0		19
	desisopropyl- atrazin	Wesel	0,28		19
Lekkanaal *		Leiduin	0,05		20
Rijn	simazin	Lobith	0,38	0,1	3

Oppervlakte- water	Middel	Locatie	Concentratie ($\mu\text{g}/\text{l}$)		Bron
			max.	gem.	
Lekkanaal *		Leiduin	0,11		20
Haringvliet */					
Polderwater	simazin	Ouddorp	0,16		20
Rijn		Karlsruhe	0,35	0,15	2
	cyanazin	Duitsland	0,68		7
	propazin	Duitsland	0,80		7
		Lobith	0,1	<0,05	1
		,,	0,06	<0,06	3
	ametryn	Duitsland	0,25		7
	desmetryn	Lobith	0,3	0,1	1
		Wiesbaden	0,08		19
	metribuzin	Wesel	0,12		19
	prometryn	Lobith	0,08	<0,05	3
		Duitsland	0,15		5
	terbutryn	Lobith	0,2	0,09	1
	terbutylazin	Duitsland	0,76		7
		Lobith	0,2	0,06	1
	alachloor	,,	0,11	0,05	3
	metolachloor	Lobith	0,11	<0,05	3
		Duitsland	1,5		5
Lekkanaal*		Leiduin	0,1	0,03	18
		Nieuwegein	0,09	0,03	18
Rijn	metazachloor	Lobith	0,22	0,05	3
Lekkanaal *		Leiduin	0,06		20
		Andijk	0,05		20
Rijn		Keulen	0,35		19
		Duitsland	1,7		4
	bentazon	Lobith	4	0,5	3
Lekkanaal*		Leiduin	0,58	0,17	18
		Nieuwegein	0,68	0,19	18
Haringvliet */					
Polderwater		Ouddorp	0,30		20

Oppervlakte- water	Middel	Locatie	Concentratie ($\mu\text{g}/\text{l}$)		Bron
			max.	gem.	
Rijn	bentazon	Duitsland	0,4		7
	DNOC	Lobith	0,17	0,09	3
	dinoseb	,,	0,43	0,16	3
Lekkanaal *		Leiduin	0,1		20
	dichlobenil	,,	+		20
	bromacil	,,	+		20
	DEET	,,	+		20
Rijn	dinoterb	Lobith	0,20	0,07	3
IJsselmeer *		Andijk	0,06		20
Haringvliet */					
Polderwater	azinfos-methyl	Ouddorp	0,23		20
Rijn	fenpropimorf	Karlsruhe	0,18		19
Lekkanaal *		Leiduin	+		20
Haringvliet */					
Polderwater		Ouddorp	+		20
Rijn	MCPA	Bad Honnef	0,2		19
Haringvliet */					
Polderwater	dichloorprop	Ouddorp	+		20
Rijn	chloortoluron	Duitsland	0,45		5
	metamitron	Wesel	0,3		19
	metobromuron	Duitsland	0,65		5
	diuron	,,	1,5		5
	linuron	,,	1,8		4
	methabenz-				
	thiazuron	,,	0,31		8
Rijn	metoxuron	Keulen	0,75		19
	monolinuron	Wiesbaden	0,43		19
	monuron	Keulen	0,23	<0,05	9
	isoproturon	Duitsland	3,3		4
	triallaat	,,	0,65		5
	metalaxyl	,,	1,5		4

Oppervlakte- water	Middel	Locatie	Concentratie ($\mu\text{g/l}$)		Bron
			max.	gem.	
	furmecycloxy	,,	1,0		14
	lindaan	,,	0,11		7
	heptachloor	,,	0,12		7
	pentachloorfenol	,,	0,17		7
	fenmedifam	,,	0,55	0,05	9
	dichlobenil	Keulen	0,21	<0,05	9
	parathion-methyl	Duitsland	0,29	<0,05	9
	triadimenol	Wesel	0,12	0,05	9
	triadimefon	Duitsland	0,09		19
Lekkanaal *		Leiduin	+		20
Maas	atrazin	Keizersveer	0,6	0,3	3
		Remelly	0,28		3
Maas*		Kralingen	0,17		20
		Scheveningen		0,19	20
	desethyl- atrazin	Kralingen	0,1		20
	desisopropyl- atrazin	Kralingen	+		20
		Scheveningen		+	20
Maas	simazin	Keizersveer	0,32	0,14	3
Maas*		Kralingen	0,1		20
		Scheveningen		0,18	20
Maas	propazin	Keizersveer	0,06	<0,05	3
	alachloor	,,	0,13	0,05	3
	metazachloor	,,	0,13	<0,05	3
	metolachloor	,,	0,6	0,12	3
Maas*		Scheveningen		+	20
Maas	bentazon	Keizersveer	0,16	<0,05	3
	DNOC	,,	0,09	0,04	3
Maas*		Kralingen	0,05		20

Oppervlakte- water	Middel	Locatie	Concentratie ($\mu\text{g}/\text{l}$)		Bron
			max.	gem.	
Maas	dinoseb	Keizersveer	0,06	<0,04	3
	dinoterb	,,	0,04	<0,03	3
	2,4-dinitro- fenol	,,	0,13	0,06	3
Maas*		Kralingen	0,08		20
Maas	pentachloor- fenol	Heusden	0,3	0,1	10
Maas*		Scheveningen	0,05		20
	dichlobenil	,,	+		20
		Kralingen	+		20
	mecoprop	Scheveningen	+		20
Drentse Aa	atrazin	De Punt	1,5	0,2	11
		Anloo	0,43	0,09	21
	simazin	De Punt	0,5	0,1	12
	alachloor	,,	0,11		20
	metazachloor	,,	0,15		20
	metolachloor	,,	0,08		20
	bentazon	Anloo	0,46	<0,1	21
	dinoseb	De Punt	1,3	0,15	11
		Anloo	1,9	0,19	21
	dinoterb	,,	0,02	<0,01	21
		De Punt	0,2	<0,05	12
	1,2-dichloor- propaan	,,	0,9	0,26	11
		Anloo	1,0	0,5	21
	1,2,3-trichloor- propaan	,,	0,1	<0,05	21
	1,3-dichloor- propeen	De Punt	0,5	0,15	11
	fentin- acetaat	De Punt	0,2	<0,05	12

Oppervlakte- water	Middel	Locatie	Concentratie ($\mu\text{g/l}$)		Bron
			max.	gem.	
	mecoprop	,,	1,5	0,3	11
		,,	+		20
	MCPA	,,	0,45	0,1	12
	sethoxydim	,,	3,6		13
	MITC	,,	3	0,35	14
		Anloo	1,0	0,25	21
	fenmedifam	De Punt	0,39		13
	glyphosaat	,,	0,9		13
Polderwater*	MITC	Katwijk	0,3		20
Polderwater	1,3-dichloor- propeen	NOP**	6,9		15
	1,2-dichloor- propaan	,,	4,5		15
	atrazin	,,	9,4		15
	simazin	,,	3,2		15
	propazin	,,	6,4		15
	dithiocar- bamaten	,,	57		15
	(als zwavelkool- stof)				
	diazinon	,,	0,28		15
		Delfland	0,8		17
	dichloorvos	,,	1		17
		NOP**	1,0		15
	ethyl-parathion	,,	0,64		15
		Delfland	0,9		17
	dimethoaat	NOP**	0,48		15
	malathion	,,	0,20		15
	sulfotep	,,	0,44		15
	thiometon	,,	0,50		15
	azinfos- methyl	Lopikerwaard	1,8		16

Oppervlakte- water	Middel	Locatie	Concentratie ($\mu\text{g/l}$)		Bron
			max.	gem.	
	dimethoaat	,,	17		16
	pyrazofos	Bommelerwaard	0,1		10
	heptenofos	,,	0,1		10
		Delfland	0,5		17
	pentachloor- fenol	Hedel	12,3	4	10
Polderwater	endosulfan	Baanbreker	0,2	0,06	10
	mevinfos	Delfland	0,4		17
	triazofos	,,	1		17
	oxamyl	,,	1,1		17
	aldicarb	,,	1,1		17
	3,5-dichloor- fenol	Bethunepolder	0,36		22
	2,3,6-trichloor- fenol	"	0,11		22
	pentachloorfenol	"	0,01		22
	aromatische amines	"	2,6		22
Twentekanaal*	atrazin	Enschede	0,26		20
	simazin	,,	0,18		20
	DNOC	,,	0,05		20
	metolachloor	,,	+		20
	mecoprop	,,	+		20
	DEET	,,	+		20
	bromacil	,,	+		20

+ Via GC-MS zijn deze stoffen in de watermonsters aangetoond.

Rijn*, Maas* en Twentekanaal* zijn monsters genomen bij de oppervlaktewaterwinningen (tabel 4.1).

NOP** zijn watermonsters uit de Noord-Oost Polder.

- Bron: 1. RIWA, 1988
2. Sontheimer, 1986
3. RIWA, 1989
4. Oehmichen, 1987
5. ARW, 1986
6. Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen, 1985
7. Schmitz, 1989
8. Frimmel, 1989
9. ARW, 1987
10. Hoogcarspel, 1986
11. Soppe, 1988 a
12. Soppe, 1988 b
13. GWG 1988
14. Janssen, 1989
15. Zuiveringschap West-Overijssel, 1988
16. De Heer, 1979
17. Hoogheemraadschap van Delfland, 1988
18. Smeenk, 1990
19. Flinspach, 1989
20. Noij, 1989
21. Eleveld, 1989
22. Smeenk, 1988

Van een beperkt aantal werkzame stoffen van bestrijdingsmiddelen zijn gegevens beschikbaar welke metaboliëten bij bodempassage of in watersystemen gevormd worden. Door hun vaak meer polaire karakter zijn voor deze metaboliëten vaak geen analysemethoden beschikbaar. Van de volgende metaboliëten, waarvan wel een analysemethode beschikbaar is, zijn in tabel 4.2 gegevens weergegeven: desethylatrazin en desisopropylatrazin (metaboliëten van atrazin), methylisothiocyanaat (MITC, metaboliëten van metamnatrium).

In tabel 4.2 zijn in principe niet de discontinue verontreinigingen van het oppervlaktewater ten gevolge van bekende calamiteiten opgenomen. In tabel 3.7 is een overzicht weergegeven van bestrijdingsmiddelen die in de periode eind 1988-1989 ten gevolge

van calamiteiten in de Rijn, Waal of Maas zijn geraakt. Van een beperkt aantal van deze bestrijdingsmiddelen zijn gegevens over het voorkomen in oppervlaktewater beschikbaar.

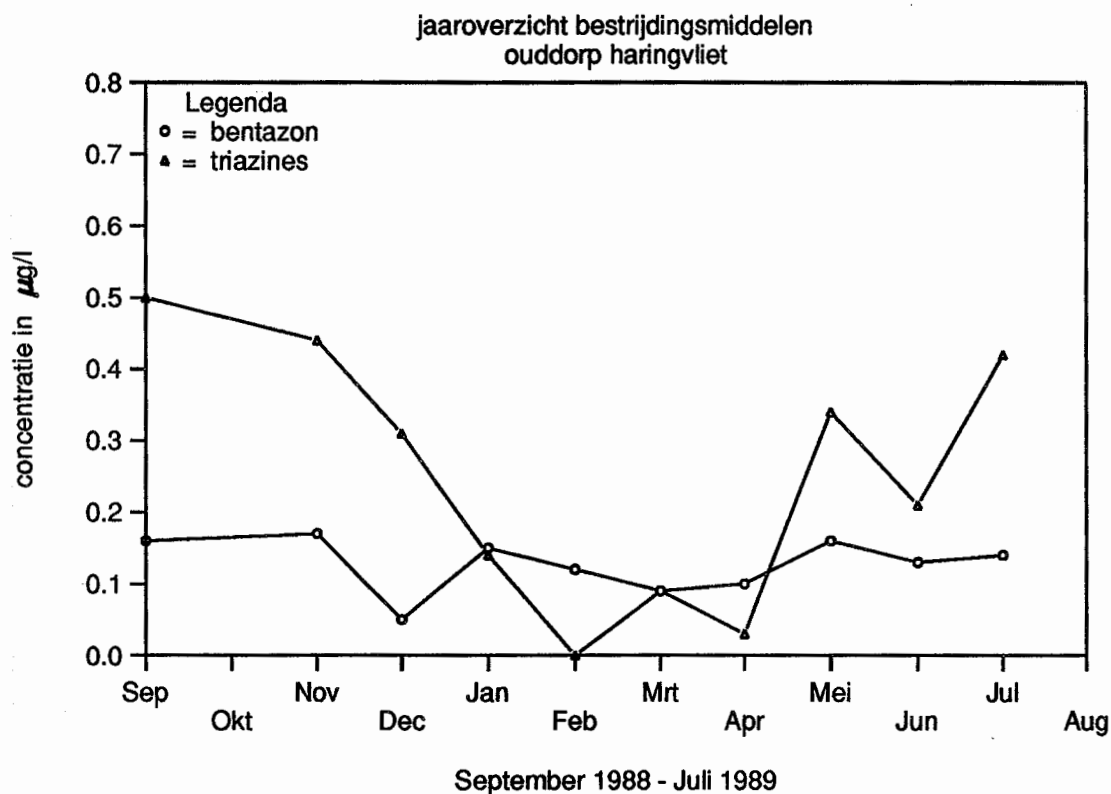
In tabel 4.3 is een overzicht van de gemeten concentratie van een aantal bestrijdingsmiddelen in Rijn en Maas als gevolg van calamiteiten samengevat (RIWA, 1988; Flinspach, 1989; ARW, 1986; De Groot, 1989).

Tabel 4.3 Overzicht van de gemeten concentratie van een aantal bestrijdingsmiddelen in Rijn en Maas als gevolg van calamiteiten (RIWA, 1988; 1989, Flinspach, 1989, ARW, 1986, de Groot, 1989).

Middel	Locatie	Concentratie µg/l
chloortoluron	Keulen	0,62
chloridazon	Nieuwegein	0,7
2,4-D	Lobith	10
dichloorprop	Kleve	0,2
„	Wijk bij Duurstede	2,5
dimethoaat	Wiesbaden	0,22
	Eysden	1,2
disulfoton	Karlsruhe	30
diuron	Keulen	0,39
etrimfos	Karlsruhe	3,5
fenmedifam	Keulen	0,55
fenpropimorf	Wiesbaden	0,03
furalaxyl	„	0,29
furmecyclox	„	0,98
linuron	„	1,79
mecoprop	Mainz	3,7
	Hagestein	1
methidathion	Wiesbaden	0,21
metolachloor	„	0,88
monuron	„	0,23
norflurazon	Basel	0,2

Middel	Locatie	Concentratie $\mu\text{g/l}$
oxadixyl	Wiesbaden	0,22
parathion-ethyl	Keulen	0,08
parathion-methyl	, ,	0,29
propetamfos	Karlsruhe	1,3
pyrazofos	Lobith	0,18
thiometon	Karlsruhe	12
triallaat	Keulen	0,28
trifluralin	Wiesbaden	0,13
vinclozolin	Düsseldorf	2,4

In een onderzoek door Hopman (1990) wordt gedurende een jaar maandelijks de concentratie van een aantal bestrijdingsmiddelen in het ruwe en reine water van een twaalftal waterleidingbedrijven gevolgd. In figuur 4.1 zijn de resultaten voor bentazon en de som aan triazines weergegeven voor het Haringvlietwater. Uit de figuur blijkt duidelijk dat het concentratieverloop verschillend is. De bentazonconcentratie blijft vrijwel constant (circa $0.14 \mu\text{g/l}$), terwijl de concentratie triazines in de wintermaanden duidelijk lager is (circa $0.05 \mu\text{g/l}$) dan in de zomermaanden (circa $0.45 \mu\text{g/l}$). Bentazon wordt ter plaatse voornamelijk aangevoerd door een constante lozing in de Rijn, terwijl de triazines in de lente en zomermaanden in grote hoeveelheden in de landbouw worden gebruikt en als gevolg van afspoeling en of uitspoeling in het oppervlaktewater terecht komen.



Figuur 4.1 Concentraties bentazon en som triazines in het Haringvlietwater in 1988-1989 (Hopman, 1990).

In tabel 4.4 zijn de onderzoeksresultaten van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne samengevat betreffende het voorkomen van een aantal bestrijdingsmiddelen op een tachtigtal locaties in Nederland. Het betreft onderzoek in kleinere oppervlaktewateren, zoals sloten, kanalen, plassen of kleinere rivieren, uitgevoerd in de jaren 1982 tot 1986 (Canton, 1987).

Naast de in de tabel vermelde bestrijdingsmiddelen zijn gelijktijdig belangrijke afbraakproducten, zoals aniline, chlooranilines en chloor- en nitrofenolen geanalyseerd. Voor aniline en chlooranilines werden concentraties aangetoond van tienden tot meer dan 10 µg/l en de concentraties van chloor- en nitrofenolen lagen in de orde van tienden tot enkele microgrammen per liter.

Tabel 4.4 Overzicht van het voorkomen van een aantal bestrijdingsmiddelen in Nederlandse oppervlaktewateren (in $\mu\text{g/l}$) (exclusief Rijn en Maas) (Canton, 1987).

Middel <u>Metabooliet</u>	1982		1983		1984		1985	
	max	med	max	med	max	med	max	med
<u>2-AB</u>	100	31	29	-	3,3	-	29	-
aldicarb			-	-	1,1	-		
<u>aldicarb-sulfoxide</u>					4,6	0,07		
atrazin	1,5	0,1	0,6	-	0,98	0,43		
azinfos-methyl					0,33	0,06		
carbendazim			250	-	49	2,2	4,4	-
cyanazin	0,7	-	0,1	-	-	-		
desmetryn/ metribuzin	0,2	-	-	-	0,17	-		
dicamba	2,9	-	14	-				
dichloorvos					0,26	0,17		
dinoseb	690	-	19	-	1,3	-		
dinoterb	0,5	-	-	-	-	-		
DNOC	1,2	-	0,1	-	-	-		
α -HCH	0,16	-	0,03	0,01	0,01	-		
γ -HCH	0,47	0,12	0,34	0,06	0,26	0,04		
heptenofos					5,4	0,23		
iprodion					4,1	0,31	1,6	0,22
malathion					0,04	-		
MCPA	42	-	1,7	-				
mecoprop	28	-	-	-				
metalaxyl					12	1,8		
mevinvos					0,12	-		
parathion-ethyl					1,6	0,22		
pentachloorfenol	1,7	0,04	0,08	0,044	0,86	0,04		
prometryn	12	0,4	0,1	-	0,43	0,22		
pyrazofos					2,2	0,19		
quintozeen	1,2	0,16	0,76	0,06	0,75	-	0,39	0,02
simazin	3,7	0,7	0,3	0,2	2,0	0,96		
thiabendazool					37	-		

Middel <u>Metaboliët</u>	1982		1983		1984		1985	
	max	med	max	med	max	med	max	med
tolclofosmethyl					14	1,7		
triadimefon			1,8	0,6				
triadimenol			1,8	-				
triazofos					1,6	0,22		

max : maximum

med : mediaan

1) Waar niets is vermeld, is geen onderzoek verricht.

2) - : niet aantoonbaar.

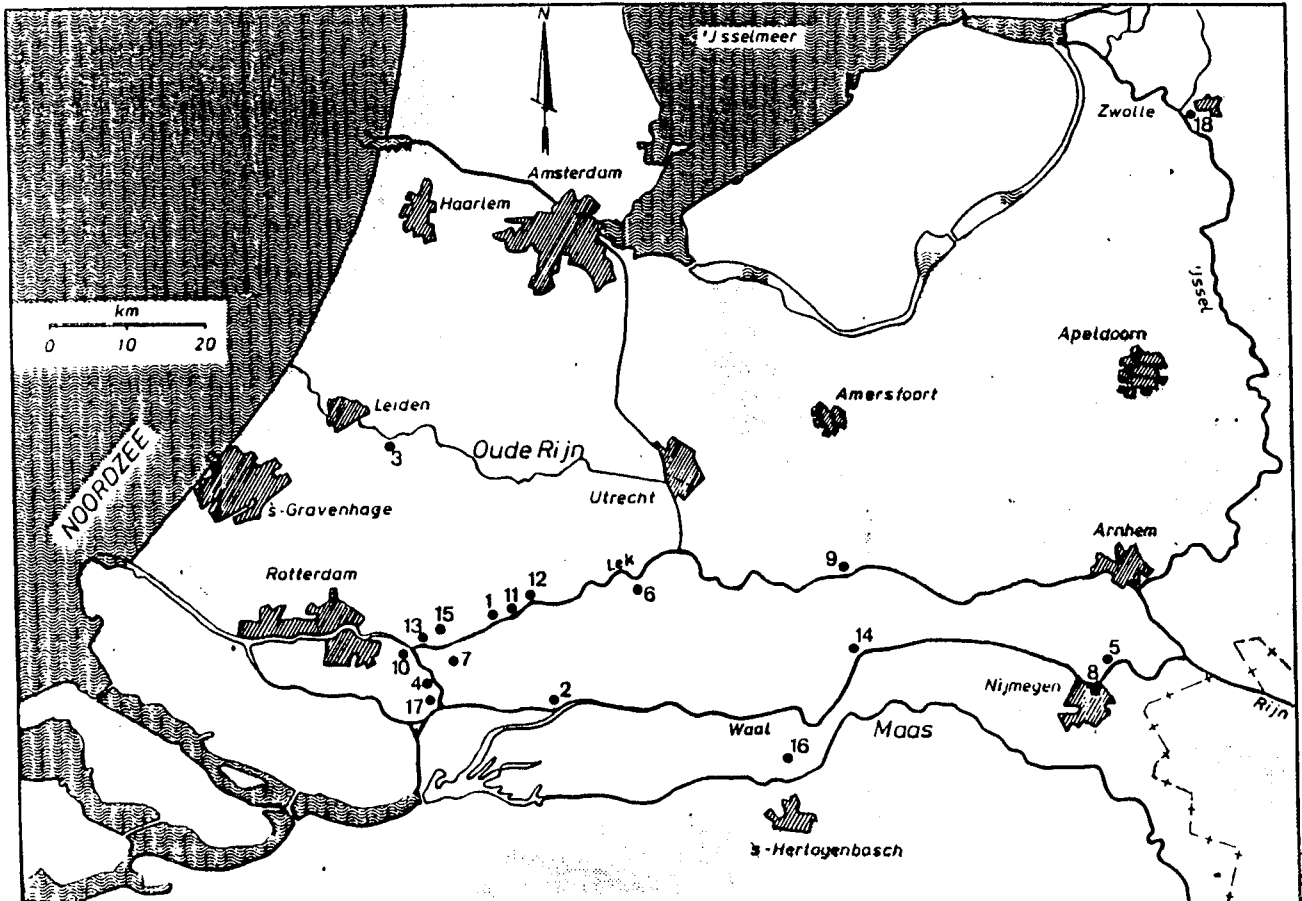
Uit tabel 4.4 blijkt dat 10 bestrijdingsmiddelen in de kleinere oppervlaktewateren gemeten zijn in concentraties boven 10 µg/l. Uit onderzoeken naar bestrijdingsmiddelen in de Maas blijkt dat de gemeten concentraties aan bestrijdingsmiddelen tussen 0,1-1 µg/l bedragen. Indien kleinere oppervlaktewateren uit landbouwgebieden in de grotere oppervlaktewateren geraken, kunnen de kleinere oppervlaktewateren een wezenlijke verhoging van het gehalte aan bestrijdingsmiddelen veroorzaken.

4.3 Vóórkomen van bestrijdingsmiddelen in oevergrondwater

Het water van de Rijn wordt niet alleen na voorzuivering en infiltratie (oppervlaktewaterverwerkende bedrijven), maar ook indirect gebruikt als grondstof voor de drinkwaterbereiding. Het betreft dan oevergrondwaterverwerkende bedrijven. De afstand van de pomputten van deze bedrijven tot de Rijn varieert van 30 tot circa 3500 meter. Aangezien in de Rijn een groot aantal bestrijdingsmiddelen voorkomen, is het mogelijk dat deze verbindingen ook de ruw waterbronnen van de oevergrondwaterverwerkende bedrijven bereiken. In hoeverre een bestrijdingsmiddel ook werkelijk voorkomt in het ruwe water van een oevergrondwaterverwerkend bedrijf hangt af van verschillende factoren: de concentratie van het betreffende middel in de rivier

als functie van de tijd, de afstand tussen de bron en de rivier, het onttrekkingsregime, de mobiliteit van het bestrijdingsmiddel, de snelheid waarmee het middel wordt afgebroken en de bodemkenmerken ter plaatse.

Een aantal locaties waar sprake is van winning van oevergrondwater zijn weergegeven in figuur 4.2.



Figuur 4.2 Locaties waar oevergrondwater wordt gewonnen voor de drinkwaterproductie: Dijklaan(1), Hardinxveld-Giessendam(2), Hazerswoude(3) Hendrik-Ido-Ambacht(4), Lent(5), Lexmond(6), Nieuw-Lekkerland(7), Nijmegen(8), Remmerden(9), Ridderkerk(10), Rodenhuis (11), Schoonhoven(12), Schuwacht(13), Tiel(14), Tiendweg (15), Velddriel(16), Zwijndrecht(17), Zwolle(18).

In 1988 is door het KIWA onderzoek verricht naar het voorkomen van bentazon in oevergrondwater (Puijker, 1988). Aanvullend op de resultaten is daarna onderzoek verricht naar een groter aantal

bestrijdingsmiddelen in het ruwe en reine water van een 25-tal waterleidingbedrijven (Hopman, 1988). De in dit onderzoek betrokken bestrijdingsmiddelen zijn weergegeven in tabel 4.5.

Tabel 4.5 Onderzochte bestrijdingsmiddelen in het ruwe en reine water van een 25-tal oevergrondwaterverwerkende bedrijven in Nederland (Hopman, 1988).

bentazon	2,4-dinitrofenol	atrazin
alachloor	DNOC	desethylatrazin
metolachloor	dinoseb	desisopropylatrazin
metazachloor	dinoterb	simazin
		propazin
		cyanazin
		terbutylazin

Naast de Nederlandse onderzoeken is er ook in Duitsland onderzoek verricht naar het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in oevergrondwater. De situatie van winning in Nederland is niet vergelijkbaar met Duitsland. In Duitsland wordt vaak op zeer korte afstand van de rivier oevergrondwater gewonnen. Bovendien is de bodemopbouw sterk verschillend vergeleken met de Nederlandse situatie. De resultaten van Duitse onderzoeken geven slechts een indicatie voor de Nederlandse situatie.

De resultaten van de diverse onderzoeken zijn samengevat in tabel 4.6.

Tabel 4.6 Vóórkomen van bestrijdingsmiddelen in oevergrondwater, (Rijn).

Middel	Locatie	Maximale concentratie ($\mu\text{g/l}$)	Bron
alachloor	Nederland	0,04	1
ametryn	Duitsland	0,06	3

Middel	Locatie	Maximale concentratie ($\mu\text{g/l}$)	Bron
atrazin	Nederland	0,07	1
atrazin	Duitsland	0,55	2
desethylatrazin	,,	0,32	3
azinfos-ethyl	,,	0,11	2
bentazon	Nederland	1,6	1
chloortoluron	Duitsland	1,5	2
2,4-D	,,	0,3	2
,,	Nederland	*	5
dikegulac	Nederland	5,8	6
dimethoat	Duitsland	0,06	2
dinoseb	Nederland	0,05	1
dinoterb	,,	0,05	1
disulfoton	Duitsland	0,04	2
diuron	,,	0,1	2
lindaan	,,	0,5	2
MCPA	Nederland	*	5
metazachloor	Duitsland	0,4	2
methabenzthiazuron	,,	0,11	4
metobromuron	,,	0,47	2
metolachloor	,,	0,3	2
metoxuron	,,	0,2	2
monuron	,,	0,06	2
parathion-ethyl	,,	0,15	2
pendimethalin	,,	0,09	2
propazin	Duitsland	0,09	2
simazin	,,	0,15	2
terbutylazin	,,	0,04	3

* Aangetoond met GC-MS, niet gekwantificeerd.

- Bron: 1. Hopman, 1988
2. Schmitz, 1988
3. Frimmel, 1989
4. Norman, 1987
5. Van der Kooij/Noordsij, 1985
6. Hopman, Noij, 1990

Naast een 7 tal andere bestrijdingsmiddelen is met name bentazon op zeer veel locaties in Nederland, waar oevergrondwater wordt gewonnen met de Rijn als bron van herkomst, aangetroffen. Bentazon wordt blijkbaar tijdens de bodempassage niet of nauwelijks vertraagd. In Duitsland worden bovendien fenylureumherbiciden aangetroffen; de aanwezigheid van deze stoffen in het Nederlandse grondwater is nog niet onderzocht.

4.4 Vóórkomen van bestrijdingsmiddelen in grondwater

4.4.1 Nederland

In Nederland vindt op diverse locaties onderzoek plaats naar het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in grondwater. Zowel door het KIWA als het RIVM wordt op kwetsbare locaties onderzoek verricht naar de mogelijke aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen en grondontsmettingsmiddelen in het ondiepe grondwater. In tabel 4.7 zijn de gegevens samengevat en aangevuld met resultaten van diverse andere onderzoeken. Bij deze resultaten moet opgemerkt worden dat een aantal middelen slechts zeer incidenteel zijn aangetroffen en dat bevestiging van de aanwezigheid met massaspectrometrie of andere analysetechnieken ten tijde van het onderzoek niet altijd uitgevoerd is.

Een extra probleem wat veelvuldig optrad bij de diverse onderzoeken was het ontbreken van preciese gebruiksgegevens van de onderzochte bestrijdingsmiddelen op perceelsniveau. Het niet aantreffen van onderzochte middelen betekent daarom nog niet altijd dat deze middelen geen bedreiging kunnen vormen voor de grondwaterkwaliteit. Om deze

reden zijn in dit overzicht alleen de aangetroffen middelen opgenomen in de tabel. Bovendien zijn de aangetoonde metaboliëten in de tabel onder het werkzame middel weergegeven.

Door de uiteenlopende opzet, omvang en onderzoekslocaties van alle onderzoeken is het niet mogelijk alle relevante details hier te vermelden ; hiervoor wordt verwezen naar de betreffende literatuur.

Tabel 4.7 Vóórkomen van bestrijdingsmiddelen in grondwater. B = Bronnen voor de winning van grondwater ten behoeve van de drinkwaterproductie, G = overig grondwater.

Middel <u>metabolië</u>	Locatie	Concentratie $\mu\text{g/l}$ max.	Diepte filter m-mv	Bron
alachloor	Vierlingsbeek (G)	0,3	2-5	1
aldicarb (inclusief metaboliëten)	Ter Apel (G)	130	0,6-2,1	2
<u>aldicarb-sulfon</u>	Ter Apel (G)	61	1,1-1,6	21
amitrol	Veluwe/Utrecht	0,8	0,6-1,8	21
atrazin	Vierlingsbeek (G)	0,8	2-5	1
	Valkenswaard (G)	0,58	0,8-2,1	2
	Genderen (G)	0,7	1-2	3
	Lunteren (G)	0,11	12	20
	Neede (G)	0,04	10	20
	Dordrecht (G)	0,05	4	22
<u>desethylatrazin</u>	Vierlingsbeek (G)	0,3	2-5	1
	Valkenswaard (G)	0,3	0,8-2,1	2
	Achterhoek (G)	1,4	0,6-2,1	21
	Ter Apel (G)	0,1	1,1-1,6	21
	Genderen (G)	0,85	1-2	3
<u>desisopropylatrazin</u>	Vierlingsbeek (G)	0,1	2-5	1
	Valkenswaard (G)	0,80	0,8-2,1	21
	Veluwe/Utrecht	1,1	0,6-1,6	21
bentazon	Vierlingsbeek (G)	1	2-5	1

Middel	Locatie	Concentratie	Diepte	Bron
<u>metaboliet</u>		$\mu\text{g/l}$	filter	
		max.	m-mv	
	Rolde (G) **	5,7	0,5-1	4
	Ter Apel (G)	0,4	1,1-1,6	21
	Dordrecht (G)	1	4	22
	Valkenswaard (G)	1,1	1,1-1,6	5
	Lunteren (G)	0,02	12	20
	Neede (G)	0,07	10	20
<u>anthranilzuuriso-</u>				
<u>propylamide</u>	Vierlingsbeek (G)	0,2	2-5	1
bromacil	Gorssel (B)	0,4	19-36	6
	Soestduinen (B)	0,6	22-37	6
	Sittard (B)	1,8	15-18	6
	Holten (B)	3,2	4-29	7
	Holten (G)	14	8-58	8
	Bussum (B)	17	24-32	9
cyanazin	Vierlingsbeek (G)	0,6	2-5	1
1,2-dichloorpropan	4 locaties (B)	5,2	20-75	10
	Noordbargeres (B)	21	35-60	11
	Valtherbos (B)	9,3	20-65	13
	Meijendal (G)	138	1	12
	Gasselte (B)	9,2	36-73	13
	Gasselte (G)	5,2	15	26
	Noordbargeres(G)	160	7-23	14
	Valtherbos (G)	33	9-15	15
	Schipborg (G)	15	2-4	4
	Anlooërdiepje (G)**	3,6	0,5-1	23
	Rolde (G)**	0,2	0,5-1	4
	Ter Apel (G)	200	5,75-6	21
	Hillegom (G)	14	0,55-1,25	5
	Vierlingsbeek (G)	5,3	9	16
	Vierlingsbeek (B)	3,2	17-23	17

Middel	Locatie	Concentratie	Diepte	Bron
<u>metaboliet</u>		$\mu\text{g/l}$	filter	
		max.	m-mv	
1,3-dichloorpropan	Noordbargeres (G)	0,4	7-23	14
	Valtherbos (G)	0,6	9-15	15
	Ter Apel (G)	9,6		21
	Anlooërdiepje (G)**	1,8	0,5-1	23
	Rolde (G)**	1,8	0,5-1	23
1,3-dichloorpropeen	Ter Apel (G)	80	0,6-2,1	2
	Noordbargeres (G)	3	7-23	14
	Valtherbos (G)	0,6	9-15	15
	Wassenaar (G)	2,5	1	18
	Hillegom (G)	2,5	0,55-1,25	5
dichlobenil	plantsoen	0,05	0,6-1,6	21
<u>2,6-dichloorbenzamide</u>	plantsoen	180	0,6-1,6	21
	3 locaties (B)	0,3	15-40	6
dinoseb	Ter Apel (G)	9,2	0,6-2,1	2
	Rolde (G)**	0,05	0,5-1	4
	Dordrecht (G)	0,16	4	22
diuron	Veluwe/Utrecht (G)	0,22	0,6-1,8	21
	Bussum (B)	0,05		25
DNOC	Rolde (G)**	0,05	0,5-1	4
ethoprosfos	Ter Apel (G)	1,5	0,6-2,1	2
	Rolde (G)**	0,06	0,5-1	4
	Neede (G)	0,02	10	20
<u>ETU</u>	Hillegom (G)	20	0,55-1,25	2
	Schipborg (G)	0,4	2-4	4
	Rolde (G)**	1,3	0,5-1	4
	Schipborg (G)	0,4	1-2	21
MCPA	Lunteren (G)	0,02	12	20
mecoprop	Ter Apel (G)	2	1,6-2,1	5
	Lunteren (G)	0,84	12	20
	Vierlingsbeek (B)	0,03	19-29	24
methylbromide	Kasteelt (G)*	9600	1	19

Middel <u>metaboliet</u>	Locatie	Concentratie $\mu\text{g/l}$ max.	Diepte filter m-mv	Bron
metamitron	Ter Apel (G)	0,73	1,6-2,1	2
metolachloor	Valkenswaard (G)	0,21	0,8-2,1	2
<u>MITC</u>	Noordbargeres (G)	0,6	7-23	14
	Rolde (G)**	12	0,5-1	4
	Anlooërdiepje (G)**	50	0,5-1	23
	Schipborg (G)	0,05	2-4	4
	Hillegom (G)	0,15	0,55-1,25	5
	Schipborg (G)	0,1	1	21
oxamyl	Noordbargeres (G)	0,2	7-23	14
parathion-ethyl	Neede (G)	0,03	10	20
simazin	Vierlingsbeek (G)	0,5	2-5	1
	Lunteren (G)	0,09	12	20
	Plantsoen (G)	0,22	0,6-1,6	21
terbutryn	Dordrecht (G)	2,4	4	22
1,2,3-trichloorpropaan	Gasselte (B)	0,2	30-70	10
	Noordbargeres (G)	28	7-23	14
	Valtherbos (G)	2	9-15	15
	Anlooërdiepje (G)**	0,1	0,5-1	23
	Rolde (G)**	0,1	0,5-1	4
	Schipborg (G)	3,1	2-4	4
	Ter Apel (G)	5,6	5,75-6	21
1,2,2-trichloorpropaan	Noordbargeres (G)	1,0	7-23	14
	Schipborg (G)	0,7	2-4	4
	Anlooërdiepje (G)**	0,1	0,5-1	23

* Na spoelen van de bodem met 300-600 mm water.

** Bemonstering van drainwater.

Bron:	1. Janssen, 1988	5. Lagas, 1988
	2. Verdam, 1988	6. Vogelaar, 1987
	3. Vogelaar, 1988	7. v.d.Zouwen, 1988
	4. Janssen, 1989 a	8. Kloosterman, 1988

- | | |
|-----------------------|----------------------------|
| 9. Stakelbeek, 1989 | 18. v.d. Pas, 1987 |
| 10. Veenendaal, 1986 | 19. Wegman, 1981 |
| 11. Janssen, 1987 | 20. Prov. Gelderland, 1989 |
| 12. Hoogsteen, 1987 | 21. Lagas, 1989 |
| 13. Hoogcarspel, 1985 | 22. Vogelaar, 1989 |
| 14. Hoogsteen, 1987 | 23. Eleveld, 1989 |
| 15. Janssen, 1989 b | 24. Janssen, 1989c |
| 16. Hettinga, 1989 | 25. Goewie, 1987 |
| 17. WOB, 1989 | 26. Harmelink, 1989 |

Er zijn 35 middelen of metaboliëten in het bovenste grondwater boven 0,1 µg/l aangetoond; 6 van de 7 middelen van de zwarte en witte lijst met een jaarlijks gebruik in Nederland boven 200.000 kg en waarvoor analyses op een niveau van 0,1 µg/l in grondwater uitgevoerd zijn, zijn in het bovenste grondwater aangetoond.

Bovendien zijn in de jaren 1978-1984 enkele organochloorbestrijdingsmiddelen, waaronder HCH-isomeren, gemeten in gehalten van 0,01-0,08 µg/l. (Smeenk, 1988).

Het aantreffen van veel middelen is in overeenstemming met de veldexperimenten uitgevoerd door onder andere het IOB. Leistra (1975) vermeldde dat bij toepassing in de fruitteelt bij een organisch stofgehalte van 3 % van de bodem 3% van de toegepaste bromacil uitspoelde naar het grondwater op 1 meter diepte. Ook van stoffen als 1,3-dichloorpropeen (Leistra, 1972) en aldicarb en zijn metaboliëten (Leistra, 1984) is op basis van verricht onderzoek bekend dat zij kunnen uitspoelen naar het grondwater.

Zandvoort e.a. (1980) onderzochten de uitspoeling van bromacil bij toepassing op grind- en zandbedden onder spoorrails in Nederland. Bij een organisch stofgehalte van het zandbed van 0,5% werd er op een diepte van 1 meter een uitspoeling gemeten van 18 %.

4.4.2 Buitenland

Ook in het buitenland zijn studies naar het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in grondwater uitgevoerd. Door de sterk afwijkende

bodemopbouw, middelengebruik en toepassingswijzen geven deze studies slechts een indicatie of bepaalde middelen kunnen uitspoelen naar het grondwater.

4.4.2.1 Verenigde Staten

In de Verenigde Staten vinden omvangrijke studies plaats naar het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in drink- en grondwater (E.P.A.) In tabel 4.8 is het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in het grondwater in de Verenigde Staten weergegeven (Williams, 1988).

Tabel 4.8. Voorkomen van bestrijdingsmiddelen in het grondwater in de Verenigde Staten (Williams, 1988).

Middel	Maximum concentratie $\mu\text{g}/\text{l}$	Mediaan concentratie $\mu\text{g}/\text{l}$
alachloor	113	0,9
aldicarb	315	9
aldrin	0,1	0,1
atraton	0,1	0,1
atrazin	40	0,5
bromacil	22	9
carbofuran	176	5,3
chloordaan	1,8	1,7
chloorthal-methyl	1039	109
chloorthalonil	12,6	0,02
cyanazin	7	0,4
2,4-D	49,5	1,4
DDT	402	1,7
diazinon	478	162
dibroomchloorpropaan *	0,02	0,01
dicamba	1,1	0,6
1,2-dichloorpropaan	550	4,5
1,3-dichloorpropeen	270	123

Middel	Maximum concentratie $\mu\text{g/l}$	Mediaan concentratie $\mu\text{g/l}$
dieldrin	0,02	0,02
dinoseb	36,7	0,7
endosulfan	0,4	0,3
ethoprosfos	12,6	n.a.
ethyleendibromide *	14	0,9
fonofos	0,9	0,1
hexachloorbenzeen	4,3	2,7
hexazinon	9	8
lindaan	47	0,1
linuron	2,7	1,9
malathion	53	41,5
methamidofos	10,5	4,8
methomyl	9	n.a.
metolachloor	32,3	0,4
metribuzin	6,8	0,6
oxamyl	395	4,3
parathion-ethyl	0,04	0,03
parathion-methyl	256	88,4
picloram	49,0	1,4
prometon	29,6	16,6
propazin	0,2	0,2
simazin	9,1	0,3
sulprofos	1,4	1,4
TDE	6,2	4,8
toxapheen	4910	3205
trifluralin	2,2	0,4

n.a. niet aantoonbaar

* In het grondwater van California zijn sterk verhoogde concentraties aan dibroomchloorpropan (1240 $\mu\text{g/l}$) en ethyleendibromide (140 $\mu\text{g/l}$) aangetoond (Holden, 1986).

De in tabel 4.8 weergegeven middelen zijn afkomstig van normaal landbouwkundig gebruik. Naast de in tabel 4.8 weergegeven bestrijdingsmiddelen zijn in de Verenigde Staten ook bestrijdingsmiddelen in het grondwater aangetoond, die ten gevolge van puntverontreinigingen in het grondwater geraakten.

4.4.2.2 West-Europa

Ook in West-Europa wordt het laatste decennium onderzoek verricht naar het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in grondwater. Voor het buitenland worden de resultaten van onderzoeken in West-Duitsland en Italië weergegeven. Daarnaast wordt vermeld welke andere middelen in de andere landen van West-Europa zijn aangetoond.

In tabel 4.9 zijn de gegevens over bestrijdingsmiddelen in het grondwater in Duitsland weergegeven (Schmitz, 1988). Aldicarb, atrazin, 1,3-dichloorpropeen, mecoprop en 2,4,5-T werden in hoge concentraties in het grondwater aangetoond.

Bij veertig van 546 onderzochte pompstations voor grondwater in West-Duitsland is voor atrazin de EG-norm voor drinkwater overschreden (Naber, 1988).

Van 169 onderzochte pompstations bleken er tien voor simazin de norm te overschrijden. In Baden-Württemberg bleek bij 56 van de 1232 onderzochte pompstations voor atrazin de norm van 0,1 µg/l te zijn overschreden. Voor simazin bedraagt dit 0,3 % van de onderzochte locaties (Roth, 1989).

Tabel 4.9 Het vóórkomen van bestrijdingsmiddelen in het grondwater in Duitsland in concentraties groter dan 0,1 µg/l (Schmitz, 1988).

Middel	maximale concentratie
<u>Metaboliët</u>	µg/l
aldicarb	22,25 1)
amitrol	2,9 2)
atrazin	17
<u>desethylatrazin</u>	2,2
bentazon	0,85
bromacil	0,15
chloorfenvinfos	0,4
chloortoluron	>0,1
chlopyralid	1,1
chloridazon	0,19
1,2-dichloorpropaan	5,1
1,3-dichloorpropeen	8620
dimethoaat	0,4
dinoseb	>0,1
heptachloor	0,1
isoproturon	>0,1
linuron	0,1
MCPA	2,0
mecoprop	1000
metazachloor	0,37
methabenzthiazuron	0,33
<u>methyloisothiocyanaat</u>	0,14
metobromuron	0,1
metolachloor	0,45
pendimethalin	>0,1
propazin	0,24
pyridaat	0,3
simazin	1,0
2,4,5-T	17
terbutylazin	1,0

1) Ahlsdorf, 1989

2) Roth, 1989

In Italië heeft onderzoek plaats gevonden naar het vóórkomen van herbiciden in grondwater, die in het voorstel van de WHO " Drinking Water Guidelines " zijn opgenomen (Funari, 1987).

In tabel 4.10 zijn deze gegevens over bestrijdingsmiddelen in het grondwater in Italië weergegeven.

Tabel 4.10 Herbiciden in het grondwater in Italië (Funari, 1987).

Middel	Maximale Concentratie $\mu\text{g/l}$
alachloor	1,6
atrazin	12
bentazon	40
molinaat	65
propazin	0,4
simazin	10

Door de intensieve toepassing worden hoge concentraties aan bestrijdingsmiddelen in het grondwater aangetoond.

In de provincie Piemonte werd atrazin in circa 68%, simazin in circa 30%, propazin in circa 15% en bentazon in circa 25% van de onderzochte monsters gevonden in concentraties van meer dan 0,1 $\mu\text{g/l}$.

Ook in de overige landen van West-Europa hebben onderzoeken plaatsgevonden naar het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in grondwater. Door Leistra (1989) en de Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW, 1989) zijn overzichten samengesteld van het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in grondwater in diverse landen in West-Europa. In de tabellen 4.7, 4.9 en 4.10 zijn reeds de onderzoeken van het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in respectievelijk Nederland, Duitsland en Italië vermeld. In tabel 4.11 zijn de onderzoeken naar

het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in het grondwater in de overige landen van West-Europa weergegeven.

Tabel 4.11 Vóórkomen van bestrijdingsmiddelen in het grondwater in de overige landen van West-Europa (Leistra, 1989; DVGW, 1989).

Middel	Landen
atrazin	Engeland, Frankrijk, Zwitserland
2,4-D	Engeland
dichloorprop	Engeland
MCPA	Engeland
MCPB	Engeland
mecoprop	Engeland
simazin	Frankrijk, Engeland
2,4,5-T	Engeland
2,3,6-TBA	Zweden
TCA	Zweden

Het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in het grondwater in het buitenland kan van belang zijn voor de prioriteitsstelling voor het onderzoek in Nederland.

Een aantal bestrijdingsmiddelen dat in Nederland in het verleden of momenteel nog zijn toegelaten, maar die nog niet zijn aangetoond in het Nederlandse grondwater zijn wel reeds in het buitenland in het grondwater aangetoond. Deze middelen staan vermeld in tabel 4.12. Het feit dat deze middelen nog niet in het grondwater in Nederland zijn aangetroffen kan een gevolg zijn van het feit dat er nog geen onderzoek naar de mogelijke aanwezigheid heeft plaatsgevonden.

Tabel 4.12 Voorkomen van bestrijdingsmiddelen in het grondwater in het buitenland, welke in Nederland nog niet zijn aangetoond.

Middel	Toegelaten 3)	Verboden 4)
aldrin		+ (1982)
carbofuran	+ (1975)	
chloordaan		+ (1972)
chloorfeninfos	+ (1967)	
chloorthal-methyl 1)	+ (1973)	
chloorthalonil	+ (1966)	
chloortoluron	+ (1972)	
chloridazon	+ (1947)	
2,4-D 5)	+ (1947)	
DDT		+ (1973)
diazinon	+ (1947)	
dibroomchloorpropaan		+ (1978)
dicamba 1)	+ (1947)	
dichloorprop	+	
dieldrin		+ (1972)
dimethoaat	+ (1947)	
endosulfan	+ (1947)	
ethyleendibromide		+ (1980)
fonofos	+ (1970)	
heptachloor		+ (1978)
hexazinon 1)	+ (1982)	
isoproturon	+ (1976)	
lindaan	+ (1947)	
linuron	+ (1947)	
malathion	+ (1947)	
MCPB		+ (1972)
metazachloor 1)	+ (1983)	
methabenzthiazuron	+ (1969)	
methamidofos	+	
methomyl 1)	+ (1970)	
metobromuron	+ (1966)	

Middel	Toegelaten 3)	Verboden 4)
metribuzin 2)	+ (1971)	
parathion-ethyl	+ (1947)	
parathion-methyl	+ (1947)	
pendimethalin	+	
propazin 6)	+ (1947)	
pyridaat 2)	+	
2,3,6-TBA		+ (1979)
2,4,5-T		+ (1978)
TCA 1)	+ (1947)	
terbutylazin	+	
toxapheen		+ (1969)
trifluralin	+	

1) Middel niet toegelaten binnen waterwingebieden.

2) In waterwingebieden is gebruik niet toegestaan op gronden met een organisch stofgehalte minder dan 2 % en minder dan 10 % afslibbaar.

3) Het jaartal tussen haken geeft aan wanneer het middel in Nederland is toegelaten. Voor een aantal stoffen is de datum van toelating niet beschikbaar. Voor een aantal bestrijdingsmiddelen, die in het buitenland in het grondwater zijn aangetoond, zijn geen gegevens beschikbaar of deze middelen in Nederland een toelating hebben gehad.

4) De datum tussen haken geeft aan wanneer het middel van de Nederlandse markt is verdwenen.

5) In waterwingebieden is gebruik niet toegestaan gedurende de periode 1 oktober-1 april.

6) Er is momenteel besluitvorming gaande om deze middelen op zo kort mogelijke termijn op de zwarte lijst te plaatsen. Bij een enkel merk is de betreffende clausule reeds in de toelatingsbeschikking opgenomen.

Van de in Nederland toegelaten middelen, die voorkomen in het grondwater in het buitenland en die in Nederland nog niet in het

grondwater zijn aangetoond, zijn vooral de volgende stoffen, vermeld op de zwarte lijst, van belang:

chloorthal-methyl, dicamba, hexazinon, metazachloor, methomyl en TCA.

De concentraties van deze bestrijdingsmiddelen in het grondwater in het buitenland geven een indicatie voor de uitspoeling van deze middelen.

Van de in Nederland niet meer toegelaten middelen zijn 1,2-dibroom-3-chloorpropaan (DBCP) en 1,2-dibroomethaan (EDB) grondontsmettingsmiddelen, die tot 1978 in Nederland zijn toegelaten. Ze zijn in de Verenigde Staten in hoge concentraties in het grondwater aangetoond. Deze stoffen hebben vergelijkbare chemische eigenschappen als 1,2-dichloorpropaan. Deze stoffen zijn zeer mobiel en hebben een halfwaardetijd van jaren (Cohen, 1984).

Vanwege hun hoge persistentie kunnen ze in het diepe grondwater zijn geraakt. Er zal onderzoek naar het gebruik en voorkomen van deze stoffen in het grondwater dienen plaats te vinden.

Naast DBCP en EDB zijn 2,4,5-T en 2,3,6-TBA mobiele stoffen, die respectievelijk sinds 1978 en 1979 niet meer zijn toegelaten in Nederland.

4.5 Conclusies

In diverse bronnen voor de drinkwaterproductie komen bestrijdingsmiddelen voor in concentraties die variëren van enkele tienden tot soms tientallen $\mu\text{g/l}$.

In oppervlaktewater komen meer dan 50 bestrijdingsmiddelen voor in concentraties boven de norm voor drinkwater tot circa $5 \mu\text{g/l}$ (tabel 4.2). In de Rijn komen regelmatig bestrijdingsmiddelen voor als gevolg van industriële lozingen en calamiteiten bij de productie. Daarnaast kunnen via landbouwkundig gebruik bestrijdingsmiddelen in het oppervlaktewater geraken.

In de Rijn zijn veelvuldig triazines (vooral atrazin), fenylureumherbiciden (onder andere isoproturon) en bentazon aangetoond.

Bij de waterleidingbedrijven, die Rijnwater als bron voor de drinkwatervoorziening hebben, zijn atrazin en zijn metabolieten, simazin, metolachloor, metazachloor, bentazon, dinoseb, bromacil, DEET, dinoterb, mecoprop en triadimefon in het ruwe water aangetoond.

Voor het onderzoek naar het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in de Rijn dienen gegevens over lozingen van bestrijdingsmiddelen en het gedrag van deze middelen in oppervlaktewater beschikbaar te zijn. Er dient ook vastgesteld te worden in hoeverre bestrijdingsmiddelen via landbouwkundig gebruik in de Rijn geraken.

In de Maas worden veelvuldig triazines (voornamelijk atrazin en zijn metabolieten) aangetoond (tabel 4.2).

Bij de waterleidingbedrijven, die Maaswater als bron voor de drinkwatervoorziening gebruiken, zijn atrazin en zijn metabolieten, bentazon, simazin, metolachloor, DNOC, pentachloorfenol, dichlobenil en mecoprop in het ruwe water aangetoond.

In het stroomgebied van de Maas dient vastgesteld te worden welke bestrijdingsmiddelen via landbouwkundig gebruik in het Maaswater kunnen geraken.

In het oppervlaktewater van de kleine oppervlaktewateren uit landbouwgebieden blijkt, dat bestrijdingsmiddelen voorkomen in concentraties tot soms boven 10 $\mu\text{g}/\text{l}$.

Voor de waterleidingbedrijven, die polderwater (Katwijk, Braakman, St. Jansteen, en gedeeltelijk Ouddorp, Haamstede en Weesperkarspel) of oppervlaktewater uit de kleinere oppervlaktewateren (De Punt, Weerseloseweg) gebruiken als grondstof voor de drinkwatervoorziening is het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in het ruwe water afhankelijk van de toepassing van bestrijdingsmiddelen in de landbouw.

Bij de Punt worden onder andere bestrijdingsmiddelen of metaboliëten in het oppervlaktewater aangetroffen ten gevolge van gebruik van bestrijdingsmiddelen in de aardappelteelt, zoals onder andere MITC (metabolië van metamnatrium), 1,2-dichloorpropaan, 1,3-dichloorpropaan, dinoseb en fentinacetaat.

Uit onderzoek van drainagewater blijken MITC, 1,2-dichloorpropaan en 1,3-dichloorpropaan uit te spoelen naar het oppervlaktewater. 1,2-dichloorpropaan blijkt ook via het grondwater uit te spoelen.

In het oppervlaktewater van het Twentekanaal blijkt vooral atrazin aanwezig. Dit kan veroorzaakt worden door het gebruik van atrazin in de maïsteelt.

De bedrijven, die oppervlaktewater via kleine rivieren of polderwater gebruiken voor de drinkwatervoorziening, wordt aanbevolen via een inventarisatie van het gebruik van bestrijdingsmiddelen en het gedrag van deze bestrijdingsmiddelen in het milieu een onderzoeksprogramma op te stellen.

In het oevergrondwater is in Nederland naast een 7-tal andere bestrijdingsmiddelen met name bentazon aangetroffen. Deze stof wordt tijdens bodempassage niet of nauwelijks vertraagd.

In het oevergrondwater in Duitsland worden meer bestrijdingsmiddelen (>20), waaronder ureumherbiciden aangetoond. De winning van oevergrondwater in Duitsland vindt vaak op zeer korte afstand van de rivierplaats en bovendien is de bodemopbouw sterk verschillend van de Nederlandse situatie. De resultaten van de Duitse onderzoeken geven

een indicatie voor de middelen, die in Nederland in het oevergrondwater kunnen geraken.

In Nederland zullen vooral bestrijdingsmiddelen, die in hoge concentratie in de Rijn voorkomen, mobiel en slecht afbreekbaar zijn onder vooral anaerobe omstandigheden (zoals bentazon) een bedreiging vormen voor de kwaliteit van het te winnen oeverfiltraat.

Het onderzoek naar het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in het bovenste grondwater was gericht op het vaststellen welke bestrijdingsmiddelen uitspoelen onder kwetsbare bodems.

Na het aantonen van bestrijdingsmiddelen in het bovenste grondwater heeft verder onderzoek plaatsgevonden in dieper grondwater.

Er zijn 35 middelen of metaboliëten in het bovenste grondwater boven 0,1 $\mu\text{g}/\text{l}$ aangetoond (tabel 4.7). Het overzicht geeft geen volledig beeld gezien de beperkte omvang van het onderzoek naar bestrijdingsmiddelen uitgevoerd in de laatste jaren.

De onderzochte bestrijdingsmiddelen of hun metaboliëten met een jaarlijks gebruik boven de 200.000 kg bleken voor te komen in het grondwater.

1,2-dichloorpropaan, 1,2,3-trichloorpropaan, bromacil en 2,6-dichloorbenzamide (metaboliëte van dichlobenil) zijn in het onttrokken grondwater van pompstations in concentraties boven 0,1 $\mu\text{g}/\text{l}$ aangetoond.

Door het aantonen van 1,2-dichloorpropaan op meerdere locaties onder aerobe en anaerobe omstandigheden in Nederland, kan mogelijk bij alle kwetsbare waterwingebieden, waar DD (verontreinigd met onder andere 1,2-dichloorpropaan) in het verleden is toegepast, 1,2-dichloorpropaan in het diepere grondwater geraken.

Het onderzoek naar het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in het grondwater was vooral gericht op het voorkomen van grondontsmettingsmiddelen en herbiciden.

Deze middelen worden veelvuldig in kwetsbare gebieden aangetroffen in het grondwater.

De grondontsmettingsmiddelen 1,3-dichloorpropeen (met zijn verontreinigingen 1,2-dichloorpropanen en trichloorpropanen), ethoprofos, oxamyl, MITC (metaboliët van metamnatrium) en aldicarb (en zijn metaboliëten) zijn in het bovenste grondwater aangetoond. Atrazin en zijn metaboliëten worden veelvuldig in het bovenste grondwater aangetoond. De overige herbiciden met landbouwkundige toepassing worden in concentraties tot 1 $\mu\text{g}/\text{l}$ in het bovenste grondwater aangetoond. Ook onder niet kwetsbare gronden (kleigronden) blijken herbiciden (atrazin, bentazon en terbutryn) in het grondwater voor te komen. In het verder onderzoek dient vastgesteld te worden, welke relatie bestaat tussen de kwetsbaarheid van de bodem en het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in het grondwater.

Bij niet-landbouwkundige toepassing van herbiciden worden vaak hoge doseringen gebruikt. Door de vaak kwetsbare bodem (spoorbanen) blijken vaak hoge concentraties aan middelen of metaboliëten voor te komen (bromacil en 2,6-dichloorbenzamide).

Er zal nader onderzoek dienen plaats te vinden naar het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in het grondwater bij niet-landbouwkundige toepassingen.

In het grondwater worden naast bestrijdingsmiddelen vaak ook metaboliëten aangetoond, zoals bijvoorbeeld:

2,6-dichloorbenzamide, ETU, aldicarbsulfon, MITC, anthranilzuur-isopropylamide, desethyl- en desisopropylatrazin.

Deze stoffen zijn respectievelijk metaboliëten van dichlobenil, dithiocarbamaten (onder andere maneb), aldicarb, metamnatrium, bentazon en atrazin.

Er zijn nog weinig gegevens over het voorkomen van metaboliëten in het grondwater. Dit wordt mede veroorzaakt door het niet beschikbaar zijn van geschikte analysemethoden. De tijdens bodempassage gevormde metaboliëten zijn vaak meer polair en mobieler dan de oorspronkelijke stof.

Er zal onderzoek naar het voorkomen van metaboliëten dienen plaats te vinden.

Er zijn in het buitenland meer dan 25 bestrijdingsmiddelen of metaboliëten in het grondwater aangetoond, die in Nederland wel zijn toegelaten, maar nog niet zijn aangetoond (tabel 4.12), hetgeen soms mede een gevolg is van het feit dat er nog geen onderzoek naar verricht is. Het is moeilijk om deze gegevens te interpreteren, vanwege andere toepassingswijzen, bodemgesteldheid en gehanteerde analysemethoden.

Bovendien zijn voor circa 15 van deze bestrijdingsmiddelen, die in het buitenland in het grondwater zijn aangetoond, geen gegevens over de toepassing in Nederland bekend.

Voor deze 25 middelen dient vastgesteld te worden in hoeverre deze stoffen ook in Nederland in het grondwater kunnen zijn geraakt.

Er zijn een tiental bestrijdingsmiddelen, die in het buitenland in het grondwater zijn aangetoond en die in Nederland niet meer zijn toegelaten (tabel 4.12). Door het niet beschikbaar zijn van gebruiksgegevens van bestrijdingsmiddelen van vóór 1980 is het moeilijk in te schatten of deze bestrijdingsmiddelen nog in het grondwater geraken of daar reeds in terecht zijn gekomen. Dibroomchloorpropan en ethyleendibromide zijn in de Verenigde Staten op diverse locaties in hoge concentraties in het grondwater aangetoond. Vanwege hun toepassing als grondontsmettingsmiddel is onderzoek naar deze stoffen aan te bevelen.

Voor het verdere onderzoek naar bestrijdingsmiddelen in grondwater dienen gebruiksgegevens uit het verleden en in de toekomst verzameld te worden.

Ten aanzien van het voorkomen van metaboliëten van bestrijdingsmiddelen en inmiddels verboden middelen zijn weinig gegevens bekend omdat hier relatief nog weinig onderzoek naar is verricht.

De situatie in Nederland is niet uniek; ook in diverse andere landen in Europa en in de Verenigde Staten komen, weliswaar onder vaak andere condities, bestrijdingsmiddelen voor in grond- en oppervlaktewater als gevolg van toepassing in de landbouw of door industriële lozingen.

4.6 Literatuur

- AHLSDORF, B., STOCK, R., MÜLLER-WEGENER, U., MILDE, G.: 1989. Zum Verhalten ausgewählter Pflanzenschutzmittel in oberflächennahen Grundwässern heterogener lockersedimente in Pflanzenschutzmittel und Grundwasser. Schriftenreihe des Vereins WaBoLu, 79, Stuttgart (Gustav Fischer Verlag), p.375-386.
- ARW : 1986. 43. Bericht der Arbeitsgemeinschaft Rhein Wasserwerke.
- ARW : 1987. 44. Bericht der Arbeitsgemeinschaft Rhein Wasserwerke.
- BGW : 1988. Vorkommen von Pflanzenschutzmittel-wirkstoffen in Brunnen, Uferfiltrat, Quellen- und Grundwasser. stand 06-04-1988.
- CANTON, J.H., e.a.: 1987. Evaluatie van de mogelijke effecten op aquatische ecosystemen van een aantal bestrijdingsmiddelen en verwante verbindingen aangetoond in Nederlandse oppervlakte wateren. Rapportnr. 218102007, Bilthoven (RIVM).
- COHEN, S.Z., e.a. : 1986. Monitoring groundwater for pesticides in groundwater. Garner W.Y. (ed) ACS Symposium Series 315: p. 170-196, Washington D.C. (Amer. Chem. Soc.).
- ELEVELD, R., e.a. : 1989. Transportmechanismen van bestrijdingsmiddelen naar het oppervlaktewater. Oriënterend onderzoek in het stroomgebied van de Drentsche Aa. Groningen (Prof. H.C. van Hall Instituut).
- FLINSPACH, D. : 1989. Die konfrontation der öffentlichen wasser-versorgung mit der pesticidproblematik. Wasser- Abwasser gwf 130 nr. 10 p. 502-516.
- FRIMMEL, F. EN BRAUCH, H.J.: 1989. Verhalten ausgewählter Pflanzenschutzmittel im Gund- und Tinkwasserbereich. In Pflanzenschutzmittel und Gundwasser Schriftenreihe des Verein WaBoLu, 79, Stuttgart (Gustav Fischer Verlag), p.481-500.
- FUNARI, E. : 1987. Preliminary report on herbicide contamination of drinking water in Italy. Second WHO Consultation on herbicides in drinking water, Rome 13-18 July, 1987.
- GEMEENTEWATERLEIDINGEN GRONINGEN: 1988. Analyseresultaten Drentse Aa 1985-1988. Intern rapport Gemeentewaterleidingen Groningen.

- GOEWIE C.E., e.a.: 1987. Analysis of bromacil, diuron and 3,4-dichloroaniline in contaminated well water, using a high-performance liquid chromatographic column-switching procedure. *Journal of chromatography*, 410, p.21-216.
- GROOT DE, R.: 1989. Lozingen van chloorfenoxycarbonsuren op de Rijn. *H₂O*, nr.14, p.444-446.
- HARMELINK, T.A.M.: 1989. Onderzoek naar nutriëntenuitspoeling op de Hondsrug: een grondwaterkwaliteitsonderzoek. Assen, (Provincie Drenthe).
- HEER, H. DE: 1979. Measurements and computations on the behaviour of the insecticides azinphos-methyl and dimethoate in ditches. Proefschrift, Wageningen (pudoc).
- HETTINGA, F.A.M.: 1989. Resultaten van een DCP-bemonstering van een minifilterput Np 36 te Vierlingsbeek. SWI 89.101, KIWA (Nieuwegein).
- HOLDEN, P.W.: 1986. Pesticides and groundwater quality. Issues and problems in four states, Washington (National Academy Press).
- HOOGCARSPER, B.B., JONGE H.G., DE: 1985. Oriënterend onderzoek naar het voorkomen van 1,2-dichloorpropan in het rivier-, grond- en drinkwater bij de Duinwaterleiding. Rapport van de Duinwaterleiding van 's-Gravenhage.
- HOOGCARSPER, B.B.: 1986. Prioriteitsstelling ten aanzien van te ontwikkelen analysemethodieken voor bestrijdingsmiddelen. Literatuurstudie Duinwaterleiding van 's-Gravenhage.
- HOOGHEEMRAADSCHAP VAN DELFLAND: 1988. Invloed van de tuinbouwactiviteiten op de waterkwaliteit in de polder Nieuwland en Noordland (Westland). Delft (Hoogheemraadschap van Delfland).
- HOOGSTEEN, K.J.: 1986. Microverontreinigingen in drie waterwingebieden. *H₂O*, nr. 19, p. 48-52.
- HOOGSTEEN, K.J.: 1987. Analyseresultaten bronnen en waarnemingsputten in waterwingebied van pompstation Noordbargeres. In: Dichloorpropan en grondwater, Nieuwegein (KIWA).
- HOPMAN, R.:1988. Een inventarisatie van de aanwezigheid van bentazon en andere bestrijdingsmiddelen in het ruwe en reine water van oevergrondwater- en oppervlaktewaterverwerkende bedrijven in Nederland, deel 1. SWO 88.313, Nieuwegein (KIWA).

- HOPMAN, R.: 1990. Een inventarisatie van de aanwezigheid van bentazon en andere bestrijdingsmiddelen in het ruwe en reine water van oevergrondwater- en oppervlaktewater verwerkende bedrijven in Nederland. Deel 2. Nieuwegein, KIWA. Nog te publiceren.
- HOPMAN, R., NOIJ, TH.H.M.: 1990. Dikegulac in oevergrondwater. SWE 90.002, KIWA Nieuwegein.
- JANSSEN, H.M.J., PUIJKER, L.M.: 1987. Bestrijdingsmiddelen in grondwater. In: Beek van, C.G.E.M., Landbouw en drinkwatervoorziening. Mededeling no. 99, Nieuwegein (KIWA).
- JANSSEN, H.M.J., PUIJKER, L.M.: 1988. Onkruidbestrijdingsmiddelen bij maisteelt in grondwater te Vierlingsbeek. SWE 88-009, Nieuwegein (KIWA).
- JANSSEN, H.M.J.: 1989a. De uitspoeling van bestrijdingsmiddelen naar de Drentse Aa. Overzicht van analyseresultaten over 1988. Nieuwegein (KIWA).
- JANSSEN, H.M.J., e.a.: 1989b. Bestrijdingsmiddelen in grondwater te Noordbargeres en Valtherbos. In voorbereiding.
- JANSSEN, H.M.J.: 1989c. Bestrijdingsmiddelen in het ruwe water van Vierlingsbeek. Overzicht van analyseresultaten.
- KLOOSTERMAN, R.A. EN NGO, X.T.: 1989. Bromacil verontreiniging op het pompstation Holten. Zwolle (WMO).
- KOOIJ, D. VAN DER,: 1985. Drinkwater uit oevergrondwater. Mededeling nr. 89, Nieuwegein (KIWA).
- LAGAS P., e.a.: 1988. Veldonderzoek bestrijdingsmiddelen: Rapportage van de 1^e, 2^e en 3^e bemonstering 1988 rapportnr. 728473002, Bilthoven (RIVM).
- LAGAS P., e.a.: 1989. Bedreiging van de grondwaterkwaliteit door bestrijdingsmiddelen. H₂O, nr.14, p.424-427.
- LANDESAMT FÜR WASSER UND ABFALL NORDRHEIN-WESTFALEN: 1985. Wassergütebericht Düsseldorf.
- LEISTRA, M.: 1972. Diffusion and adsorption of the nematicide, 1,3-dichloorpropene in soil. Verslagen landbouwkundige onderzoeken 769, Wageningen (Pudoc).
- LEISTRA, M., e.a.: 1975. Persistence and mobility of bromacil in orchard soils. Weed Research, Vol 15, p.243-247.

- LEISTRA, M., e.a. : 1984. Leaching of oxidation products of aldicarb from greenhouse soils to water courses. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 13, p. 327-334.
- LEISTRA, M., BOESTEN, J.J.I.T.: 1989. Pesticide contamination of groundwater in Western-Europe. Agric. Ecosystems and Envir. vol 25, in druk.
- NABER, G.: 1988. Pesticides in regenwater. H₂O, (21), nr. 15, p. N41-N42.
- NOORDSIJ, A. e.a.: 1985. The quality of drinking water prepared from filtered riverwater in the Netherlands. Sci. Tot. Environ. (47), p. 275-292.
- NORMANN, S. e.a.: 1987. Verhalten von stickstoffhaltigen Pflanzenschutzmitteln bei der Trinkwasseraufbereitung. Behaviour of nitrogen containing herbicides during water treatment. Vom Wasser, 69, p. 233-249.
- NOIJ, Th.H.M. e.a.: 1989. Drinkwater uit oppervlaktewater. Mededeling no. 107, Nieuwegein (KIWA).
- OEHMICHEN, U EN HABERER, K.: 1987. Stickstoffherbicide im Rhein. Vom Wasser, 66, p. 225-241.
- PAS, L.J.T., V.D., LEISTRA, M : 1987. Movement and transformation of 1,3-dichloropropene in the soil of flower-bulb fields. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 16, p. 417-422.
- PUIJKER, L.M., e.a.: 1988. Onderzoek naar het bestrijdingsmiddel bentazon in grond- en oppervlaktewater en het daaruit bereide drinkwater. SWO-88.232, Nieuwegein (KIWA).
- RIWA: 1988. Organische microverontreinigingen in de Rijn (Lobith) en Maas (Keizersveer) in 1987. Bestrijdingsmiddelen, adsorbeerbaar organozwavelverbindingen en mutageniteit. Puijker, L.M. e.a., SWO-88.263, Nieuwegein (KIWA).
- RIWA: 1989. Organische microverontreinigingen in de Rijn en Maas in 1988: bestrijdingsmiddelen en mutageniteit. Puijker, L.M. e.a., SWO-89.245, Nieuwegein (KIWA).
- PROVINCIE GELDERLAND: 1989. Verslag van onderzoek naar bestrijdingsmiddelen in particuliere onttrekkingen in de provincie Gelderland. Arnhem.

- SMEENK, J.G.M.M. e.a.: 1988. Bestrijdingsmiddelen in grondwater en in oppervlaktewater bestemd voor de bereiding van drinkwater. SWE 88-006, Nieuwegein (KIWA).
- SMEENK, J.G.M.M. e.a.: 1990. Van Rijn naar Rein, H_2O , 23, nr. 5, p. 126-137.
- SCHMITZ, M.: 1988. Vorkommen von Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffen in Brunnen, Uferfiltrat, Quellen- und Grundwasser. BGW, stand: 06-04-1988.
- SCHMITZ, M.: 1989. Erkenntnisse zur Gewässerbelastung durch Pflanzenschutzmittel bei den Wasserwerken in der Bundesrepublik Deutschland. In: Pflanzenschutzmittel und Grundwasser. Schriftenreihe des Vereins für WABOLU, p. 443-457. Stuttgart (Gustav Fischer Verlag).
- SONTHEIMER, H. e.a.: 1986. Gewässerzustand und Gewässernutzung. Vom Wasser (66), p. 1-20.
- SOPPE, A.I.A.: 1988 a. Vóórkomen en voorkómen van bestrijdingsmiddelen in de Drentsche Aa. VWN-symposium "Drinkwater en bestrijdingsmiddelen" Paterswolde, 14-10-1988.
- SOPPE, A.I.A.: 1988 b. Pesticides in the river Drentse Aa in relation of the Groningen Water Board. EG 80/778, Como, 5/6-5-1988.
- STAKELBEEK, A.: 1989. Bromacil op pompstation Grindweg te Bussem. H_2O , 1, p. 26-29.
- VEENENDAAL, G. e.a.: 1986. Het voorkomen van organische stoffen in het grondwater onttrokken door de Nederlandse Waterleidingbedrijven. Mededeling 97, Nieuwegein (KIWA).
- VERDAM, B. e.a.: 1988. Bestrijdingsmiddelen in grondwater onder kwetsbare bodemtype. Rapport nr. 72843001, Bilthoven (RIVM).
- VOGELAAR, A.J. e.a.: 1987. De aanwezigheid van de bestrijdingsmiddelen bromacil en amitrol in het grondwater onttrokken op enkele winningen. SWO-87.329, Nieuwegein (KIWA).
- VOGELAAR, A.J. e.a.: 1988. De beïnvloeding van de kwaliteit van het ondiepe grondwater van het Waterwingebied "Genderen" door landbouwkundige activiteiten. SWO-88.204, Nieuwegein (KIWA).
- VOGELAAR, A.J. e.a.: 1989. Evaluatie van de bedreiging van de geplande winplaats polder De Biesbosch te Dordrecht door bestrijdingsmiddelen. SWO-89.282, Nieuwegein (KIWA).

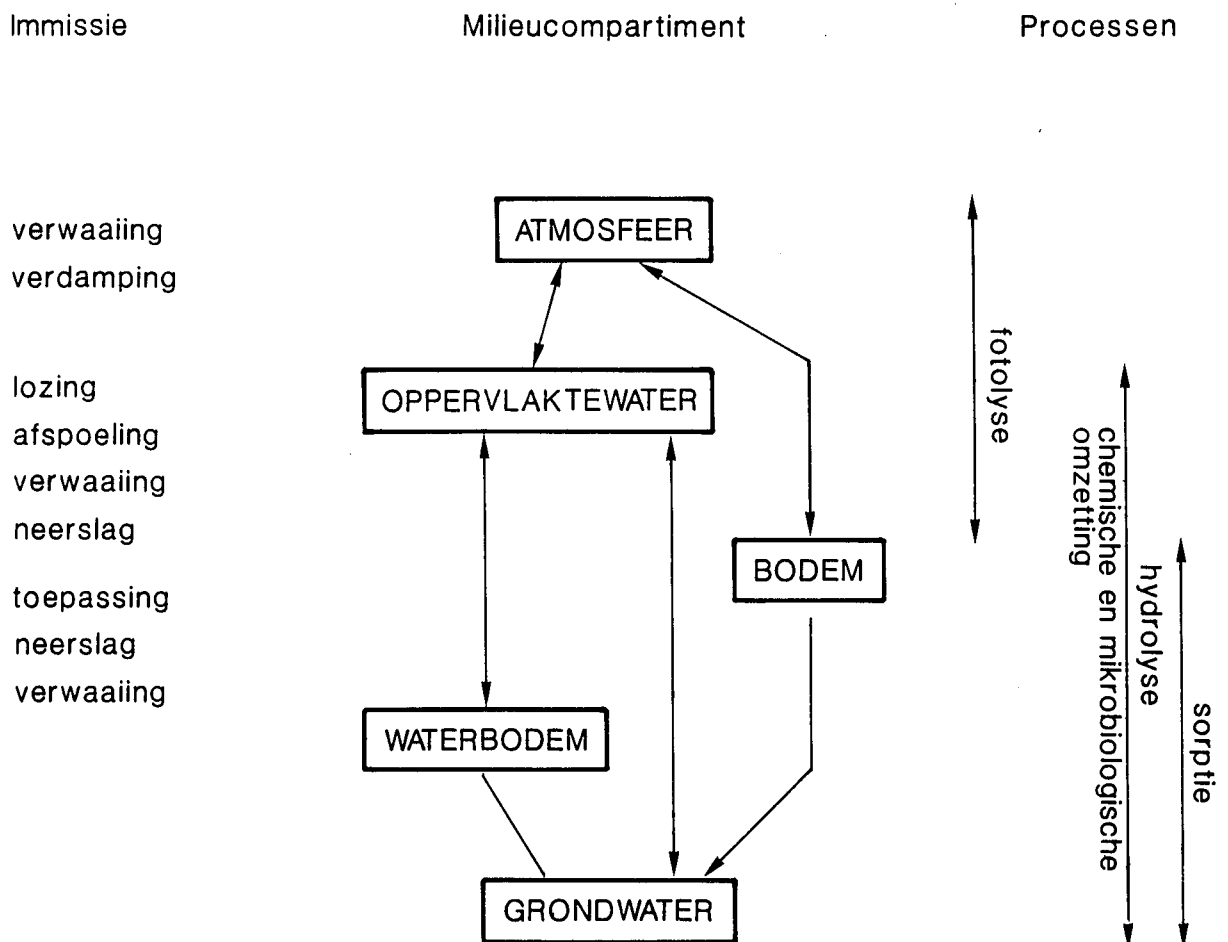
- WEGMAN, R.C.C. e.a.: 1981. Methylbromide and bromide-ion in drainage water after leaching of glasshouse soils. *Water, Air and Soil Pollution* 16, p. 3-11.
- WILLIAMS, W.M. e.a.: 1988. Pesticides in ground water data base interim rapport EPA.
- WOB: 1989. Analyseresultaten van 1,2-dichloorpropan in winputten te Vierlingsbeek. N.V. Waterleidingmaatschappij Oost-Brabant, 's-Hertogenbosch.
- ZANTVOORT, R. e.a.: 1980. Leaching of the herbicide bromacil after application on railroads in the Netherlands. *Water, Air and Soil Pollution* 13, p.363-372.
- ZOUWEN, VAN DER H. e.a.: 1988. Een spoorweg door een waterwingebied: een onbewaakte overweg? *H₂O*, 21, nr. 24, p. 700-705.
- ZUIVERINGSCHAP WEST-OVERIJSSEL: 1988. Onderzoek bestrijdingsmiddelen in de Noord-Oostpolder.

5 EIGENSCHAPPEN VAN BESTRIJDINGSMIDDELEN EN HUN GEDRAG IN HET MILIEU

5.1 Inleiding

Zoals beschreven in hoofdstuk 3 komen bestrijdingsmiddelen op verschillende wijzen in het milieu terecht. In figuur 5.1 zijn de verschillende routes die bestrijdingsmiddelen in het milieu kunnen doorlopen weergegeven.

Bestrijdingsmiddelen in het milieu



Figuur 5.1 Routes van bestrijdingsmiddelen in het milieu

Bestrijdingsmiddelen worden door toepassing op of in de bodem en door lozing in het oppervlaktewater (of in de lucht ?) gebracht. Vandaar verspreiden deze middelen zich door het gehele milieu: door verwaaiing of verdamping naar de lucht, door atmosferische depositie naar de bodem of het oppervlaktewater, door afspoeling en verwaaiing naar het oppervlaktewater, door uitspoeling naar grondwater, door kwel van grondwater naar oppervlaktewater en door infiltratie juist andersom.

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de vraag welke bestrijdingsmiddelen op grond van hun fysisch-chemische eigenschappen en hun gedrag in het milieu een bedreiging voor de kwaliteit van de grondstof voor het drinkwater opleveren. Hiervoor zijn voor een groot aantal bestrijdingsmiddelen verschillende fysisch-chemische eigenschappen verzameld die van belang zijn voor het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in het milieu. In 5.2 wordt voor de verschillende bestrijdingsmiddelen een indeling gegeven. De voor het gedrag van belang zijnde processen worden beschreven in 5.3. In 5.4 wordt het gedrag van bestrijdingsmiddelen in de verschillende milieucompartimenten behandeld. Voor de beschrijving van het gedrag van bestrijdingsmiddelen in het milieu worden verschillende computermodellen gebruikt. In 5.5 wordt hierop ingegaan. In 5.6 wordt een aantal criteria gegeven waaraan bestrijdingsmiddelen dienen te voldoen om geen bedreiging voor de drinkwaterkwaliteit te vormen. In 5.7 worden een aantal bestrijdingsmiddelen opgesomd die op grond van hun mobiliteit een mogelijke bedreiging voor de drinkwaterkwaliteit kunnen betekenen.

5.2 Indeling van bestrijdingsmiddelen en hun fysisch-chemische eigenschappen

Bestrijdingsmiddelen kunnen verdeeld worden in ionogene en niet-ionogene verbindingen (Khan, 1980). Bij ionogene bestrijdingsmiddelen wordt onderscheid gemaakt in kationische, basische en zure bestrijdingsmiddelen. De niet-ionogene verbindingen omvatten onder andere organochloor- en organofosforbestrijdingsmiddelen, gesubstitueerde anilines, fenylcarbamaten, fenylureumverbindingen, thiocarbamaten, acetamides, benzonitrilverbindingen en esters. In tabel 5.1. is van elke klasse een aantal voorbeelden gegeven.

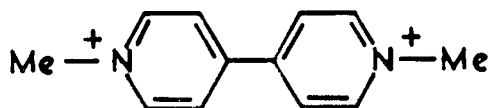
Tabel 5.1 Klasse indeling van bestrijdingsmiddelen.

Klasse	Type	Naam
kationisch		diquat, paraquat
basische	s-triazines	atrazin, simazin, prometryn
	s-triazolen	amitrol
zure	fenoxyzuren	2,4-D
	benzoëzuren	dicamba
	pyridines	picloram
	dinitrofenolen	dinoseb
neutraal	organochloor- bestrijdingsmiddelen	DDT, diëldrin, lindaan
	organofosfor- bestrijdingsmiddelen	parathion, diazinon
	nitroanilines	trifluralin, nitralin
	fenylcarbamaten	profam, carbaryl
	fenylureumverbindingen	diuron, linuron, monuron
	acetamides	alachloor, metolachloor
	thiocarbamaten	EPTC, maneb, mancozeb

De kationische verbindingen paraquat en diquat zijn veelvuldig onderwerp van onderzoek geweest. Op grond van de hoge oplosbaarheid in water van deze verbindingen lijkt een hoge mobiliteit aannemelijk.

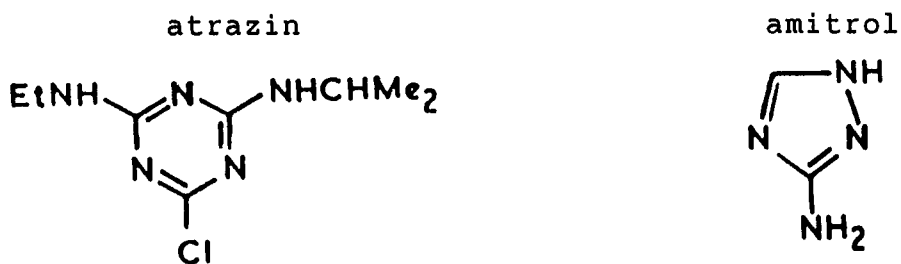
Echter, als gevolg van de positieve lading van deze verbindingen, vindt in de bodem een zeer sterke adsorptie plaats. Verdamping speelt geen rol bij deze verbindingen. In figuur 5.2 is de structuurformule van paraquat weergegeven.

paraquat



Figuur 5.2 Structuurformule voor paraquat

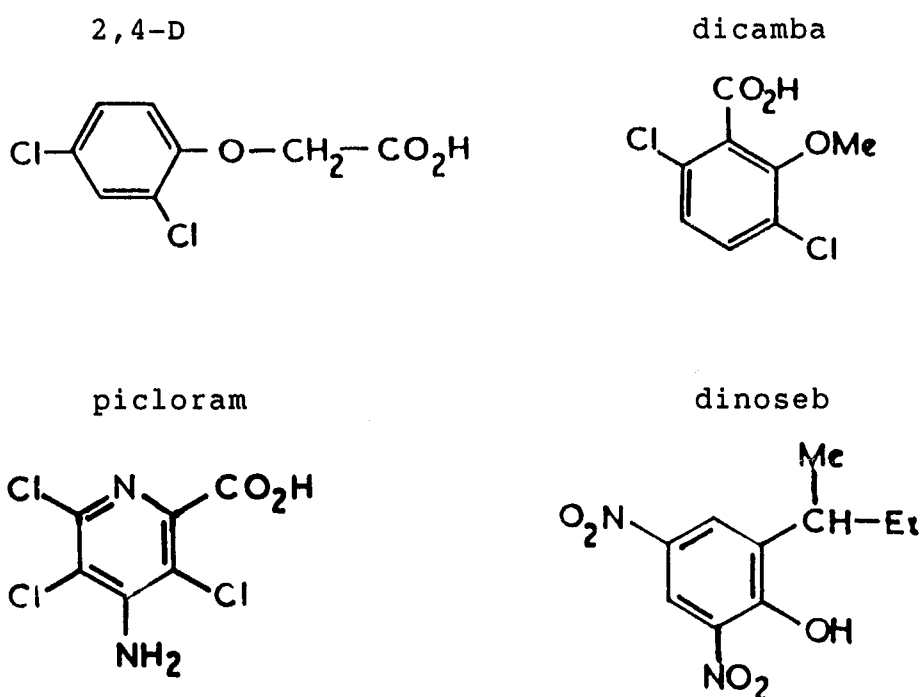
De basische verbindingen worden ook sterk geadsorbeerd als gevolg van de protonering van deze verbindingen. De mate van protonering neemt toe met afnemende pH. Het aantal adsorptieplaatsen neemt echter af met afnemende pH. De maximale adsorptie zal optreden bij een optimale pH waarde tussen de pKa-waarden van het adsorberend oppervlak en het bestrijdingsmiddel. De wateroplosbaarheid ligt globaal tussen die van kationische en zure bestrijdingsmiddelen in. In figuur 5.3 zijn de structuurformules van atrazin en amitrol weergegeven.



Figuur 5.3 Structuurformules van atrazin en amitrol

Het karakter van de zure bestrijdingsmiddelen wordt voornamelijk bepaald door de aanwezigheid van carboxyl- of fenolische groepen, welke kunnen ioniseren en zo anionen vormen. Dit betekent dat de wateroplosbaarheid van deze verbindingen groot is en tevens dat er weinig adsorptie aan (de overwegend negatief geladen) bodemdeeltjes

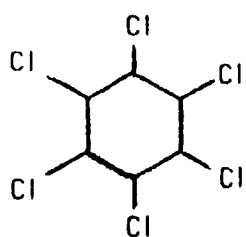
optreedt. Net zoals bij de basische verbindingen is de mate van adsorptie afhankelijk van de pH en van pKa van het absorbaat. Bij een lage pH komen deze verbindingen voornamelijk in neutrale vorm voor. De mate van adsorptie wordt dan voornamelijk bepaald door het organisch stof gehalte van de bodem. In figuur 5.4 zijn de structuurformules weergegeven van 2,4-D, dicamba, picloram en dinoseb.



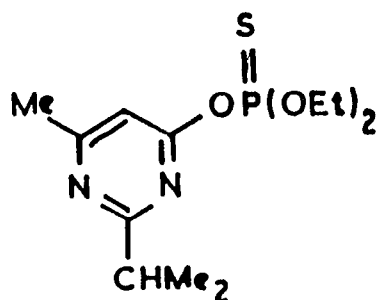
Figuur 5.4 Structuurformules van 2,4-D, dicamba, picloram en dinoseb

De neutrale verbindingen adsorberen voornamelijk aan de organische stof fractie van de bodem. Zowel de oplosbaarheid als de mate van vervluchtiging kan binnen deze groep sterk variëren. In figuur 5.5 zijn structuurformules weergegeven van lindaan, diazinon, trifluralin, carbaryl, diuron, alachloor en maneb.

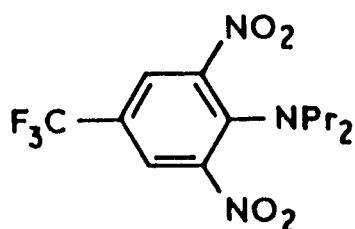
lindaan



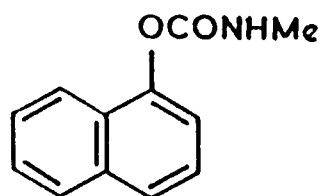
diazinon



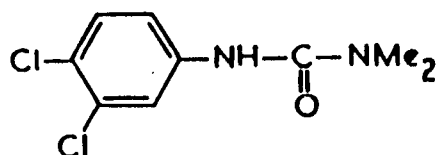
trifluralin



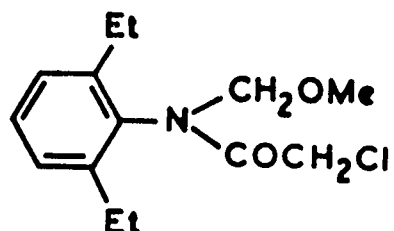
carbaryl



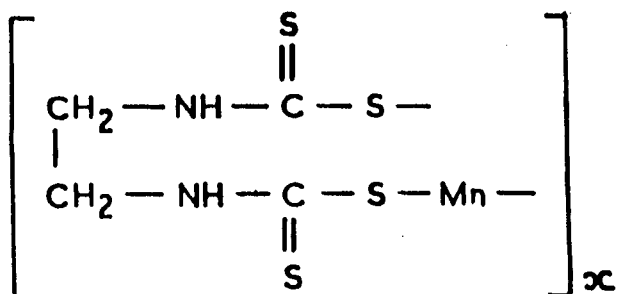
diuron



alachloor



maneb



Figuur 5.5 Structuurformules van lindaan, diazinon, trifluaralin, carbaryl, diuron, alachloor en maneb

5.3 Processen

De concentraties waarin bestrijdingsmiddelen, na emissie, voorkomen in de verschillende milieucompartimenten worden bepaald door verdelings- en verdwijningsprocessen. In deze paragraaf worden de verschillende processen behandeld. Hierbij wordt ingegaan op:

- hoe vindt het proces plaats
- in welke milieucompartimenten is het proces van belang
- wat zijn karakteristieke eigenschappen voor het proces

5.3.1 Verdelingsprocessen

Met verdelingsprocessen worden de processen bedoeld die een bestrijdingsmiddel over verschillende fasen of milieucompartimenten verdelen, zodanig dat er een (thermodynamisch) evenwicht ontstaat.

5.3.1.1 Oplossen in water

Bij het oplossen in water gaat een bestrijdingsmiddel van een vaste of vloeibare fase over in de opgeloste fase. Dit gebeurt zowel in het oppervlaktewater alsook in het bodemvocht en grondwater. Ook in de atmosfeer kunnen bestrijdingsmiddelen in regendruppels oplossen.

De oplosbaarheid van bestrijdingsmiddelen in water wordt, afgezien van de samenstelling van het water, bepaald door de polariteit en het smeltpunt van het middel.

Een relatie voor de oplosbaarheid (S , in mg/l), als functie van octanol-water verdelingscoëfficiënt (K_{ow}) en smeltpunt (T_m , in °K) wordt voor neutrale verbindingen gegeven door Briggs (1981):

$$\text{Log } S = 0,01 - \text{log } K_{ow} - (0,01 * T_m - 0,25) \quad (5.1)$$

Voor een twintigtal bestrijdingsmiddelen is in tabel 5.2 de oplosbaarheid gegeven. De gegevens zijn, grotendeels, ontleend aan Jury e.a. (1983).

Tabel 5.2 Oplosbaarheid in water, maximale dampdruk en dampconcentratie van een twintigtal bestrijdingsmiddelen (Jury e.a., 1983).

Bestrijdingsmiddel	Oplosbaarheid (mg/l)	Dampdruk (mPa)	Dampconcentratie (μ g/l)
atrazin	32	0,090	0,008
bentazon	500	<0,01	<0,001
bromacil	815	0,029	0,003
carbofuran	320	1,120	0,100
2,4-D	900	0,051	0,005
DDT	0,003	0,045	0,006
diazinon	40	16,132	1,980
diëldrin	0,15	0,671	0,100
dinoseb	52	5	0,485
diuron	37	0,016	0,002
EPTC	370	2800	220
ethoprofos	750	46,66	4,50
lindaan	7,5	8,63	1,00
methyl parathion	57	2,40	0,25
monuron	262	0,023	0,002
parathion	24	1,256	0,147
prometryn	48	0,284	0,027
simazin	5	0,002	0,00017
triallaat	4	25,73	3,17
trifluralin	0,3	14,8	2,0

In de praktijk wordt de oplosbaarheid beïnvloed door de samenstelling van het water, in het bijzonder de concentratie opgelost organisch koolstof (DOC), de zuurgraad (pH) en de aanwezigheid van cosolvents.

5.3.1.2 Verdamping

Bij verdamping gaan bestrijdingsmiddelen over van de vaste of vloeibare fase naar de dampfase.

Dit proces speelt een rol op het grensvlak atmosfeer-oppervlaktewater, atmosfeer-bodem en in de onverzadigde zone van de bodem.

De mate van verdamping vanuit het water of de bodem wordt naast de concentratie in het water, respectievelijk de bodem, onder andere, bepaald door de maximale dampspanning (P_0), de klimatologische omstandigheden en de vorm van het verdampingsoppervlak.

De maximale dampconcentratie ($C_{d,max}$ in g/l) volgt uit:

$$C_{d,max} = P_0 \cdot M_w / (83,1 \cdot T) \quad (5.2)$$

waarin P_0 = maximale dampspanning (mbar)

M_w = molmassa (g)

T = temperatuur ($^{\circ}K$)

Jury e.a. (1983) geven voor een twintigtal bestrijdingsmiddelen de maximale dampspanning en de maximale dampconcentratie. Deze gegevens zijn opgenomen in tabel 5.2. Voor een aantal bestrijdingsmiddelen speelt verdamping een belangrijke rol bij het gedrag in het milieu. Dit betreft onder andere MITC en dichloorpropeen (Hoekstra en van Ree, 1989).

Wanneer bestrijdingsmiddelen worden toegepast op of in de bodem zal zich een evenwicht instellen tussen de drie bodemcompartimenten. De verdampingssnelheid van het bestrijdingsmiddel wordt dan in eerste instantie bepaald door de evenwichtsdampspanning. Door de verdamping van een bestrijdingsmiddel naar de atmosfeer zal er, om het evenwicht te bewaren, transport van het bestrijdingsmiddel vanuit de bodem naar het verdampend oppervlak plaats dienen te vinden. De verdampingssnelheid wordt dan bepaald door de transportsnelheid van het bestrijdingsmiddel in de bodem. Dit transport vindt plaats via twee mechanismen: diffusie en convectie.

Er zijn hierbij twee situaties te onderscheiden. Wanneer er geen verdamping van water optreedt hangt de transportsnelheid van het bestrijdingsmiddel af van de diffusie snelheid van het bestrijdingsmiddel. Deze wordt bepaald door de temperatuur, adsorptie-evenwichten en het water-, organisch stof- en kleigehalte van de bodem. Bovendien is ook de bulkdichtheid of compactheid van de bodem van belang.

Wanneer er wel sprake is van verdamping van water zal in geval van redelijk oplosbare bestrijdingsmiddelen een convectief transport naar het verdampingsoppervlak plaatsvinden. Er is kwantitatief niet zoveel bekend over de vervluchtiging van bestrijdingsmiddelen. In tabel 5.3 is voor een drietal bestrijdingsmiddelen de vervluchtigingssnelheid weergegeven, als functie van de concentratie in de bodem en de windsnelheid.

Tabel 5.3 Vervluchtigingssnelheid van een drietal bestrijdingsmiddelen als functie van de concentratie in de bodem en de windsnelheid (Khan, 1980).

Concentratie ($\mu\text{g/g}$)	Luchtsnelheid (km/uur)	Verdampingssnelheid (kg/ha.jaar)		
		Lindaan	Diëldrin	DDT
1	0,008	-	0,69	-
	0,027	3,3	1,4	0,28
5	0,008	-	3,8	-
	0,027	19,0		8,9 1,3
10	0,008	-	8,7	-
	0,027	43,2	14,2	2,9
50	0,008	-	15,2	-
	0,027	201,6	21,9	4,7

Zoals uit de tabel is te zien neemt de vervluchtigingssnelheid toe met toenemende concentratie in de bodem en toenemende luchtsnelheid.

De evenwichtsverdeling van een bestrijdingsmiddel over de compartimenten lucht en water wordt bepaald door de Henry-coëfficiënt H:

$$H = C (\text{lucht}) / C (\text{water}) \quad (5.3)$$

In goede benadering geldt voor H:

$$H = C_{\text{max}} (\text{lucht}) / C_{\text{max}} (\text{water}) \quad (5.3a)$$

waarin: $C_{\text{max}} (\text{lucht})$: maximale concentratie in de lucht

$C_{\text{max}} (\text{water})$: maximale oplosbaarheid in water

In tabel 5.4 is voor een twintigtal bestrijdingsmiddelen de waarde voor H weergegeven. Deze waarden zijn berekend met vergelijking (5.3a) en de gegevens van tabel 5.2.

Tabel 5.4 Henry-coëfficiënten en Koc waarden voor een twintigtal bestrijdingsmiddelen. De Henry-coëfficiënten zijn berekend met vergelijking (5.3a) en de gegevens uit tabel 5.2.

Bestrijdingsmiddel	Henry-coëfficiënt (-)	Koc (l/kg oc)
atrazin	$2,5 \cdot 10^{-8}$	163
bentazon	$< 2,0 \cdot 10^{-9}$	143 (@)
bromacil	$3,7 \cdot 10^{-9}$	72
carbofuran	$3,1 \cdot 10^{-7}$	29
2,4-D	$5,6 \cdot 10^{-9}$	20
DDT	$2,0 \cdot 10^{-3}$	243120
diazinon	$5,0 \cdot 10^{-5}$	850
diëldrin	$6,7 \cdot 10^{-4}$	12090
dinoseb	$9,3 \cdot 10^{-6}$	557 (@)
diuron	$5,4 \cdot 10^{-8}$	383
EPTC	$5,9 \cdot 10^{-4}$	283
ethoprosfos	$6,0 \cdot 10^{-6}$	122
lindaan	$1,3 \cdot 10^{-4}$	1300

Bestrijdingsmiddel	Henry-coëfficiënt (-)	Koc (l/kg oc)
methyl parathion	$4,4 \cdot 10^{-6}$	5100
monuron	$7,6 \cdot 10^{-9}$	184
parathion	$6,1 \cdot 10^{-6}$	10650
prometryn	$5,6 \cdot 10^{-7}$	614
simazin	$3,4 \cdot 10^{-8}$	138
triallaat	$8,0 \cdot 10^{-4}$	3600
trifluralin	$6,7 \cdot 10^{-3}$	7340

Koc: verdelingscoëfficiënt tussen organisch koolstof en water

oc : organisch koolstof

@ : berekend met (5.7)

5.3.1.3 Sorptie

Bij sorptie van bestrijdingsmiddelen vindt een reversibele binding plaats vanuit de water- of dampfase aan de vaste fase.

Sorptie vindt in alle milieucompartimenten plaats. De mate van sorptie hangt af van de eigenschappen van het bestrijdingsmiddel en van de eigenschappen van het adsorbens. Voor ionische bestrijdingsmiddelen is vooral de pH en het kleigehalte van het adsorbens van belang, terwijl voor neutrale bestrijdingsmiddelen met name het organische stofgehalte van het adsorbens van belang is. De verhouding van het gehalte in de geadsorbeerde fase (C_s in mg/kg droge stof) en de concentratie in de waterfase (C_l in mg/l) of gasfase (C_g in mg/l) wordt aangeduid met de verdelingscoëfficiënt K_d , in l/kg:

$$K_d = C_s/C_l \text{ of } K_d = C_s/C_g \quad (5.4)$$

De mate van adsorptie wordt vaak weergegeven in een adsorptie-isotherm waarin C_s uitgezet wordt tegen C_l of C_g . De helling komt dan overeen met de verdelingscoëfficiënt K_d . Voor neutrale bestrijdingsmiddelen blijkt K_d bij lage concentraties recht evenredig te zijn met de fractie organisch koolstof (f_{oc}) van het adsorbens:

$$K_d = f_{oc} \cdot K_{oc} \quad (5.5)$$

waarin K_{oc} = verdelingscoëfficiënt tussen organisch C en water, in l/kg organisch koolstof.

Voor een twintigtal verbindingen is door Jury e.a. (1983) uit verschillende onderzoeken een lijst met K_{oc} waarden opgesteld. Deze lijst is opgenomen in tabel 5.4.

Wanneer K_{oc} niet bekend is, wordt deze waarde veelal afgeleid van de octanol-water verdelingscoëfficiënt, K_{ow} . Karickhoff e.a. (1979) vonden voor een tiental aromatische en gechloreerde koolwaterstoffen de volgende relatie:

$$\log K_{oc} = -0,21 + \log K_{ow} \quad (r^2 = 1,0) \quad (5.6)$$

Daarnaast kan K_{oc} ook afgeleid worden uit de oplosbaarheid in water (S in mg/l). Voor 170 verbindingen vond Kenaga (1980) de volgende relatie:

$$\log K_{oc} = -0,55 \cdot \log S + 3,64 \quad (5.7)$$

Voor vrijwel alle bestrijdingsmiddelen zijn gegevens bekend over de oplosbaarheid, terwijl maar voor een beperkt aantal middelen (72) K_{ow} waarden bekend zijn. Om toch iets over de mate van adsorptie van de middelen, waarvoor K_{ow} niet bekend is, te kunnen zeggen is voor deze 72 bestrijdingsmiddelen $\log K_{ow}$ uitgezet tegen de logaritme van de oplosbaarheid in water van deze middelen. Dit levert de volgende relatie op:

$$\log K_{ow} = -0,66(\pm 0,07) \cdot \log S + 3,69(\pm 0,18) \quad (r^2 = 0,72) \quad (5.8)$$

Vaak worden ook waarden voor de verdelingscoëfficiënt tussen organisch materiaal en water (K_{om}) gegeven. Hierbij gaat het om de geadsorbeerde hoeveelheid per hoeveelheid organisch materiaal. De omrekeningsfactor van K_{om} naar K_{oc} is 1,7.

De sorptie van bestrijdingsmiddelen speelt ook een rol in de waterzuivering. Sorptie aan actieve kool is een mogelijkheid om bestrijdingsmiddelen uit water te verwijderen. Door Hopman (1990) is voor een groot aantal middelen de adsorptiecapaciteit benaderd. Hierbij is gebruik gemaakt van de adsorptiepotentiaal theorie van Polanyi, welke door Manes (1969) uitgebreid is behandeld. In tabel 5.5 is voor een aantal verbindingen uitgerekend wat de adsorptiecapaciteit van actieve kool is. Voor deze berekening is een karakteristieke adsorptiepotentiaal van de betreffende kool nodig. Hiervoor is gebruik gemaakt van een door Kuennen e.a. (1988) afgeleide vergelijking voor vluchtige organische verbindingen. Deze vergelijking zal voor bestrijdingsmiddelen afwijken, maar kan als eerste benadering wel worden gebruikt. Naast de adsorptiepotentiaalvergelijking zijn verder alleen de oplosbaarheid in water en de molmassa van het middel nodig. Bij de berekening is uitgegaan van een effluentconcentratie van 0,1 $\mu\text{g/l}$.

Tabel 5.5 Adsorptiecapaciteit (W) op basis van Polanyi theorie voor een aantal bestrijdingsmiddelen aan actieve kool. Effluentconcentratie is 0,1 $\mu\text{g/l}$ (Hopman, 1990).

Bestrijdings- middel	W (g/kg kool)	Bestrijdings- middel	W (g/kg kool)
alachloor	0,317	dinoseb	0,312
aldicarb	0,052	DNOC	0,148
atrazin	0,268	endosulfan	1,618
benomyl	0,821	glyfosaat	0,025
bentazon	0,202	metolachloor	0,316
bromacil	0,235	metribuzin	0,118
carbofuran	0,147	oxamyl	0,041
cyanazin	0,250	propazin	0,400
2,4 D	0,150	simazin	0,358

Uit tabel 5.5 blijkt dat er grote verschillen in de geadsorbeerde hoeveelheden kunnen optreden. Endosulfan blijkt bijvoorbeeld een factor 60 maal beter geadsorbeerd te worden dan glyfosaat.

5.3.1.4 Verdeling van bestrijdingsmiddelen over verschillende bodemfasen.

Met behulp van de gegevens uit de voorgaande paragrafen is het mogelijk om de verdeling van bestrijdingsmiddelen over de verschillende bodemfasen te schatten.

Uitgegaan wordt van een gehalte van 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ van een bestrijdingsmiddel in de vaste fase, met een organische koolstoffractie van 0,01 g/g. Met de Koc waarden uit tabel 5.4 en met behulp van vergelijking (5.4) is vervolgens de concentratie in de waterfase te berekenen. Met behulp van de concentraties in de waterfase en de gegevens uit tabel 5.4 zijn aan de hand van vergelijking (5.3a) de concentraties in de luchtfase te berekenen. In tabel 5.6 is voor een twintigtal verbindingen de verdeling over de milieucompartimenten weergegeven.

Tabel 5.6 Berekende evenwichtsverdeling van bestrijdingsmiddelen over de verschillende bodemfasen ($f_{oc} = 0,01$ g/g). Deze middelen zijn hier als neutraal beschouwd.

Bestrijdings- middel	H (-)	Kd= Koc* foc	Conc. vaste fase ($\mu\text{g}/\text{kg ds}$)	Conc. water ($\mu\text{g}/\text{l}$)	Conc. lucht ($\mu\text{g}/\text{l}$)
atrazin	$2,5 \cdot 10^{-8}$	1,63	100	61	$1,5 \cdot 10^{-6}$
bromacil	$3,7 \cdot 10^{-9}$	0,72	100	139	$5,1 \cdot 10^{-7}$
bentazon	$< 2,0 \cdot 10^{-9}$	1,43	100	70	$1,4 \cdot 10^{-7}$
carbofuran	$3,1 \cdot 10^{-7}$	0,29	100	344	$1,1 \cdot 10^{-4}$
2,4-D	$5,6 \cdot 10^{-9}$	0,20	100	500	$2,8 \cdot 10^{-6}$
DDT	$2,0 \cdot 10^{-3}$	2431	100	0,04	$8,0 \cdot 10^{-5}$
diazinon	$5,0 \cdot 10^{-5}$	8,5	100	11	$5,5 \cdot 10^{-4}$
dinoseb	$9,3 \cdot 10^{-6}$	5,57	100	18	$1,6 \cdot 10^{-4}$
diëldrin	$6,7 \cdot 10^{-4}$	120,9	100	0,83	$5,6 \cdot 10^{-4}$
diuron	$5,4 \cdot 10^{-8}$	3,83	100	26	$1,4 \cdot 10^{-6}$

Bestrijdings- middel	H (-)	Kd= Koc* foc	Conc. vaste fase ($\mu\text{g}/\text{kg ds}$)	Conc. water ($\mu\text{g}/\text{l}$)	Conc. lucht ($\mu\text{g}/\text{l}$)
EPTC	$5,9 \cdot 10^{-4}$	2,83	100	35	$2,1 \cdot 10^{-2}$
ethoprofos	$6,0 \cdot 10^{-6}$	1,22	100	82	$4,9 \cdot 10^{-4}$
lindaan	$1,3 \cdot 10^{-4}$	13,0	100	8	$1,0 \cdot 10^{-3}$
meth. parathion	$4,4 \cdot 10^{-6}$	51,0	100	2	$8,8 \cdot 10^{-6}$
monuron	$7,6 \cdot 10^{-9}$	1,84	100	50	$3,8 \cdot 10^{-7}$
parathion	$6,1 \cdot 10^{-6}$	106,5	100	0,9	$5,5 \cdot 10^{-6}$
prometryn	$5,6 \cdot 10^{-7}$	6,14	100	16	$9,0 \cdot 10^{-6}$
simazin	$3,4 \cdot 10^{-8}$	1,38	100	72	$2,4 \cdot 10^{-6}$
triallaat	$8,0 \cdot 10^{-4}$	36,0	100	3	$2,4 \cdot 10^{-3}$
trifluralin	$6,7 \cdot 10^{-3}$	73,4	100	1	$9,1 \cdot 10^{-3}$

foc = organische koolstoffractie

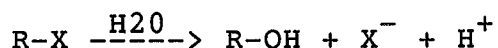
5.3.2 Verdwijningsprocessen

5.3.2.1 Fotolyse

Fotolyse is afbraak onder invloed van (UV-)zonlicht. De mate van afbraak via fotolyse wordt bepaald door de blootstellingstijd, de temperatuur, de golflengte en intensiteit van de straling, de chemische toestand van de verbinding, pH van de oplossing en de aanwezigheid van water, lucht en vooral "fotosensitizers". Onder de laatste term worden verbindingen verstaan die UV licht absorberen en de energie doorgeven aan de bestrijdingsmiddelen. Fotolyse treedt voornamelijk op in oppervlaktewater en de atmosfeer. Daarnaast treedt ook fotolyse op in de bovenste bodemlaag.

5.3.2.2 Hydrolyse

In waterige milieus kunnen bestrijdingsmiddelen gehydrolyseerd worden. Het gaat hierbij veelal om de volgende soort reacties:



Hydrolyse verloopt in de bodem veelal sneller dan in het oppervlaktewater, als gevolg van de katalytische werking van metaaloxiden en organische bestanddelen. Voorbeelden zijn de hydrolyse van malathion, parathion en diazinon. Hydrolyse speelt ook een belangrijke rol bij de afbraak van triazines. De hydrolyse verloopt sneller bij een hoger organisch stofgehalte en een lagere pH. Ook een verhoging van het gehalte aan fulvozuren in de bodemoplossing verhoogt de hydrolysesnelheid (Khan, 1980).

5.3.2.3 Biologische omzetting

Bestrijdingsmiddelen kunnen in andere stoffen worden omgezet; deze omzettingen kunnen al dan niet biologisch worden bevorderd. Het optreden van microbiologische processen kan worden aangetoond door het naast elkaar uitvoeren van experimenten waarbij deze activiteit wel en niet wordt onderdrukt. Van Beelen en Peijnenburg (1989) geven een uitgebreid overzicht van de afbraak van organische stoffen in grondwater. Ten onrechte wordt vaak gesteld dat een verbinding niet milieubelastend is, wanneer deze goed afbreekbaar is. Een bestrijdingsmiddel is alleen dan niet milieubelastend indien het onder alle omstandigheden snel tot minerale stoffen wordt omgezet. In de praktijk worden bij vele omzettingen echter giftige stoffen gevormd die meer of minder persistent kunnen zijn. Vaak zijn de gevormde stoffen meer polair, zodat ze beter oplosbaar zijn en moeilijker zijn aan te tonen. Uit resultaten van het onderzoek op het gebied van in situ sanering van bodem- en grondwaterverontreiniging blijkt dat de omstandigheden voor omzetting zeer specifiek zijn. Factoren die de microbiologische omzetting beïnvloeden zijn: temperatuur, vochtgehalte, zuurgraad (pH), gehalte aan organisch materiaal, redoxpotentiaal (Eh), formulering en concentratie van het bestrijdingsmiddel en combinaties van bestrijdingsmiddelen (Doelman e.a., 1987).

Zolang de omstandigheden voor de betreffende bacteriën niet gunstig zijn of een essentiële (voedings-)stof ontbreekt, zal geen biologische omzetting plaats vinden. Laboratoriumexperimenten worden

gewoonlijk onder optimale omstandigheden uitgevoerd, zoals aangename temperatuur, voldoende zuurstof en hoge concentratie voedingsstoffen. De resultaten van laboratoriumexperimenten zijn daarom vaak moeilijk te vertalen naar veldomstandigheden, ook al omdat in het veld kortsluitstromingen op kunnen treden.

De afbreekbaarheid wordt in het laboratorium vaak door middel van schudproeven bepaald. Hierbij worden veel hogere water-grond verhoudingen gebruikt dan in het veld voorkomen. Uit de afname van de concentratie wordt de DT50 (tijd waarin de helft van de betreffende stof is omgezet) berekend. Echter deze afname behoeft niet alleen door biologische omzetting veroorzaakt te worden, maar kan ook een gevolg zijn van adsorptie onder vorming van "bound residues".

Tot nu toe zijn van slechts enkele middelen omzettingsproducten in grondwater aangetroffen. Het betreft onder andere aldicarb-sulfon en aldicarb-sulfoxide afkomstig van aldicarb, desethylatrazin en desisopropylatrazin van atrazin, ethyleenthioureum (ETU) van maneb en zineb, methylisothiocyanaat (MITC) van metam-natrium, 2,6-dichloorbenzamide (BAM) van dichlobenil en desisopropylatrazin van simazin (Lagas e.a., 1989). De afbraakproducten van 1,3-dichloorpropeen, chloorallylalcohol en chlooracrylzuur, zijn nog niet in het grondwater aangetoond. Hierbij dient opgemerkt te worden dat pas recentelijk een analysemethode voor deze verbindingen ter beschikking is gekomen en dat derhalve nog weinig onderzoeksgegevens beschikbaar zijn.

In tabel 5.8 zijn voor een aantal middelen de bijbehorende afbraakproducten weergegeven.

Tabel 5.8 Afbraakproducten van een aantal bestrijdingsmiddelen. (BGA, 1989. Lagas e.a., 1989).

Bestrijdingsmiddel	Afbraakproduct(-en)
alachloor (*)	2,6-diethylaniline
aldicarb	aldicarb-sulfon, aldicarb-sulfoxide
anilazin	2-chlooraniline, dichloor-s-triazine
atrazin	desethylatrazin, desisopropylatrazin

Bestrijdingsmiddel	Afbraakproduct(-en)
bentazon	anthranilzuur-isopropyl-amide
chloortoluron (*)	4-amino,2-chloortolueen
2,4-D	2,4-dichloorfenol
dibroomchloorpropaan	2-broomacroleïne, epichloorhydrine
dichlobenil	2,6-dichloorbenzamide (BAM)
1,3-dichloorpropeen	chloorallylalcohol, chlooracrylzuur
dithiocarbamaten (maneb)	ethyleenthiourem (ETU)
DNOC (*)	diamino-o-cresol
lindaan	cyclohexeen
linuron (*)	3,4-dichlooraniline
MCPA (*)	2-methyl,4-chloorfenol
metam-natrium	methylisothiocyanaat (MITC)
metazachloor (*)	2,6-dimethylaniline
metobromuron (*)	p-broomaniline
metoxuron (*)	3-chloor-methoxyaniline
monuron (*)	p-chlooraniline
pendimethalin (*)	nitroaminoaromaten
propazin	desethylatrazin
pyridaat	3-fenyl-4-hydroxy-6-chloorpyridazin
simazin	desisopropylatrazin
terbutylazin	desethylterbutylazin
trifluralin (*)	nitroaromaten, aminoaromaten

* : niet aangetoonde, maar op grond van theoretische overwegingen te verwachten afbraakproducten.

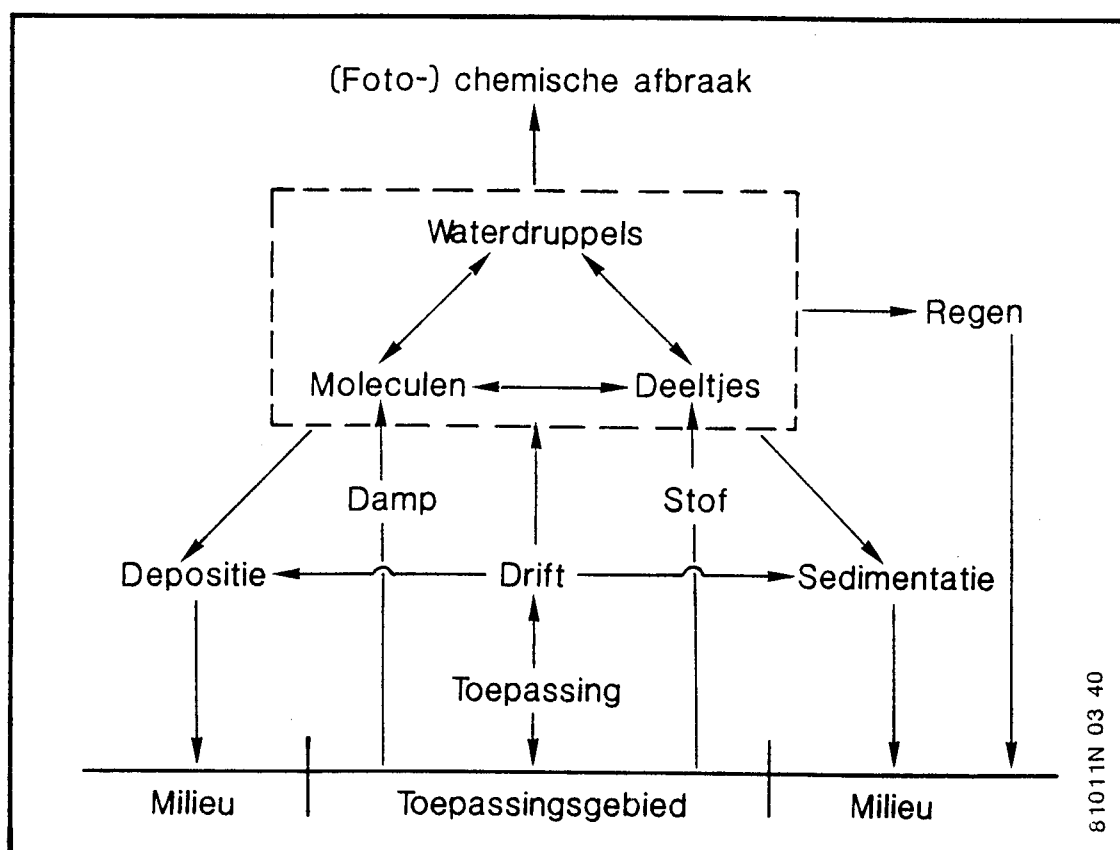
De in de literatuur gepubliceerde waarden voor de halfwaarde tijd, DT50, variëren voor de verschillende bestrijdingsmiddelen zeer, van dagen tot jaren. In volgende paragrafen waar persistentie aan de orde komt, zullen gepubliceerde waarden worden weergegeven. De aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen in het onttrokken grondwater impliceert, vanwege de langzame stroming van dat water, een halfwaarde tijd in de orde van grootte van jaren voor die middelen.

5.4 Gedrag van bestrijdingsmiddelen in het milieu

5.4.1 Atmosfeer

Bij toepassing van bestrijdingsmiddelen zal een deel van de gedoseerde hoeveelheid als gevolg van verwaaiing in de atmosfeer terecht komen. Bovendien kunnen bestrijdingsmiddelen nadat ze op de bodem zijn gebracht als gevolg van verdamping in de atmosfeer terechtkomen.

Eenmaal in de atmosfeer kan een bestrijdingsmiddel adsorberen aan stofdeeltjes of oplossen in regendruppels. Vervolgens wordt het bestrijdingsmiddel (foto-)chemisch afgebroken of komt weer op het aardoppervlak terecht als gevolg van depositie. Een en ander is weergegeven in figuur 5.6.



Figuur 5.6 Routes van bestrijdingsmiddelen in de atmosfeer

De depositielocatie kan als gevolg van luchttransport op grote afstand liggen van de oorspronkelijke locatie waar het bestrijdingsmiddel in de atmosfeer is terecht gekomen. In hoeverre een bestrijdingsmiddel in de atmosfeer wordt afgebroken hangt in hoge mate af van de tijd gedurende welke het bestrijdingsmiddel zich in de atmosfeer bevindt. Aan vaste deeltjes geadsorbeerde bestrijdingsmiddelen zullen veel sneller via depositie op de aarde terecht komen dan bestrijdingsmiddelen welke in de atmosfeer in de gasfase voorkomen. Een kortere verblijftijd in de atmosfeer betekent een kortere beschikbare tijd voor de afbraak van de betreffende bestrijdingsmiddelen .

Aan de afbraak van bestrijdingsmiddelen is in de literatuur veel aandacht besteed. In hoeverre deze kennis ook toepasbaar is op de afbraak in de atmosfeer is onduidelijk. De belangrijkste energiebron is het zonlicht. In tegenstelling tot verbindingen die zich in de bodem of oppervlaktewater bevinden, zijn bestrijdingsmiddelen in de atmosfeer volledig blootgesteld aan het zonlicht. Dit betekent dat fotochemische afbraak van groot belang is. Voorbeelden zijn de afbraak van trifluralin (Sonderquist, 1975), DDT en parathion (Moilanen, 1975). Hierbij dient wel opgemerkt te worden dat het in veel gevallen niet om een volledige afbraak gaat en dat de afbraakproducten toxicologisch net zo relevant kunnen zijn als de uitgangproducten. Naast fotochemische afbraak kan ook de afbraak door middel van oxydatie met bijvoorbeeld ozon en hydroxy- of peroxyradicalen een rol spelen.

Richards e.a. (1987) onderzochten het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in regenwater in het noordoosten van de Verenigde Staten. De door hen gevonden concentraties lagen ruim boven de tot dan toe in de literatuur gerapporteerde waarden. Een aantal resultaten zijn opgenomen in tabel 5.9.

Tabel 5.9 Voorkomen van bestrijdingsmiddelen in regenwater in het noordoosten van de Verenigde Staten. Maximum concentraties in $\mu\text{g}/\text{l}$. (Richards e.a., 1987).

Bestrijdingsmiddel	Maximumconcentratie ($\mu\text{g}/\text{l}$)
Atrazin	1,5
Cyanazin	0,4
Simazin	0,1-0,5
Metribuzin	0,1
Alachloor	6,0
Metolachloor	2,6

Het voorkomen van deze bestrijdingsmiddelen is sterk seizoensafhankelijk. De maximum concentraties werden in de maand mei gemeten. De concentraties namen vervolgens af tot onder de detectiegrens in de maand augustus. In de herfst en winter werden geen verhoogde concentraties waargenomen. Een en ander is te verklaren op grond van tijdstip van toepassing van de bestrijdingsmiddelen (half tot eind mei).

Door het RIVM (Van Zoonen e.a., 1989) is in de periode mei tot en met oktober 1988 onderzoek uitgevoerd naar het voorkomen van bentazon, atrazin, simazin, metolachloor en metazachloor in regenwater in Nederland. In deze periode zijn op zes verschillende locaties in totaal 34 monsters onderzocht. Uit de resultaten blijkt dat in meer dan de helft van de monsters geen concentratie boven de analysegrens voor genoemde verbindingen is aangetoond. Voor bentazon, atrazin en simazin werden in respectievelijk 2, 1 en 6 monsters concentraties boven de $0,1 \mu\text{g}/\text{l}$ gemeten. De hoogste concentraties werden gemeten in mei, juni en juli.

Glutfelty e.a. (1987) hebben onderzoek verricht naar het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in mist. In dit onderzoek werden de concentraties aan bestrijdingsmiddelen zowel in de gasfase als in de

waterfase gemeten. Uit de resultaten blijkt dat de gevonden concentraties in de mistdruppels (waterfase) tot factoren honderd hoger liggen dan op grond van de wet van Henry verwacht mag worden. Enige resultaten zijn weergegeven in tabel 5.10.

Tabel 5.10 Concentraties bestrijdingsmiddelen in mistdruppels en gasfase in $\mu\text{g/l}$ (Glotfelty e.a., 1987).

Bestrijdings- middel	Concentratie		D	H lit	E
	Mistdruppel	Gasfase			
Atrazin	0,82	3,4	4,1	0,2	0,05
Parathion	12,4	3,3	0,25	9,5	38
Diazinon	16,6	2,2	0,12	60	500
Alachloor	1,45	<0,4	<0,3	1,3	>4
Chloorpyrifos	1,02	3,3	3,2	500	156
Pendimethalin	1,37	0,64	0,47	1500	3200

H lit: Henry coëfficiënt volgens literatuuropgave

D : concentratie gas/concentratie in mist

E : verrijdingsfactor = H/D

Een mogelijke verklaring voor de hoge concentraties in mist is de aanwezigheid van andere organische verbindingen, colloïdale deeltjes en oppervlakte actieve stoffen in de mistdeeltjes, die de oplosbaarheid van bestrijdingsmiddelen zouden kunnen vergroten.

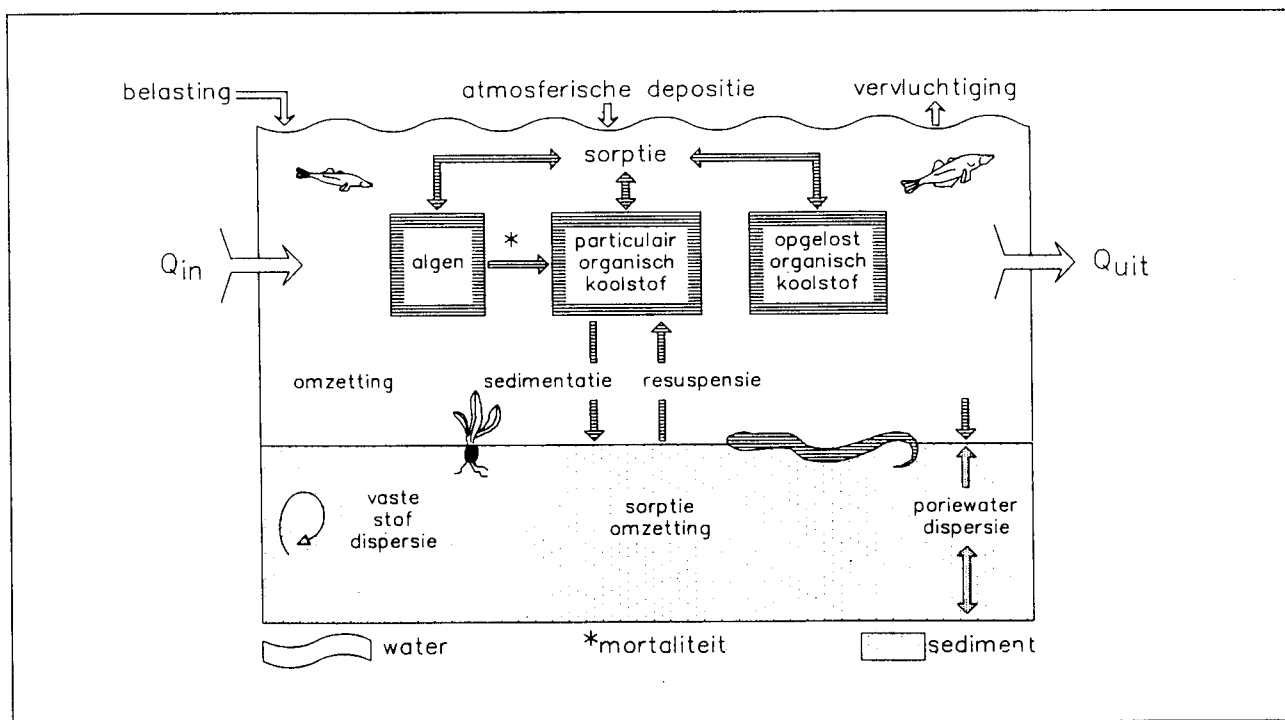
5.4.2 Oppervlaktewater en waterbodem

Zoals beschreven in hoofdstuk 3 kunnen bestrijdingsmiddelen op verschillende manieren in het oppervlaktewater terecht komen. Eenmaal in het oppervlaktewater aanwezig zijn bestrijdingsmiddelen onderhevig aan verschillende processen : advectief transport, afbraakprocessen en verdelingsprocessen. Deze processen zijn reeds besproken in 5.3.

Of een bestrijdingsmiddel ook daadwerkelijk het innamepunt van een waterleidingbedrijf bereikt hangt af van:

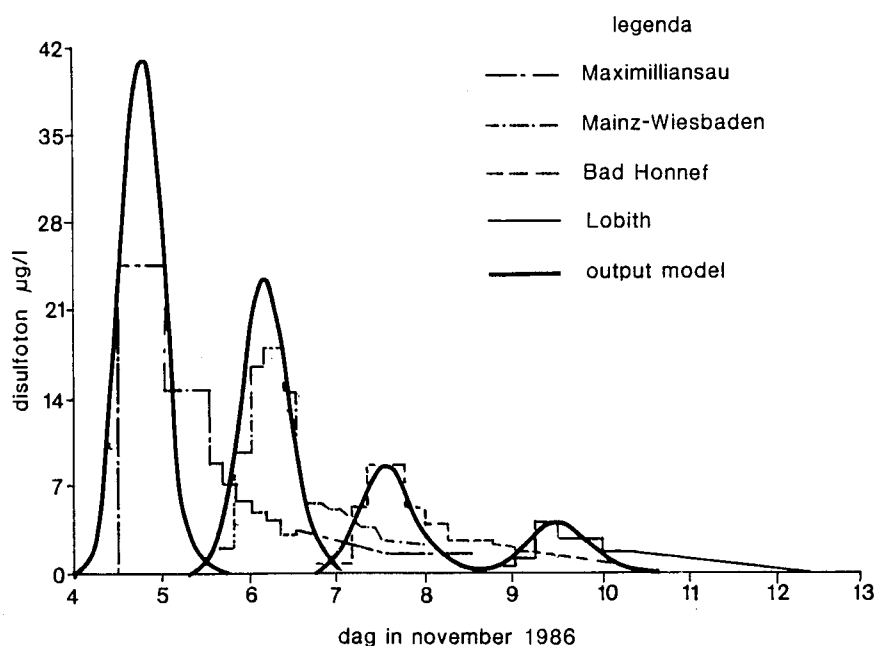
- de concentratie bij het lozingspunt
- de afstand tussen emissiepunt en innamepunt
- de stroomsnelheid van het oppervlaktewater
- de snelheid waarmee een bestrijdingsmiddel wordt afgebroken
- de mate waarin het bestrijdingsmiddel uit de waterfase verdwijnt als gevolg van de verdelingsprocessen

Met name de laatste twee punten zijn sterk afhankelijk van de fysisch-chemische eigenschappen van het bestrijdingsmiddel en de milieuomstandigheden ter plaatse. Om kwantitatieve uitspraken te kunnen doen over het gedrag en de verspreiding van milieuvreemde stoffen wordt door verschillende onderzoekers gebruik gemaakt van modellen. Door het Waterloopkundig Laboratorium en DBW/RIZA is het model IMPACQT ontwikkeld (Bruggeman, 1989). Met behulp van dit model wordt, uitgaande van een bepaalde emissie van een verbinding in een systeem, de concentratie in de verschillende systeemcompartimenten als functie van de tijd berekend. In figuur 5.7 zijn de verschillende processen weergegeven die in dit model zijn opgenomen.



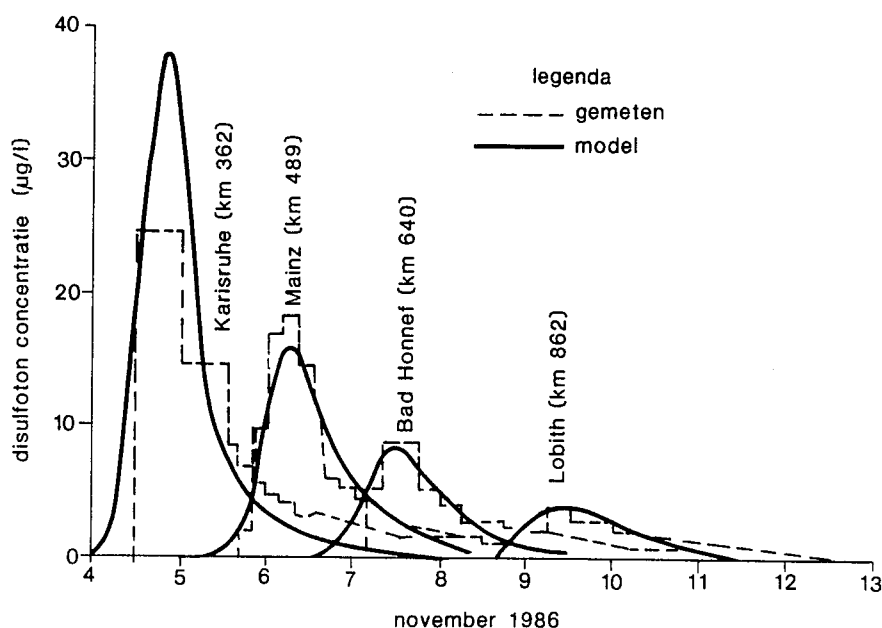
Figuur 5.7 Processen in het model IMPACQT (Bruggeman, 1989)

In een onderzoek van Mossman e.a. (1988) is met behulp van een 1-dimensionaal transportmodel het Sandoz ongeval van november 1986 gesimuleerd. Voor verschillende verbindingen is het, met behulp van dit model berekende concentratieverloop in de Rijn, vergeleken met de gemeten waarden. In figuur 5.8 is dit weergegeven voor disulfoton.



Figuur 5.8 Concentratieverloop disulfoton in de Rijn na Sandoz calamiteit volgens Mossman e.a. (1988)

Uit de figuur blijkt dat het model een goede beschrijving van de experimentele data geeft, met uitzondering van het naijleffect. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat geen rekening is gehouden met een stagnante waterfase. Deze stagnante waterfase wordt in eerste instantie opgeladen met de verontreiniging. Doordat het transport in deze fase diffusie gecontroleerd verloopt, zal de verontreiniging slechts langzaam vanuit de stagnante fase weer in het oppervlaktewater terecht komen. Hoewel de grote bulk aan verontreiniging dan reeds gepasseerd is zal er nog lange tijd een verhoogde concentratie te zien zijn. In een door Capel e.a. (1988) ontwikkeld model wordt hiermee wel rekening gehouden. De resultaten van deze simulatie zijn weergegeven in figuur 5.9.



Figuur 5.9 Concentratieverloop disulfoton na Sandoz calamiteit volgens Capel e.a. (1988)

Tevens is getracht om voor de 20 bestrijdingsmiddelen die bij dit ongeval in de Rijn terecht zijn gekomen, gedrag en verspreiding van deze bestrijdingsmiddelen vast te stellen. Een aantal bestrijdingsmiddelen, waaronder dichloorvos (halfwaarde tijd voor hydrolyse van 6 uur bij de heersende pH in de Rijn, 7,4) waren vrijwel meteen verdwenen uit het oppervlaktewater. Andere bestrijdingsmiddelen, waaronder oxadixyl, werden met een nagenoeg constante concentratie over de gehele lengte van de rivier afgevoerd. Het snelste afbraakproces voor oxadixyl is hydrolyse (halfwaardetijd > 400 dagen), terwijl de reistijd van het water in de Rijn tussen Basel en de Noordzee ongeveer 12 dagen bedraagt. De organofosfor bestrijdingsmiddelen werden in significante hoeveelheden afgebroken.

5.4.3 Bodem

Onder de bodem wordt hier het gedeelte van de aardkorst verstaan tussen maaiveld en grondwaterspiegel. De bodem bestaat derhalve uit

de wortelzone, waarbij bij een diepe grondwaterspiegel nog een overgangslaag aanwezig is.

Vaak wordt de bodem, gemakshalve en eenvoudigheidshalve, als volledig homogeen verondersteld. De werkelijkheid is anders: de bodem is zowel in horizontale als in verticale richting heterogeen. Deze verschillen worden op bodemkaarten weergegeven. Ook op kleinere schaal is deze heterogeniteit aanwezig. Zo wordt voor de karakterisering van de bodemvruchtbaarheidstoestand van een landbouwperceel een mengmonster samengesteld uit 40 grondmonsters. Op nog kleinere schaal blijkt deze heterogeniteit uit de aanwezigheid van wortel- en diergangen in de bodem en de aanwezigheid van scheuren in kleigronden gedurende drogere perioden. Een homogene bodem wordt waarschijnlijk nog het dichtst benaderd door een (tot op grote diepte geroerde) bloembollengrond.

Het spreekt vanzelf dat deze heterogeniteiten de beweging van (regen)water vanaf maaiveld naar de grondwaterspiegel zeer sterk beïnvloeden. Zo zal men in geval van een kleigrond weinig beducht zijn voor verontreiniging van het grondwater. Maar indien scheuren aanwezig zijn zal bij toepassing juist voor een zware bui een gedeelte direct naar het grondwater uitspoelen (Staringcentrum, 1989). Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn bij het doodspuiten van loof van pootaardappelen.

Echter ook in situaties waarin geen scheuren of wortel- of diergangen aanwezig zijn, kunnen voorkeursstromen in de bodem optreden (DLO, 1989). Dit kan gebeuren door de vorming van vingers bij een bevochtigingsfront in een bodem waarin kleine verschillen in hydraulische doorlatendheid aanwezig zijn of de aanwezigheid van waterafstotende delen (van Ommen, 1988), of bij textuurovergangen (Glass e.a., 1989).

Het gevolg hiervan is dat het insijpelend (regen)water met de daarin opgeloste bestrijdingsmiddelen niet met de volledige bodem in (intensief) contact komt en sneller het grondwater zal bereiken dan bij volledige bevochtiging.

In voorgaande paragrafen zijn enige orden van grootte aangegeven met betrekking tot onder andere adsorptie en biologische omzetting. Deze informatie is veelal afkomstig van laboratoriumexperimenten. Uit voorgaande moge duidelijk zijn dat deze informatie moeilijk naar

veldomstandigheden is over te dragen en te interpreteren. Dit is ook een gevolg van het feit dat laboratorium experimenten vaak bij 20°C worden uitgevoerd, terwijl de bodemtemperatuur gemiddeld 10°C bedraagt.

Uit veldonderzoek blijkt ook de heterogeniteit van de bodem met betrekking tot onder andere adsorptie. Naast een gemiddelde waarde van de adsorptie dienen ook uiterste waarden bekend te zijn, aangezien daaruit zou kunnen blijken dat bestrijdingsmiddelen gemiddeld het grondwater niet zouden kunnen bereiken, maar het op een gedeelte van een perceel wel bereiken. Met betrekking tot fosfaat toonde Van der Zee (1988) aan dat de ruimtelijke variatie resulteerde in een snellere doorbraak naar het grondwater. Loaque e.a. (1989) laten de onzekerheid in de transportsnelheid van, in dat geval diuron, zien zoals die wordt beïnvloed door de variatie in bodemeigenschappen. Elabd e.a. (1986) vergeleken de adsorptie distributie coëfficiënt bepaald na doorstroming en na schudden van grondmonsters. Hoewel de beide gemiddelden vergelijkbaar waren, was er geen verband tussen beide methoden per monsterpunt.

Rao e.a. (1986) maken onderscheid tussen intrinsieke (variatie in bodemgesteldheid) en extrinsieke factoren (variatie ten gevolge van spuitmethode en cultuurmaatregelen) met betrekking tot ruimtelijke variatie. In hun onderzoek blijken verschillen in gehalten van bestrijdingsmiddelen in de bodem voornamelijk bepaald te worden door extrinsieke factoren.

5.4.4 Grondwater

De ruimtelijke variatie in chemische samenstelling van het grondwater is, ook op korte afstand, enorm. In geologisch oude infiltratiegebieden bevat het grondwater tot op grote diepte zuurstof, zoals op de Veluwe, terwijl in Noord Holland op geringe diepte moerasgas (methaan, kenmerkend voor het meest zuurstofloze milieu) als energiebron wordt gewonnen. Zoals reeds vermeld heeft de chemische samenstelling van het grondwater grote invloed op omzettingsprocessen.

De stroming van grondwater gebeurt voornamelijk door zandpakketten. Reactieve componenten zoals klei, organisch materiaal, kalk etc. komen niet homogeen verspreid in het watervoerend pakket voor, maar in de vorm van lagen, zoals klei en veen, of pleksgewijze, zoals schelpen, concreties en verspoeld hout. Water kiest de weg van de minste weerstand, d.w.z. het zal langs de lagen of plekken met reactieve stoffen stromen en niet er door. Dit heeft tot gevolg dat bij voorbeeld het effect van adsorptie op het transport van bestrijdingsmiddelen geringer zal zijn dan op basis van het gehalte humus mogelijk verwacht zou worden.

Grondwater is zeer arm aan voedingsstoffen voor bacteriën, biologische omzetting zal dan ook zeer gering zijn, ook al omdat de temperatuur van het grondwater 10°C bedraagt. Resultaten van laboratoriumexperimenten, uitgevoerd bij 20°C, waaraan ook voedingsstoffen zijn toegevoegd, zijn dan ook niet of nauwelijks naar het veld over te dragen.

Grondwater is geochemisch te karakteriseren met behulp van zuurgraad (pH), redoxpotentiaal (Eh), aanwezigheid van (sporen) elementen etc. Het is bekend dat sommige organische stoffen praktisch altijd worden omgezet, bijvoorbeeld suiker, en andere organische stoffen in een zeer klein nauw begreemd gebied. Het spreekt vanzelf dat hoe nauwer deze milieuomstandigheden begrensd zijn, des te wisselvalliger het voorkomen van het betreffende bestrijdingsmiddel in grondwater zal zijn, nog eens gecompliceerd door het al of niet in voldoende mate aanwezig zijn van voedingsstoffen.

Al deze complicaties, samen met andere aspecten zoals het ontbreken van analysemethoden voor een groot aantal bestrijdingsmiddelen en metaboliëten, hebben tot gevolg gehad dat er maar weinig resultaten van veldonderzoek (monitoring) zijn (Cohen e.a., 1984).

5.5 Computersimulaties

In de literatuur worden verschillende computermodellen vermeld om het transport van bestrijdingsmiddelen naar het grondwater te beschrijven. Geciteerde modellen zijn onder andere het Pesticide Root Zone Model (PRZM, Carsel e.a., 1985) en in de literatuur gepubliceerde modellen onder andere van Boesten (1986). Uit voorgaande mag

blijken dat deze modellen geen voorspellende waarde kunnen hebben, aangezien zij geen rekening kunnen houden met onder andere de heterogeniteit van de bodem. Deze computersimulaties hebben veeleer een verklarende functie, om na te gaan of de onderliggende processen voldoende worden begrepen. Zo had Boesten (1986) een traag adsorptieproces nodig om de berekende concentratieverdeling in overeenstemming te brengen met gemeten verdelingen. Computermodellen kunnen wel worden gebruikt om het gedrag van bestrijdingsmiddelen te vergelijken (Van der Linden en Boesten, 1989).

Voor de beschrijving van het transport van bestrijdingsmiddelen in grondwater heeft Peters (1985) een eenvoudig programma geschreven dat rekening houdt met de fractie van het oppervlak waar het middel wordt toegepast en met het optreden van adsorptie en biodegradatie. Om informatie over een stochastische verdeling te verkrijgen varieerden Villeneuve e.a. (1988) de waarden voor de omzettings- en adsorptiecoëfficiënt 15 tot 24 % en rekenden dit voor aldicarb door met het PRZM. Dit resulteerde in een spreiding van 100 % in de hoeveelheid aldicarb die de wortelzone verliet.

5.6 Milieucriteria voor bestrijdingsmiddelen

Om aan te geven in hoeverre een bestrijdingsmiddel een bedreiging vormt voor het milieu zijn milieucriteria opgesteld voor grondwater, oppervlaktewater en oevergrondwater.

5.6.1 Grondwater

Het spreekt vanzelf dat de kans dat een bestrijdingsmiddel het grondwater bereikt afhankelijk is van eigenschappen van het middel, eigenschappen van de bodem, de toepassingsmethode van het middel/teelt van het gewas en de klimatologische omstandigheden na toepassing van het middel. Milieucriteria zijn gepubliceerd door Cohen e.a. (1984) en door de Tweede Kamer (1989) en zijn samengevat in tabel 5.11.

Tabel 5.11 Milieucriteria van belang bij de beoordeling van bestrijdingsmiddelen met betrekking tot het bereiken van het grondwater.

Bestrijdingsmiddelen zullen het grondwater bereiken indien:

(Cohen e.a., 1984)

Tweede Kamer

(EPA, 1986)

21012-2 (1989)

Eigenschappen van bestrijdingsmiddelen

Oplosbaarheid	> 30 mg/l	
Kd	< 5 gewoonlijk < 1 a 2	
Koc	< 300 a 500	
H constante	< 0,01 atm.m ³ /mol	
Speciatie	negatieve lading bij aanwezige pH	
Hydrolyse	DT50 > 25 weken	
Fotolyse	DT50 > 1 week	
Omzetting	DT50 > 2 à 3 weken	DT50 > 1 à 2 mnd.

Kenmerken van bodems/klimaat

Nuttige neerslag	> 250 mm/j
Kwetsbaarheid	lichte gronden
Kenmerk	aanwezigheid van nitraat
Watervoerend pakket	geen afdekkende laag
pH	stabiele situatie

Wijze van toepassing en teeltverzorging
niet nader aangegeven

Bestrijdingsmiddelen, waarvan één van de eigenschappen deze criteria overschrijdt, verdienen zeker verdere aandacht. In de Tweede Kamer-notitie worden hieronder ook de middelen verstaan, die als gevolg van uitspoeling in het grondwater in concentraties > 0,1 µg/l kunnen

worden aangetroffen. Hierbij is ook de bodemgesteldheid en wijze van toepassing en teeltverzorging van belang. Hierop zal nader worden ingegaan in hoofdstuk 6.

5.6.2 Oppervlaktewater

Ten behoeve van een prioriteitsstelling zijn, vrij arbitrair, waarden gehanteerd, waarbij wordt aangenomen dat een bestrijdingsmiddel geen bedreiging vormt voor het oppervlaktewater, met het oog op de drinkwatervoorziening uit de Rijn en de Maas. Deze waarden zijn opgenomen in tabel 5.12.

Tabel 5.12 Waarden voor eigenschappen en afbraak van bestrijdingsmiddelen, waarbij wordt aangenomen dat geen bedreiging bestaat voor het drinkwater dat wordt bereid uit oppervlaktewater.

Oplosbaarheid	< 5 mg/l
DT 50 (*)	< 1 week
Maximale dampspanning	< 1 kPa

* : halfwaardetijd voor de som van de verdwijningsprocessen

5.6.3 Oevergrondwater

Om tot een selectie van de meest bedreigende stoffen voor het in Nederland gewonnen oevergrondwater te komen, is in hoofdstuk 6 gebruik gemaakt van de in tabel 5.13 opgenomen arbitraire waarden voor oplosbaarheid en afbraak.

Tabel 5.13 Toegepaste criteria voor bestrijdingsmiddelen en oevergrondwater.

Oplosbaarheid	>30 mg/l
DT 50 (*)	>1 week

* : halfwaardetijd voor de som van de verdwijningsreacties

5.7 Bestrijdingsmiddelen, gerangschikt naar mobiliteit en persistentie

In de tabellen 5.14 en 5.15 zijn een aantal bestrijdingsmiddelen weergegeven die een relatief hoge mobiliteit hebben. Bij deze selectie is gebruik gemaakt van oplosbaarheidsgegevens en is uitgegaan van alle middelen die in Nederland kunnen worden aangetroffen. Hierbij moet aangetekend worden dat gebruik van deze klassificatie met name mogelijk is voor neutrale middelen. De kationische verbindingen hebben ondanks een hoge oplosbaarheid een lage mobiliteit in de bodem. Voor basische verbindingen geldt dat de mobiliteit sterk bepaald wordt door de heersende pH. Zure bestrijdingsmiddelen hebben over het algemeen een grote mobiliteit (ook afhankelijk van de pH) als gevolg van de negatieve lading van deze middelen. Tevens is in genoemde tabellen aangegeven wat de halfwaardetijd van deze verbindingen is.

Tabel 5.14 Bestrijdingsmiddelen met een oplosbaarheid groter dan 100.000 mg/l, met bijbehorende halfwaardetijd voor aerobe afbraak, DT50.

Bestrijdingsmiddel	Oplosbaarheid (mg/l)	DT50 (aeroob) (dagen)
acefaat	790000	
alloxydim-Na (v)	2000000	
amitrol	280000	14-28
butoxycarboxim	209000	
dalapon	500000	1,5-21
daminozide	500000	
dikegulac-Na	x	>180
endothal-Na	100000	14
ethefon	1000000	
fosfamidon	x	7-28
formaline	550000	<1
metam-Na	772000	0,25

Bestrijdingsmiddel	Oplosbaarheid (mg/l)	DT50 (aeroob) (dagen)
methamidofos	x	
mevinfos	x	<0,5
monocrotofos	x	
omethoaat	x	<14
oxadixyl	x	
oxydemeton-methyl	x	
oxamyl	280000	4-40
propamocarb	500000	21-28
TCA	x	9-45
trichloorfon	154000	<7
vamidotion	x	

x: oplosbaarheid groter dan 1 kg/l.

Tabel 5.15 Bestrijdingsmiddelen met een oplosbaarheid kleiner dan 100.000 mg/l, maar groter dan 500 mg/l.

Bestrijdingsmiddel	Oplosbaarheid (mg/l)	DT50 (aeroob) (dagen)
aldicarb	6000	7-2431
ancymidol	650	
asulam	5000	2-50
azamethifos	1100	
benazolin	600	
bentazon	500	14-60
bromacil	815	>180
butocarboxim	35000	
carbeetamide	3500	<30
carbofuran	700	21-80
chloorbufam	540	
chloorthiamide	950	<7

Bestrijdingsmiddel	Oplosbaarheid (mg/l)	DT50 (aeroob) (dagen)
crimidine	9360	
cymoxanil	1000	3-14
cyprofuram	574	
2,4-D	620	2-32
dazomet	3000	<1
demeton-S-methyl (v)	3300	
demeton-S-methylsulfon	3300	
desmetryn	580	
dicamba	6500	14
1,3-dichloorpropeen	1000	3-45
dimethoaat	25000	4-14
dinoseb-acetaat (v)	2200	7-180
ethidimuron	3000	
ethiofencarb	1900	14
ethoprosfos	700	12-198
fenaminsulf	40000	
fenylkwikacetaat	4370	
o-fenylfenol	700	
formothion	2600	14
glyfosaat	12000	<60
heptenofos	2200	
hexazinon	33000	30-360
hymexazool	85000	
imazalil	1400	120-150
maleïnehydrazide	6000	7-42
MCPA	825	5-50
mecoprop	620	7-28
metalaxyl	7100	35-180
metamitron	1820	11-50
MITC	7600	0,5-21
metolachloor	530	26-100
metoxuron	678	10-30

Bestrijdingsmiddel	Oplosbaarheid (mg/l)	DT50 (aeroob) (dagen)
metribuzin	1200	7-112
monolinuron	735	
pirimicarb	2700	7
propachloor	613	2-7
propoxur	2000	<1
sethoxydim	4700	
thiocyclam- hydrogeen-oxalaat	84000	
thiofanox	5200	1
tolyfluanide	4000	
vinchlozolin	1000	24-45

5.8 Conclusies

Om verschillende redenen is het niet eenvoudig om criteria op te stellen ten aanzien van het gedrag van bestrijdingsmiddelen in de bodem:

- er is een grote variatie in de waarden van de eigenschappen van bestrijdingsmiddelen en in de eigenschappen van bodem en grondwater.
- eigenschappen van bestrijdingsmiddelen zijn veelal onder laboratoriumomstandigheden bepaald. De resultaten van deze onderzoeken zijn vaak moeilijk naar veldsituaties te vertalen.
- de bodem vormt een driedimensionaal heterogeen systeem. Hiermee moet met de karakterisering van de bodemeigenschappen rekening worden gehouden.
- in de bodem kunnen kortsluitstromingen optreden, waardoor insijpend (regen)water sneller het grondwater kan bereiken dan verwacht zou worden op grond van een uniforme stroming.
- reactieve componenten, zoals klei, veen, kalk, ijzer-, mangaan- en aluminiumoxyden en organisch materiaal komen in watervoerende pakketten vaak in lagen of in concreties voor. Het grondwater zal

hier langs, in plaats van door, stromen. In dit laatste geval hebben reactieve componenten dus weinig betekenis voor het transportgedrag.

- de omzetting van bestrijdingsmiddelen wordt vaak onder laboratoriumomstandigheden bepaald. De situatie in het veld wijkt hier vaak zeer van af: temperatuur en aanwezigheid van (voedings-) stoffen, water en zuurstof. Zolang deze omstandigheden niet in computerprogramma's worden beschreven, hebben deze programma's een geringe voorspellende waarde. Deze programma's zijn wel zinvol om het gedrag van bestrijdingsmiddelen onderling te kunnen vergelijken.

Als gevolg van verwaaiing en verdamping komen grote hoeveelheden bestrijdingsmiddelen bij toepassing in de atmosfeer terecht. Dit kan leiden tot achtergrondconcentraties van enige microgrammen bestrijdingsmiddelen per liter lucht.

In mistdruppels kan de concentratie aan bestrijdingsmiddelen tot factoren 100 hoger liggen dan op grond van de wet van Henry en de concentraties in de gasfase verwacht mag worden.

Afhankelijk van de afbreekbaarheid en de fysisch-chemische eigenschappen van een bestrijdingsmiddel zal deze, bij emissie naar de Rijn als gevolg van lozing of landbouwkundig gebruik, terecht komen in het water dat als grondstof voor de drinkwaterproductie in Nederland wordt gebruikt.

De mobiliteit in het milieu van een bestrijdingsmiddel kan redelijk goed worden benaderd met de waarde voor de oplosbaarheid in water (S). Dit geldt niet voor middelen die bij de heersende pH voorkomen als kation. Met behulp van gegevens over de Kow en de oplosbaarheid (S) van 72 bestrijdingsmiddelen is de volgende relatie af te leiden tussen Kow en S (in mg/l):

$$\log Kow = -0,66(\pm 0,07) * \log S + 3,69(\pm 0,18) \quad (r^2 = 0,72)$$

Voor 164 bestrijdingsmiddelen die in Nederland worden gebruikt en/of worden geproduceerd langs de Rijn geldt dat ze een oplosbaarheid in water hebben groter dan 25 mg/l (ter vergelijking atrazin 28 mg/l). Voor 77 van deze bestrijdingsmiddelen geldt dat ze een oplosbaarheid hebben die groter is dan de oplosbaarheid van bentazon (500 mg/l).

Het transport van een, als gevolg van een calamiteit, in de Rijn geraakte hoeveelheid bestrijdingsmiddelen is met behulp van transportmodellen goed te beschrijven/voorspellen.

Voor oppervlaktewater en oevergrondwater is het niet mogelijk voor alle situaties geldende veilige criteria op te stellen waaraan eigenschappen van middelen moeten voldoen. De gehanteerde criteria voor een verdere prioriteitsstelling van middelen in oppervlaktewater en oevergrondwater betekenen niet dat middelen die sneller afbreken of minder mobiel zijn geen bedreiging kunnen vormen. Dit geldt met name bij afwezigheid van een voorraadbuffer of bij oevergrondwaterwinningen dichtbij de rivieren.

5.9 Literatuur

- BALDAUF, G.: 1986. Einfluss natürlicher organischer Wasserinhaltsstoffe auf die Adsorption von Spurenstoffen in Aktivkohlfiltern. Vom Wasser, 67. Band, 1986.
- BEELEN, P. VAN, PEIJNENBURG, W.J.G.M.: 1989. De afbraak van organische stoffen in het grondwater. RIVM, rapport nr. 718604002, Bilthoven.
- BGA (Bundesgesundheitsamt): 1986. Empfehlung des Bundesgesundheitsamtes zum Vollzug der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) vom 22 Mai 1986, Bundesgesundheitsblatt 32(7)290-295.
- BOESTEN, J.J.T.I.: 1986. Behaviour of herbicides in soil: simulation and experimental assessment. Dissertatie Wageningen, 263 p.
- BRUGGEMAN, W.A., VRIES, D.J., & VRIES, M.B., DE: 1989. Modelling van organische microverontreinigingen in oppervlaktewater, sediment en aquatische organismen. H₂O, (22) 1989, nr 7, 204-211.
- CAPEL P.D., GIGER W., REICHERT, P. & WANNER, O.: 1988. Accidental input of pesticides into the Rhine river. Env. Sci. and Techn., 22(9)992-997.
- CARSEL. R.F., MULKEY, L.A., LORBER, M.N., BASKIN, L.B.: 1985. The Pesticide Root Zone Model (PRZM), a procedure for evaluating pesticide leaching threats to groundwater. Ecol Model 30, 49-69.
- COHEN, S.Z., GREEGER S.M., CARSEL R.F., ENFIELD, C.G.: 1984. Potential pesticide contamination of groundwater from agricultural uses. In : Treatment and disposal of pesticide wastes. ACS Symp Series, p 297-325, ACS Washington DC.
- DOELMAN P., FREDRIX M., SCHMIERMANN, H.: 1987. Microbiologische afbraakprocessen als saneringsmethode van met bestrijdingsmiddelen verontreinigde gronden. RIN rapport 87/RIN, Arnhem, 100 p.
- DLO (Dienst Landbouwkundig Onderzoek): 1989. Landbouwkundig onderzoek in beweging, momentopname: 1988. Wageningen, 52p.
- ELABD, H., JURY, W.A., CLIATH, M.M.: 1986. Spatial variability of pesticide adsorption parameters, Env. Sci. and Techn. 20(3)256-260.

- FRIMMEL, F.H.: 1989. Verhalten von Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmitteln in der Umwelt. In: Pflanzenschutzmittel in Wasser. DVGW Schriftenreihe Wasser Nr. 65, DVGW, Eschborn, BRD.
- GLASS, R.J., OOSTING G.H., STEENHUIS, T.S.: 1989. Preferential solute transport in layered homogeneous sands as a consequence of wetting front instability, J. Hydr. 110(1/2) 87-105.
- GLOTFELTY D.E., SEIBER, J.N. & LILJEDAHN, L.A.: 1987. Pesticides in fog. Nature, vol.325 12 february 1987.
- HOEKSTRA, R., REE, K: 1989. Het vergeten luchtje van de grondontsmetting. Noorderbreedte, 13, 60-62.
- HOPMAN, R.: 1990. Inventarisatie van mogelijkheden voor de verwijdering van bestrijdingsmiddelen uit water met behulp van adsorptieve technieken. KIWA. Nieuwegein, nog te publiceren.
- JURY, W.A., SPENCER, W.F. & FARMER, W.J.: 1983. Use of models for assessing relative volatility, mobility and persistence of pesticides and other trace organics in soil systems. In: Hazard assessments of chemicals: current developments, volume 2. Londen (Academic Press Inc.), 1983.
- KARICKHOFF, S.W., BROWN, D.S. & SCOTT, T.A.: 1979. Sorption of hydrophobic pollutants on natural sediments: Water Resource. 13, 241-248.
- KHAN, S.U.: 1980. Pesticides in the soil environment. Amsterdam (Elsevier) 1980.
- KUENNEN, R., DYKE, K., VAN, CRITTENDEN, J.C. & HAND, D.W.: 1988. Prediction of multicomponent fixed-bed adsorber performance using mass transfer and thermodynamic models. Paper presented at AWWA annual conference, Orlando, Florida.
- LAGAS, P., VERDAM, B, LOCH, J.P.G.: 1989. Bedreiging van de grondwaterkwaliteit door bestrijdingsmiddelen. H2O 22(14)422-427.
- LINDEN, VAN DER A.M.A., BOESTEN, J.J.T.I: 1989. Berekening van de mate van uitspoeling en accumulatie van bestrijdingsmiddelen als functie van hun adsorptiecapaciteit en omzettingssnelheid in bouwvoormateriaal. Rapport 72880003, RIVM/IOB, 52p.
- LOAQUE, K.M., YOST, R.S. GREEN R.E., LIANG, T.C.: 1989. Uncertainty in a pesticide leaching assessment for Hawaii. J Cont Hydr 4(2)139-161.

- MANES, M. & WAFER, L.J.E.: 1969. Application of the Polanyi adsorption potential theory to adsorption from solution on activated carbon. *J. Phys. Chem.* 73:584.
- MOILANEN, K.W.: 1975. Dynamic aspects of pesticide photodecomposition, in: *Environmental dynamics of pesticides*. R. Haque & V.H. Freed. eds., New York (Dekker), pp45-60
- MOSMANN, D.J., SCHOOR, J.L. & STUMM, W. Predicting the effects of a pesticide release to the Rhine River. *Journal WPCF*, Vol. 60. Number 10, 1806-1812.
- OMMEN, H.C. VAN: 1988. Transport from diffuse sources of contamination and its application to a coupled unsaturated-saturated system. Proefschrift, Landbouw Universiteit Wageningen, 142 p.
- PETERS, J.H.: 1985. Pesticiden in waterwingebieden. *KIWA*, Mededeling 95,142 p.
- PIMENTEL, D.: 1988. geciteerd in P. de Jaeger: Pesticiden missen meestal hun doel. *Landbouw Tijdschrift* 100 (1) 6-8.
- RAO, P.S.C., EDVARDSON, K.S.V., OU, L.T., JESSUP, R.E., NKEDI-KIZZA, P., HORNSBY, A.G.: 1986. Spatial variability of pesticide sorption and degradation parameters. In: W.Y. Garner, R.C. Honeycutt and H.N. Nigg (Eds): *Evaluation of pesticides in groundwater*. ACS Symp Series 315, p 100-115, ACS Washington DC.
- RICHARDS R.P., KRAMER, J.W., BAKER, D.B. & KRIEGER, K.A.: 1987. Pesticides in rainwater in the northeastern United States. *Nature*, vol. 327, 14 May 1987.
- SODERQUIST, C.J.: 1975. Occurrence of trifluarin and its photoproducts in air. *J. Agr. Food Chem*, 22:304.
- SPETH T.F. & MILTNER, R.J.: 1989. Effect of preloading on the scale-up of GAC microcolumns. *J. AWWA*, April 1989.
- STARINGCENTRUM: 1989. Jaarverslag 1988.
- SUMMERS, R.S., HAIST, B., KOEHLER, J., RITZ, J., ZIMMER, G. & SONTHEIMER, H.: 1989. The influence of background organic matter on GAC adsorption. *J. AWWA*, May 1989.
- TWEEDE KAMER DER STATEN GENERAAL :1989. Milieucriteria ten aanzien van stoffen ter bescherming van bodem en grondwater. Nr. 21012-2, 26 p.

- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY: 1986. Pesticides in Ground Water: Background Document, Office of Ground-Water Protection (WH-550G), Washington DC 20460.
- VILLENEUVE J.P., LAFRANCE, P., BANTON, O., FRECHETTE, P., ROBERT, C.: 1988. A sensitivity analysis of adsorption and degradation parameters in the modelling of pesticide transport in soils. J Cont Hydr 3(1)77-96.
- ZEE, VAN DER S.E.A.T.M.: 1988. Transport of reactive contaminants in heterogeneous soil systems. Proefschrift Landbouw Universiteit Wageningen, 283 p.
- ZOONEN, VAN P., BUIJSMAN E., JONG, A.P.J.M.,: 1989. RIVM jaarverslag 1988.

6 RISICO'S VOOR DE DRINKWATERVOORZIENING MET BETREKKING TOT VERONTREINIGING VAN RUWWATERBRONNEN MET BESTRIJDINGSMIDDELEN

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk vindt door combinatie van de gegevens, vermeld in de hoofdstukken 3 tot en met 5, een inventarisatie plaats van die bestrijdingsmiddelen welke door hun mogelijke aanwezigheid de ruwwaterkwaliteit kunnen bedreigen. Dit laatste vooral met het oog gericht op de normen gesteld in het drinkwaterbesluit voor bestrijdingsmiddelen (0,1 $\mu\text{g}/\text{l}$ voor individuele verbindingen en 0,5 $\mu\text{g}/\text{l}$ voor de totale concentratie bestrijdingsmiddelen).

Bij deze inventarisatie wordt onderscheid gemaakt tussen oppervlaktewater, oevergrondwater en grondwater.

6.2 Oppervlaktewater

Bij de bedreiging van de oppervlaktewaterkwaliteit spelen van de in hoofdstuk 3, 4 en 5 beschreven factoren met name de volgende een rol: de productie met de daarmee samenhangende lozing van middelen via afvalwater, calamiteiten bij de productie, de toepassing van middelen in het betreffende (stroom-)gebied, de mobiliteit van middelen, de persistentie, en de vluchtigheid. De persistentie wordt hier vooral bepaald door het al of niet optreden van hydrolyse van het middel naast een eventuele microbiologische omzetting onder vooral aerobe omstandigheden. Hierbij dient te worden opgemerkt dat door deze omzetting echter stabiele metaboliëten kunnen worden gevormd welke eveneens een bedreiging voor de drinkwaterkwaliteit vormen.

Bij de inschatting welke bestrijdingsmiddelen mogelijk een risico vormen voor de oppervlaktewaterkwaliteit met het oog op de drinkwaterproductie moet rekening worden gehouden met de herkomst van het desbetreffende oppervlaktewater wat zich in Nederland laat onderverdelen in een aantal hoofdbronnen: waterlopen en voorraadbekkens of infiltratiegebieden welke gevoed worden door de Rijn, waterlopen en voorraadbekkens of infiltratiegebieden welke gevoed worden door de Maas en oppervlaktewater in polders, kanalen of kleinere rivieren.

6.2.1 Rijnwater

De kwaliteit van het Rijnwater wordt sterk bepaald door calamiteiten of afvallozingen bij de productie.

Bij een calamiteit kan een discontinue verontreiniging door in principe elk in het stroomgebied geproduceerde bestrijdingsmiddel optreden hetgeen resulteert in een verontreiniging van het Rijnwater in Nederland gedurende minimaal enkele dagen (De Groot, 1989). In hoofdstuk 4 is een overzicht gegeven van een aantal van deze emissies van bestrijdingsmiddelen in de Rijn en de Maas als gevolg van calamiteiten in de laatste jaren (tabel 4.3). Het is niet mogelijk om op basis van deze gegevens middelen te selekteren waarvan de productie een blijvend verhoogd risico vormt en waarvoor dus een regelmatige monitoring van het oppervlaktewater vereist is.

Via lozing van afvalwater wat bij de productie vrijkomt zullen vooral die bestrijdingsmiddelen in het oppervlaktewater geraken die in relatief hoge restgehalten in afvalwater van het proces aanwezig zijn en bij de zuivering van het afvalwater slecht verwijderd worden en ook bij de verdere zuivering van oppervlaktewater bij de drinkwaterbereiding moeilijk te verwijderen zijn. Dit zijn meestal middelen met een sterk polair karakter en een goede oplosbaarheid in water en vormen op deze basis een belangrijke categorie stoffen met het oog op verder onderzoek.

Omdat een hoge productie niet gekoppeld hoeft te zijn aan hoge restgehalten in afvalstromen of absolute hoeveelheden die per tijdseenheid worden geloosd zijn productiecijfers niet alleen bepalend voor de mate van verontreiniging van het oppervlaktewater; een hoge, meer continue productie kan wel aanleiding geven tot een meer continue belasting van het oppervlaktewater.

Omgekeerd zullen middelen met een geringe (batchgewijze) productie slechts incidenteel aanleiding kunnen geven tot een belasting van het oppervlaktewater.

In tabel 6.1 zijn alle in het stroomgebied van de Rijn geproduceerde bestrijdingsmiddelen vermeld en het mogelijke risico welke deze vormen voor de drinkwatervoorziening op basis van oplosbaarheid en persistentie waarbij de criteria zijn gebruikt zoals vermeld in

hoofdstuk 5. Voor de persistentie zijn de waarden voor de halfwaardetijd van 7 (+) en 50 (++) dagen aangehouden en voor de mobiliteit waarden voor de oplosbaarheid van 5 (+) en 100 (++) mg/l. Stoffen met een hoge oplosbaarheid én hoge persistentie vormen van deze geproduceerde middelen de belangrijkste categorie. Tevens is aangegeven of de stoffen reeds eerder zijn aangetroffen in het Rijnwater. Indien het oppervlaktewater wordt gebruikt voor duininfiltratie kunnen minder strengere criteria worden toegepast ter verkrijging van een verdere inperkingen van het aantal stoffen. Door het ontbreken van preciese gegevens omtrent de productie, zowel wat betreft welke middelen met welke regelmaat geproduceerd worden als de daarmee gepaard gaande afvallozingen is het niet mogelijk deze stoffen op basis daarvan verder in te delen in diverse risicoklassen. Een en ander betekent dus niet dat de overige geproduceerde bestrijdingsmiddelen met een minder grote persistentie of geringere mobiliteit geen aanleiding kunnen geven tot overschrijding van de streefwaarden vermeld in de Europese richtlijn voor de kwaliteit van oppervlaktewater waaruit drinkwater wordt geproduceerd; de criteria zijn slechts gehanteerd om tot een selectie van belangrijkste middelen te komen. Middelen met drie of vier plussen komen voor verder explorerend onderzoek in aanmerking. Indien zij in de kolom 'voorkomen' ook positief scoren dienen zij in monitoringsprogramma's opgenomen te worden of eventueel bij verder onderzoek naar de verwijdering bij de zuivering betrokken te worden.

Tabel 6.1 Inventarisatie van de in het stroomgebied van de Rijn geproduceerde bestrijdingsmiddelen die mogelijk een risico vormen voor de kwaliteit van het Rijnwater.

Bestrijdingsmiddel	oplos- baarheid	persis- tentie	voor- komen	priori- teit
ametryn	++	++	+	++++
amitrol	++	+	-	+++*
atrazin	+	++	+	+++
azinfos-ethyl	-	++	-	+
azinfos-methyl	+	++	+	+++
bentazon	++	++	+	++++
benzthiazuron	+	++	+	+++
o-benzyl p-chlorophenol	?	?	-	?
broompropylaat	-	++	-	+
carbaryl	++	-	-	+
carbendazim	+	++	-	+++
carbofuran	++	++	+	++++
chinomethionaat	+	-	-	-
chlooraniformethane	?	?	-	?
chloorfenvinfos	++	++	-	++++
chloormequat	++	-	-	-*
chloorthiamide	++	-	-	+
chloortoluron	+	+	+	++
chloridazon	++	++	-	++++
coumatetralyl	+	?	-	+?
crimidine	++	?	-	+?
2,4-D ,esters en zouten	++	+	+	+++
dazomet	++	-	-	-
DCNA	?	?	-	?
DEET	?	?	+	?
demeton	+	?	-	+?
demeton-S-methyl	++	?	-	++?
desmetryn	++	+	+	+++
diallaat	+	+	-	++

Bestrijdingsmiddel	oplos- baarheid	persis- tentie	voor- komen	priori- teit
1,2-dibroom-3-chloorpropaan	++	++	-	++++
dibutyladipaat	?	?	-	?
dicamba	++	+	-	+++
dichlofluanide	-	?	-	-?
2,2-dichloorpropionzuur	++	+	-	+++
dichloorvos	++	-	-	+
dienochloor	-	+	-	+
dikegulac-natrium	++	++	+	++++
dimethoaat	++	+	-	+++
dinoseb, esters en zouten	+	++	+	+++
dinoseb-acetaat	++	++	-	++++
diphenylacetonitril	?	?	-	?
disulfoton	+	-	+	+
2,4-DP, esters en zouten	?	?	+	?
endosulfan (α en β isomeer)	-	++	+	+
ethefon	++	-?	-	+?
etrimfos	+	-	-	+
fenamifos	++	+	-	+++
fenothiazine	?	?	-	?
fenpropimorf	+	++	+	+++
fenthion	+	-?	-	+?
fentinacetaat	+	++	-	+++
o-fenylfenol	++	+	-	+++
fenylkwikacetaat	++	?	-	+?
ferbam	++	+	-	+++
formothion	++	+	-	+++
fosfamidon	++	?	-	++?
foxim	+	?	-	+?
glufosinaat-ammonium	++	+	-	+++
hexahydro-1,3,5, triethyl- s-triazine	?	?	-	?
isoproturon	+	+	+	++

Bestrijdingsmiddel	oplos- baarheid	persis- tentie	voor- komen	priori- teit
linuron	+	++	+	+++
maleine hydrazide	++	+	-	+++
MCPA, esters en zouten	++	++	+	++++
MCPB, esters en zouten	+	++	-	+++
mecoprop, esters en zouten	++	+	+	+++
mercaptodimethur	+	?	-	+?
metalaxyl	++	++	+	++++
metamitron	++	+	+	+++
metam-natrium	++	-	-	-**
methabenzthiazuron	+	-	+	+
methafenamifos	?	?	-	?
methamidofos	++	?	-	++?
methazol	-	+	-	+
methoprene	?	?	-	?
metoxuron	++	++	+	++++
metribuzin	++	++	+	++++
mevinfos	+	--	-	-
monocrotofos	++	-	-	+
monolinuron	++	++	+	++++
norflurazon	+	+	+	+++
omethoaat	++	+	-	+++
oxadixyl	++	++	-	++++
oxydemeton-methyl	++	?	-	++?
parathion	+	+	+	++
parathion-methyl	+	+	+	++
pentachloorfenol	+	+	+	++
prodiamine	--	?	-	-?
profenofos	+	?	-	+?
prometryn	+	++	+	+++
propanil	++	-	-	+
propetamfos	++	+	-	+++
propoxur	++	+	-	+++

Bestrijdingsmiddel	oplos- baarheid	persis- tentie	voor- komen	priori- teit
pyracarbolid	?	?	-	?
pyrazofos	-	+	-	+
quinalfos	+	+?	-	++?
rotenone	-	?	-	-?
scilliroside	+	?	-	+?
simazin	+	++	+	+++
2,4,5-T, esters en zouten	++	+	-	+++
TCA	++	++	-	++++
terbumeton	++	+	-	+++
terbutryn	+	+	+	++
tetrachloorvinfos	+	+	-	++
thiocyclam hydrogeenoxalaat	++	?	-	++?
thiometon	++	-	+	+
tolyfluanide	++	?	-	+?
triadimefon	++	++	+	+++
triallaat	+	++	+	+++
triazofos	+	?	-	+?
2,4,5-trichloorfenol	++	+	-	+++
2,4,6-trichloorfenol	++	+	-	+++
trichloorfon	++	+	-	+++*
trichloronaat	+	+?	-	++?
trifenyltinhydroxide	-	?	-	-?

Oplosbaarheid S : -: < 5 mg/l +: > 5 mg/l ++: > 100mg/l
 Persistentie DT50 : -: <7 dagen +: > 7 dagen ++: > 50 dagen
 Voorkomen : -: onbekend, niet of < 0,1 µg/l +: > 0,1 µg/l
 Prioriteit : *: mobiliteit (vermoedelijk) geringer dan op
 grond van oplosbaarheid wordt verwacht
 **: wordt snel omgezet

Op basis van de toepassing van bestrijdingsmiddelen in de landbouw in het stroomgebied van de Rijn in combinatie met de eigenschappen van die middelen zijn in de volgende tabel een aantal stoffen opgenomen die eveneens een bedreiging kunnen vormen voor de waterkwaliteit van de Rijn. Hierbij zijn de criteria toegepast die ook voor grondwater gelden gezien de wat langere af te leggen weg via afspoe-ling of bodempassage. Voor de oplosbaarheid zijn de waarden 30 en 100 mg/l aangehouden, voor de persistentie een halfwaardetijd van 25 en 50 dagen.

Bij het opstellen van tabel 6.2 is uitgegaan van de bestrijdingsmid-delen welke bij de belangrijkste teelten (graan, maïs, bieten en druiven) in Duitsland worden gebruikt. De omvang van de teelten in het stroomgebied van de Rijn in Zwitserland en Frankrijk is in ver-gelijking met de omvang van de teelten in Duitsland gering, hierom zijn deze teelten niet in het overzicht betrokken. Dit geldt ook voor de omvang van diverse teelten, waaronder de fruitteelt in de Betuwe.

In het overzicht hebben de middelen met de hoogste dosering bij toe-passing - onkruidbestrijding > schimmelbestrijding > insectenbe-strijding - een extra prioriteit gekregen. Bij de prioriteitsstel-ling voor verder explorerend onderzoek is een eerder voorkomen niet betrokken omdat gegevens vaak ontbreken; voor onderzoek waarbij sprake is van een regelmatige screening van de oppervlaktewaterkwa-liteit speelt het reeds eerder aangetoond zijn in grondwater of Rijnwater wel een rol.

Tabel 6.2 Overzicht van de belangrijkste middelen die op basis van toepassing in de landbouw en eigenschappen en een eventueel eerder voorkomen een bedreiging kunnen vormen voor de kwaliteit van het Rijn-water.

Bestrijdingsmiddel, <u>metaboliët</u>	oplos- baarheid	persis- tentie	voor- komen	priori- teit
onkruidbestrijding:				
amitrol	++	+	-	++++*
atrazin	+	++	+	++++
<u>des-ethylatrazin</u>	+	++	+	++++
<u>des-isopropylatrazin</u>	+	++	+	++++
bentazon	++	++	+	++++
broomfenoxim	-	-	-	-
chloortoluron	+	+	+	+++
clopyralid	++	?	-	+++?
2,4-D	++	+	-	++++
dichlobenil	-	++	+	++
<u>2,6-dichloorbenzamide</u>	++	++	+	++++
diquat	++	?	-	-*
EPTC	++	+	-	+++*
ethofumesaat	++	++	-	++++
fenmedifam	-	+	+	++
fluazifop-butyl	-	?	-	-?
fluorchloridon	+	+	-	+++
glufosinaat	++	+	-	++++
glyfosaat	++	+	-	+++*
haloxyfop	-	-	-	-
isoproturon	+	+?	-	+++?
MCPA	++	++	+	++++
mecoprop	++	+	+	++++
metamitron	++	+	-	++++
metobromuron	++	+	+	++++
metribuzin	++	++	+	++++
paraquat	++	++	-	-*

Bestrijdingsmiddel, <u>metaboliet</u>	oplos- baarheid	persis- tentie	voor- komen	priori- teit
pendimethalin	-	++	-	+++
simazin	-	++	+	+++
terbutylazin	-	++	+	+++
schimmelbestrijding:				
anilazin	-	-	-	-
cymoxanil	++	-	-	+
dichlofluanide	-	-?	-	-?
dithianon	-	?	-	-?
fenarimol	-	?	-	-?
fenpropimorf	-	++	-	+
8-hydroxyquinoline	++	?	-	++?
iprodion	-	++	-	+
koperverbindingen	-	+	-	-
mancozeb	-	-	-	-
<u>ETU</u>	++	+	+	+++
metalaxyl	++	++	+	++++
metiram	-	-	-	-
oxadixyl	++	++	-	++++
penconazool	+	-	-	+
procymidon	-	++	-	+
propiconazool	++	++	-	++++
propineb	-	-	-	-
triadimefon	++	++	+	++++
triadimenol	++	++	+	++++
tridemorf	++	?	-	++?
vinchlozolin	++	?	-	++?
zwavel	-	?	-	-?

Bestrijdingsmiddel, <u>metaboliet</u>	oplos- baarheid	persis- tentie	voor- komen	priori- teit
insectenbestrijding:				
azocyclotin	-	-	-	-
dialifos	-	?	-	-?
endosulfan	-	++	+	+
fenbutatinoxide	-	?	-	-?
fosalone	-	-	-	-
methidathion	++	?	-	++?
parathion	-	+	+	+
pirimicarb	++	++	-	++++
groeiregulatoren:				
chloormequat	++	-	-	-*
ethefon	++	-	-	+

Oplosbaarheid S : -: < 30 mg/l +: > 30 mg/l ++: > 100 mg/l
 Persistentie DT50 : -: < 25 dagen +: > 25 dagen ++: > 50 dagen
 Voorkomen : -: onbekend, niet of < 0,1 µg/l +: > 0,1 µg/l
 Prioriteit : *: mobiliteit (vermoedelijk) geringer dan op
 grond van oplosbaarheid wordt verwacht
 **: middel bezit hoge vluchtigheid

De middelen die bij de prioriteitsstelling drie of meer plussen sco-
 ren dienen in toekomstig explorerend onderzoek betrokken te worden.
 Als zij in de kolom 'voorkomen' ook reeds positief scores dienen zij
 in monitoringsprogramma's opgenomen te worden en in het onderzoek
 naar de verwijdering bij de zuivering; deze laatste punten gelden
 ook voor de overige bestrijdingsmiddelen en metabolieten die reeds
 eerder zijn aangetoond maar niet op basis van productie of toepas-
 sing reeds genoemd zijn . Deze middelen zijn opgenomen in tabel 6.3

en horen thuis in monitoring programma's op basis van hun eerdere voorkomen.

Tabel 6.3 Overige bestrijdingsmiddelen en metabolieten die reeds eerder zijn aangetoond in de Rijn.

Bestrijdingsmiddel, <u>metaboliet</u>	oplos- baarheid	persis- tentie	voor- komen	priori- teit
alachloor	++	++	+	++++*
bromacil	++	++	+	++++
cyanazin	++	+	+	+++
2,4-dinitrofenol	+	+	+	++
dinoterb	+	++	+	+++
diuron	+	++	+	+++
DNOC	++	+	+	+++
furmecycloxy	-	?	+	-?
heptachloor	-	++	+	+
lindaan	-	++	+	+
metazachloor	+	+	+	++
metolachloor	++	++	+	++++
monuron	++	+	+	+++
propazin	+	+	+	++

Oplosbaarheid S : -: < 5 mg/l +: > 5 mg/l ++: > 100 mg/l
 Persistentie DT50 : -: < 7 dagen +: > 7 dagen ++: > 50 dagen
 Voorkomen : -: niet van toepassing +: > 0,1 µg/l
 Prioriteit : *: mobiliteit (vermoedelijk) geringer dan op grond van oplosbaarheid wordt verwacht

6.2.2 Maaswater

Op basis van de gegevens vermeld in de hoofdstukken 3, 4 en 5 blijkt dat de kwaliteit van het Maaswater voornamelijk wordt bepaald door de risico's verbonden aan het gebruik van bestrijdingsmiddelen in het stroomgebied van deze rivier. productie van bestrijdingsmiddelen

vindt slechts op één plaats in België in het stroomgebied van de Maas plaats. Het betreft de in tabel 6.4 opgenomen middelen. Deze middelen zijn allemaal redelijk stabiel en goed oplosbaar in water (> 45 mg/l). Ter vaststelling van de prioriteit zijn voor deze stoffen dezelfde criteria gehanteerd als bij stoffen geproduceerd langs de Rijn.

Tabel 6.4 Inventarisatie van in het stroomgebied van de Maas geproduceerde bestrijdingsmiddelen die mogelijk een risico vormen voor de kwaliteit van het Maaswater.

Bestrijdingsmiddel, <u>metaboliet</u>	oplos- baarheid	persis- tentie	voor- komen	priori- teit
butylaat	+	+	-	++
cycloaat	+	+	-	++
EPTC	++	+	-	+++*
molinaat	++	+	-	+++
pebulaat	+	+	-	++
vernolaat	+	+	-	++

Oplosbaarheid S : -: < 5 mg/l +: > 5 mg/l ++: > 100 mg/l
 Persistentie DT50 : -: < 7 dagen +: > 7 dagen ++: > 50 dagen
 Voorkomen : -: onbekend, niet of < 0,1 µg/l +: > 0,1 µg/l
 Prioriteit : *: middel heeft hoge vluchtigheid.

Een uitgebreide inventarisatie van toegepaste middelen in de landbouw in het stroomgebied van de Maas is gemaakt door de RIWA (Bal, 1989). Uit deze inventarisatie blijkt dat de belangrijkste teelten in het stroomgebied van de Maas in Frankrijk granen, mais en koolzaad betreffen en in België mais, suikerbieten, wintertarwe en wintergerst betreffen. In tabel 6.5 zijn de belangrijkste middelen samengevat die bij deze teelten worden toegepast en is op basis van hun eigenschappen het risico aangegeven voor de kwaliteit van het Maaswater.

De bijdrage aan de gemiddelde afvoer gemeten te Keizersveer afkomstig van het Nederlandse deel van het stroomgebied van de Maas bedroeg in 1985 en 1986 circa 17 tot 25 %. Veel gebruikte middelen in de teelt van mais en suikerbieten in Brabant en Limburg zijn daarom ook in de tabel opgenomen.

Voor de middelen die bij de prioriteitsstelling hoog scoren voor oplosbaarheid en persistentie of op basis van toepassing belangrijk zijn (onkruidbestrijdingsmiddelen), dat wil zeggen drie of meer plussen hebben en waarvan nog weinig bekend is over een eventueel voorkomen moet verder explorerend onderzoek plaatsvinden. Voor middelen die bij het voorkomen reeds positief scoren is een monitoring van de waterkwaliteit noodzakelijk.

Tot slot zijn in tabel 6.6 de overige middelen samengevat die op basis van hun reeds aangetoonde voorkomen in de Maas een bedreiging kunnen vormen. Ook voor deze middelen is een regelmatige monitoring van de waterkwaliteit nodig naast eventueel aanvullend onderzoek naar de verwijdering bij de zuivering.

Tabel 6.5 Inventarisatie van veel in de landbouw toegepaste bestrijdingsmiddelen die mogelijk een risico vormen voor de kwaliteit van het Maaswater, (Bal, 1989).

Bestrijdingsmiddel, <u>metaboliët</u>	oplos- baarheid	persis- tentie	voor- komen	priori- teit
onkruidbestrijding:				
alachloor	++	++	+	++++
atrazin	+	++	+	++++
<u>des-ethylatrazin</u>	+	++	+	++++
<u>des-isopropylatrazin</u>	+	++	+	++++
bentazon	++	++	+	++++
chloortoluron	+	+	-	+++
chloridazon	++	++	-	++++
dichloorprop	++	-	-	++

Bestrijdingsmiddel, <u>metaboliët</u>	oplos- baarheid	persis- tentie	voor- komen	priori- teit
ethofumesaat	++	++	-	++++
fenmedifam	-	+	-	++
fluazifop-P-butyl	-	-	-	-
fluroxypyr	?	?	-	?
isoproturon	+	+?	-	+++?
MCPA	++	++	-	++++
mecoprop	++	+	+	++++
metamitron	++	+	-	++++
metazachloor	-	+	+	++
methabenzthiazuron	+	-	-	++
metolachloor	++	++	+	++++
napropamide	+	++	-	++++
pendimethalin	-	++	-	++
pyridaat	-	-	-	-
terbutam	?	?	-	?
triasulfuron	++	-	-	++
trifluralin	-	++	-	++
schimmelbestrijding:				
anilazin	-	-	-	-
carbendazim	-	++	-	+
chloorthalonil	-	++	-	+
cyproconazool	?	?	-	?
diclobutrazool	-	?	-	-?
fenpropimorf	-	++	-	+
flusilazool	+	?	-	+?
flutriafol	++	?	-	+++?
iprodion	-	++	-	+
mancozeb	-	-	-	-
maneb	-	++	-	+
<u>ETU</u>	++	+	+	+++
prochloraz	+	++	-	+++

Bestrijdingsmiddel, <u>metaboliet</u>	oplos- baarheid	persis- tentie	voor- komen	priori- teit
propiconazool	++	++	-	++++
terbuconazool	?	?	-	?
triadimefon	++	++	-	++++
triadimenol	++	++	-	++++
zwavel	-	?	-	-?
insectenbestrijding:				
aldicarb	++	++	-	++++
carbofuran	++	++	-	++++
terbufos	-	?	-	-?
groeiregulator:				
chloormequat	++	-	-	-*
ethefon	++	-	-	+

Oplosbaarheid S : -: < 30 mg/l +: > 30 mg/l ++: > 100 mg/l
 persistentie DT50 : -: < 25 dagen +: > 25 dagen ++: > 50 dagen
 Voorkomen : -: onbekend, niet of < 0,1 µg/l +: > 0,1 µg/l
 Prioriteit : *: mobiliteit (vermoedelijk) geringer dan op
 grond van oplosbaarheid wordt verwacht

Tabel 6.6 Overige bestrijdingsmiddelen die reeds eerder zijn aangetoond in de Maas.

Bestrijdingsmiddel, <u>metaboliët</u>	oplos- baarheid	persis- tentie	voor- komen	priori- teit
dichlobenil	+	++	+	+++
2,4-dinitrofenol	+	+	+	++
dinoseb	+	++	+	+++
dinoterb	+	++	+	+++
DNOC	++	+	+	+++
metazachloor	+	+	+	++
pentachloorfenol	+	+	+	++
propazin	+	+	+	++
simazin	+	++	+	+++

Oplosbaarheid S : -: < 5 mg/l +: > 5 mg/l ++: > 100 mg/l
 Persistentie DT50 : -: < 7 dagen +: > 7 dagen ++: > 50 dagen
 Voorkomen : -: niet van toepassing +: > 0,1 µg/l
 Prioriteit : *: mobiliteit (vermoedelijk) geringer dan op
 grond van oplosbaarheid wordt verwacht

6.2.3 Overig oppervlaktewater

De kwaliteit van het oppervlaktewater in polders, kanalen en kleinere riviërtjes in Nederland wordt evenals dat van de Maas voornamelijk bepaald door de toepassing van bestrijdingsmiddelen in het betreffende gebied.

Een overzicht van de meest toegepaste middelen in de landbouw in diverse regio's van Nederland is opgesteld door Berends (1988).

Voor de belangrijkste teelten in die regio's zijn de toegepaste middelen, de kans op toepassing, periode van toepassing en de dosering op jaarbasis beschreven. Vanwege de vaak specifieke aard van activiteiten en het grote scala aan activiteiten is het niet mogelijk om in dit kader op basis van algemene gebruiksgegevens voor kleinere

oppervlaktewateren de belangrijkste bestrijdingsmiddelen weer te geven. Hiervoor zijn aanvullende recent geïnterpreteerde gegevens van het betreffende gebied noodzakelijk, zoals bijvoorbeeld uitgevoerd is door het Gemeentelijk Waterbedrijf Groningen voor het stroomgebied van de Drentse Aa (Mulder, 1987) en Gemeentewaterleidingen Amsterdam voor de Bethunepolder (Smeenk en Soppe, 1988). Gezien eerder gerapporteerde concentraties, bijvoorbeeld voor de Drentsche Aa of voor boezemwater in het westen van het land (Katwijk) wat als grondstof voor de drinkwaterbereiding diende, vormen de plaatselijk toegepaste bestrijdingsmiddelen een grote bedreiging voor de oppervlaktewaterkwaliteit gezien de soms 10- tot 100- voudige overschrijding van de drinkwaternorm.

6.3 Oevergrondwater

Oevergrondwater wordt in Nederland voornamelijk gewonnen langs waterlopen welke gevoed worden uit de Rijn. Op deze locaties wordt de waterkwaliteit bedreigd door die bestrijdingsmiddelen die in het verleden regelmatig in het Rijnwater of reeds in het oevergrondwater zijn aangetoond. Eveneens kunnen middelen of metaboliëten die in de toekomst gedurende langere tijd in het Rijnwater aanwezig zijn op termijn een probleem opleveren voor de drinkwatervoorziening. De aard en de concentraties in het gewonnen oevergrondwater zijn naast de kwaliteit van het Rijnwater afhankelijk van de reistijd van het water van de rivier tot de bronnen en de mobiliteit en afbreekbaarheid van de middelen in relatie tot de bodem. Dit betekent dat die verbindingen genoemd als mogelijke bedreiging voor de kwaliteit van het Rijnwater eveneens van belang kunnen zijn voor oevergrondwater met de nadruk op de meer mobiele en persistente verbindingen.

Door de beperkte omvang van monitoring-programma's in het verleden voor met name meer polaire bestrijdingsmiddelen in de Rijn en oevergrondwater is het slechts mogelijk om op basis van het regelmatig vóórkomen in het verleden enkele belangrijke middelen aan te geven: bentazon, atrazin en een aantal andere triazines als simazin; chloorfenoxycarbonzuren waaronder MCPA, MCPB, 2,4-D en mecoprop; nitrofenolen waaronder DNOC, dinoseb en dinoterb; dikegulac-natrium

en metolachloor en metazachloor. Bovendien zijn in Duitsland ook nog een aantal fenylureumherbiciden in Rijnwater en oeverinfiltraat aangetoond waarbij wel opgemerkt moet worden dat er in Duitsland op relatief korte afstand van de rivier oeverinfiltraatwater wordt gewonnen.

De genoemde middelen zijn op deze basis en hun relatief hoge persistentie en/of mobiliteit belangrijke middelen (zie ook tabel 5.1) waarvoor regelmatig terugkerend monitoring-onderzoek of onderzoek naar de verwijdering bij de zuivering nodig is.

Een andere mogelijkheid om aan te geven welke, tot op heden nog niet (regelmatig) geanalyseerde middelen mogelijk van belang zijn voor de oevergrondwaterverwerkende bedrijven is de langs de Rijn geproduceerde middelen qua oplosbaarheid te vergelijken met de oplosbaarheid van het reeds in oevergrondwater aangetoonde bentazon. Het blijkt dan dat er 38 bestrijdingsmiddelen langs de Rijn worden geproduceerd die een hogere oplosbaarheid hebben dan bentazon (oplosbaarheid 500 mg/l). Hier geldt uiteraard dat ook middelen met een lagere oplosbaarheid ook nog een bedreiging kunnen vormen voor de drinkwaterkwaliteit. Deze middelen staan vermeld in tabel 6.7. Hierbij moet ook opgemerkt worden dat bentazon gedurende lange tijd in grote hoeveelheden is geloosd en onder anaerobe condities nauwelijks afbreekbaar blijkt hetgeen voor de andere middelen niet hoeft te gelden. Tevens is vermeld of de middelen reeds eerder zijn aangetroffen in de Rijn; dit laatste is niet meegewogen bij de prioriteitsstelling omdat een niet eerder aangetoond zijn ook het gevolg kan zijn van het feit dat er nooit eerder onderzoek naar is verricht doordat bijvoorbeeld analysemethoden ontbraken.

Tabel 6.7 Bestrijdingsmiddelen die een gevaar voor de kwaliteit van het oevergrondwater kunnen betekenen. Het betreft mobiele middelen die worden geproduceerd langs de Rijn en die een oplosbaarheid hebben welke groter is dan die van bentazon (500 mg/l).

Bestrijdingsmiddel, <u>metabooliet</u>	oplos- baarheid mg/l	persis- tentie	voor- komen	priori- teit
amitrol	280000	zie	tabel	6.1
carbofuran	700			
chloorthiamide	950			
crimidine	9360			
2,4-D	620			
dazomet	3000			
demeton-S-methyl	3300			
desmetryn	580			
dicamba	6500			
dichloorvos	10000			
dikegulac-natrium	>1000000			
dimethoat	25000			
dinoseb-acetaat	2200			
ethefon	1000000			
o-fenylfenol	700			
fenylkwikacetaat	4370			
formothion	2600			
fosfamidon	>1000000			
glufosinaat-ammonium	>1000000			
MCPA	825			
mecoprop	620			
metalaxyl	7100			
metamitron	1820			
metam-natrium	722000			
metoxuron	678			
metribuzin	1200			
mevinfos	>1000000			
monocrotofos	>1000000			

Bestrijdingsmiddel, <u>metaboliet</u>	oplos- baarheid mg/l	persis- tentie	voor- komen	priori- teit
monolinuron	735	zie tabel 6.1		
omethoat	> 1000			
oxadixyl	3400			
oxydemeton-methyl	>1000000			
propoxur	2000			
TCA	>1000000			
thiocyclam-hydrogeen- oxalaat	84000			
tolyfluanide	4000			
trichloorfon	154000			

Uit eerder onderzoek naar het voorkomen van organische stoffen in oevergrondwater bleek dat vooral meer polaire stoffen met een log Kow lager dan circa 3 of, omgerekend volgens formule (5.6a), met een oplosbaarheid van meer dan circa 30 mg/l de bodem passeren terwijl slecht oplosbare stoffen met een hogere log Kow (> 4) zoals een aantal klassieke organochloorbestrijdingsmiddelen als DDT en dieldrin en PCB's niet in oevergrondwater aantoonbaar waren (Van der Kooij, 1985).

Samenvattend vormen vooral die middelen een bedreiging die reeds in oevergrondwater zijn aangetoond of in het verleden regelmatig in de Rijn zijn aangetoond en een hoge mobiliteit en persistentie bezitten. Voor deze verbindingen moet eventueel onderzoek naar verwijderingsmethoden plaatsvinden naast een regelmatige monitoring. Deze stoffen zijn vermeld in tabel 6.8. Vervolgens kunnen vooral die middelen een bedreiging vormen die in hoofdstuk 6.2 vermeld zijn als mogelijke bedreiging voor de kwaliteit van het Rijnwater op basis van het feit dat zij in het stroomgebied van de Rijn geproduceerd of toegepast worden met de nadruk op de meer persistente (halfwaardetijd meer dan 25 dagen) en mobieleren middelen (oplosbaarheid groter dan 30 mg/l) in verband met de langere reistijd en de te ondergane

bodempassage. Voor deze categorie stoffen moet eerst explorierend onderzoek plaatsvinden naar een mogelijk voorkomen.

Tabel 6.8 Bestrijdingsmiddelen van belang in verband met oevergrondwater.

alachloor	bromacil
ametryn	cyanazin
atrazin	desmetryn
desethylatrazin	dichlobenil*
desisopropylatrazin	2,6-dichloorbenzamide
azinfos-ethyl	2,4-dinitrofenol
azinfos-methyl	DNOC
bentazon	2,4-DP
chloortoluron	DEET
2,4-D	fenmedifam
dikegulac-natrium	fenpropimorf
dimethoat	furmecyclox
dinoseb	heptachloor*
dinoterb	isoproturon
disulfoton**	linuron
diuron	mecoprop
lindaan*	metalaxyl
MCPA	metamitron
metazachloor	metribuzin
methabenzthiazuron	monolinuron
metobromuron	oxadixyl
metolachloor	parathion-methyl
metoxuron	pentachloorfenol
monuron	prometryn
parathion	terbutryn
pendimethalin	triadimefon
propazin	triadimenol
simazin	triallaat
terbutylazin	

* weinig mobiel

**slechts gedurende korte tijd door calamiteit

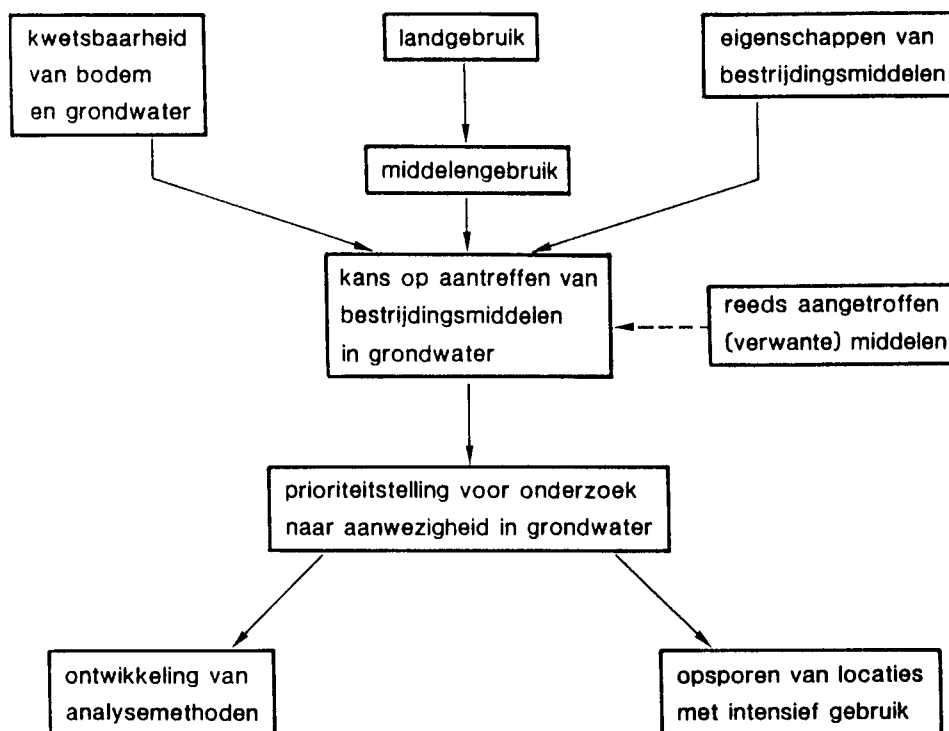
Naast locaties waar sprake is van infiltratie van Rijn-water zijn er ook enkele locaties in Nederland waar oevergrondwater gewonnen wordt met een andere herkomst dan direkt uit de Rijn; dit is het geval langs onder andere de Oude Rijn en langs het Veluwemeer waar voor een gering aandeel oeverfiltraat (< 10 %) naast grondwater wordt gewonnen. Voor deze locaties kunnen de in het betreffende gebied toegepaste middelen een rol spelen, deze zijn hier verder niet geïventariseerd.

6.4 Grondwater

Zoals reeds vermeld, mag drinkwater niet meer dan 0,1 $\mu\text{g}/\text{l}$ per middel of 0,5 $\mu\text{g}/\text{l}$ als totaal aan bestrijdingsmiddelen bevatten (Waterleidingbesluit, 1984). Uitgaande van een aanvulling van het grondwater met een neerslagoverschot van 250 mm/jaar, komt dit overeen met 250 mg/ha.jaar. Indien de dosering van het bestrijdingsmiddel 0,25 kg/ha.jaar bedraagt, betekent dit dat de uitspoeling van een middel naar het grondwater minder dan 0,1% dient te bedragen. Deze benadering sluit volledig aan bij de huidige opvatting: bestrijdingsmiddelen dienen hun werking uit te oefenen op de plaats van hun toepassing en mogen het milieu niet verder belasten. Deze opvatting is onder andere verwoord in de Notitie "Milieucriteria ten aanzien van stoffen ter bescherming van bodem en grondwater" (Tweede Kamer, 1988-1989).

De kans dat bestrijdingsmiddelen het grondwater bereiken wordt bepaald door 1) eigenschappen van het middel, zie hoofdstuk 5, 2) landgebruik met bijbehorend middelengebruik, zie hoofdstuk 3 en 3) kwetsbaarheid van bodem en grondwater. Figuur 6.1 geeft schematisch het beeld voor de prioriteitstelling voor onderzoek naar de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen in grondwater weer.

Prioriteitstelling voor onderzoek naar aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen in grondwater.



Figuur 6.1 Prioriteitstelling voor onderzoek naar aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen in grondwater.

Om te komen tot een keuze van middelen die verder onderzoek behoeven, dat kan bestaan uit verwijdering, monitoring, inventarisatie of ontwikkeling van analysemethoden, zal gebruik worden gemaakt van de volgende informatie: 1) omzet van middelen, zie hoofdstuk 3, 2) lijst van zwarte middelen en van witte middelen met een beperkte toelating binnen grondwaterbeschermingsgebieden, zie hoofdstuk 3, 3) overzicht van reeds in het grondwater aangetroffen middelen, zowel in Nederland als in het buitenland, zie hoofdstuk 4, en 4) landgebruik in voor de grondwaterwinning relevante gebieden. Vervolgens zullen de middelen van dit overzicht worden beoordeeld aan de hand van milieucriteria voor grondwater, zie hoofdstuk 5.

6.4.1 Kwetsbaarheid van bodem en grondwater

De kwetsbaarheid van bodem en grondwater voor verontreiniging is door van Duijvenbouden e.a. (1987) samengevat. Aspecten die bij verontreiniging van grondwater door bestrijdingsmiddelen een rol spelen zijn: zuurgraad (pH), redoxpotentiaal (Eh), organisch materiaal, klei, kationenuitwisselcapaciteit (CEC), diepte grondwaterspiegel en verblijftijd in de onverzadigde zone.

De door de Nederlandse waterleidingbedrijven geëxploiteerde puttenvelden die grondwater onttrekken zijn merendeels gelegen op de zandgronden. Zandgronden bevatten lage gehalten aan klei en organisch materiaal. Dit betekent dat grondwater onder zandgronden over het algemeen als kwetsbaar dient te worden beschouwd. Binnen zandgronden kunnen weer gradaties worden onderscheiden, hoe ondieper de grondwaterspiegel, hoe minder organisch materiaal (humus), des te kwetsbaarder het grondwater.

Het gevolg hiervan is dat met name puttenvelden die aan het freatisch pakket, dat wil zeggen het bovenste watervoerend pakket zonder afdekkende (klei of veen) laag, grondwater onttrekken als kwetsbaar dienen te worden beschouwd. De ligging op de zandgronden impliceert tevens dat alleen middelen, die bij teelten op deze gronden worden toegepast, voor dit onderzoek van belang zijn.

6.4.2 Landgebruik met bijbehorend middelengebruik

Uit paragraaf 6.4 bleek al dat $0,1 \mu\text{g/l}$ in het grondwater overeenkomt met een uitspoeling van 250 mg/ha.jaar . In de literatuur wordt vermeld dat de uitspoeling enkele procenten kan bedragen. Uitgaande van een uitspoeling van 1 % komt dit overeen met een gebruik van $0,025 \text{ kg/ha.jaar}$. Aangezien een middel niet in het gehele intrekgebied wordt gebruikt, maar mogelijk wel in de helft van het gebied (zoals in het geval van fabrieksaardappelen), resulteert dit in een gemiddeld gebruik van $0,05 \text{ kg/ha.jaar}$. De consequentie hiervan is dat we geïnteresseerd zijn in alle bestrijdingsmiddelen waarvan het gemiddelde gebruik groter is dan $0,05 \text{ kg/ha.jaar}$.

Op gelijke wijze kan worden afgeleid dat de uitspoeling in totaal niet groter mag zijn dan 1250 mg/ha.jaar . Weer uitgaande van 1 %

uitspoeling komt dit overeen met 0,125 kg/ha.jaar. Dit houdt in dat we geïnteresseerd zijn in teelten waarvan de som van het bijbehorend middelen gebruik groter is dan gemiddeld 0,125 kg/ha.jaar.

Van vele middelen is de dosering gemiddeld meer dan 0,05 kg/ha.jaar per teelt en bij alle teelten is het totale gebruik groter dan 0,125 kg/ha.jaar (zie hoofdstuk 3). Het is dus wel mogelijk op basis van gemiddelde dosering enkele middelen te onderscheiden waarvan het gebruik bij een teelt voor dit onderzoek niet relevant is. Anders gezegd: het is wel mogelijk middelen vanwege de gemiddelde dosering buiten beschouwing te laten, maar vanwege de totale dosering geen teelten.

Zoals reeds vermeld zijn de meeste puttenvelden op de zandgronden gelegen, dat wil zeggen dat we ons vooral op het landgebruik op deze gronden richten.

6.4.3 Overzicht van middelen die verder onderzoek behoeven

Gebaseerd op informatie afkomstig van vorige hoofdstukken en van voorgaande paragrafen zal in deze paragraaf een overzicht van middelen worden samengesteld die verder onderzoek behoeven. Dit overzicht is gebaseerd op alle middelen a) die op de zgn zwarte lijst of op de witte lijst met beperkingen voorkomen, b) waarvan de omzet in enig jaar tussen 1985 en 1987 groter is geweest dan 50 ton/jaar, c) die in Nederland of in het buitenland reeds in het grondwater zijn aangetroffen, en d) die bij akkerbouw en groenteteelt op volle grond op zandgronden worden toegepast.

Hoewel het hoogste gebruik van bestrijdingsmiddelen plaats vindt bij bloembollen en -knollen en bij glastuinbouw worden deze teelten voorlopig buiten beschouwing gelaten. Nader onderzoek moet uitwijzen of oppervlaktewater wat bedreigd wordt door deze teelten na infiltratie een bedreiging vormt voor duininfiltratiewinningen en winningen waar boezemwater wordt ingenomen voor de drinkwaterbereiding.

Fruitteelt wordt voorlopig eveneens buiten beschouwing gelaten, omdat meerdere bestrijdingsmiddelen alleen bij deze teelt worden gebruikt en daardoor een eenzijdig beeld kan ontstaan. Dit geldt ook in meer of mindere mate voor boomkwekerijgewassen (Berends, 1988).

Bovendien zijn vele boomgaarden gelegen in de Betuwe, waar lokale activiteiten de kwaliteit van het onttrokken grondwater slechts in geringe mate zullen beïnvloeden.

Mocht deze situatie veranderen, bijvoorbeeld door verschuiving of uitbreiding van teelten en/of waterwinningen, dan geven deze teelten, mede gezien het daaraan gekoppelde hoge verbruik en sterke verontreiniging van grond- en oppervlaktewater, aanleiding tot nader onderzoek. Rekening houdend met de milieucriteria voor grondwater vermeld in hoofdstuk 5 en gebaseerd op eigenschappen die het meest frequent bekend zijn, is het nu mogelijk een selectie te maken. Een middel komt voor verder onderzoek in aanmerking indien de oplosbaarheid groter is dan 30 mg/l en de halfwaardetijd onder aerobe omstandigheden groter dan 25 dagen. De keuze is gebaseerd op de oplosbaarheid omdat deze parameter mede informatie geeft over de octanol-watercoëfficiënt, K_{ow} , en de adsorptiecoëfficiënt, K_{oc} , (zie hoofdstuk 5). Aan persistentie wordt een zwaarder accent toegekend dan aan oplosbaarheid. Middelen waarvan de persistentie het milieucriterium met een factor 2 overschrijdt krijgen een dubbel gewicht.

Hoe strijdig de gegevens over afbraak kunnen zijn kan ten overvloede nog eens worden toegelicht aan 1,2-dichloorpropan. Leistra e.a. (1976) vonden gedurende 80 weken geen omzetting, Van Dijk (1980) vermeldt halfwaardetijden variërend tussen 41 en 69 dagen. Uit de gebeurtenissen in Drente is inmiddels wel gebleken aan welke getallen de meeste waarde moet worden toegekend.

Gebaseerd op deze informatie en criteria is het nu mogelijk een overzicht te maken van middelen waarvoor verder onderzoek noodzakelijk is. Dit overzicht is samengevat in tabel 6.9. In deze tabel is aangegeven of het middel op de zwarte of de witte lijst voorkomt, of de omzet groot is, of het in Nederland of in het buitenland reeds in het grondwater is aangetroffen, of het middel bij teelten op zandgrond wordt toegepast en welk criterium werd overschreden. Optelling van de scores voor overschrijding van de milieucriteria, omzet en gebruik op zandgrond geeft dan het belang voor nader onderzoek weer. Met het al of niet reeds aangetroffen zijn in grondwater wordt geen

rekening gehouden, aangezien aan het niet aangetroffen zijn geen gewicht kan worden toegekend: het middel is inderdaad niet aanwezig in het grondwater of er is niet naar gezocht of er is geen analyse methode voor beschikbaar.

Bij nader onderzoek wordt onderscheid gemaakt tussen enerzijds monitoring en onderzoek naar mogelijkheden om verwijdering en anderzijds inventariserend onderzoek of ontwikkeling van analysemethoden. Indien de middelen al in Nederland in het grondwater zijn aangetroffen, komt behoudens eventuele optimalisering van de analysemethode, alleen uitvoering van het eerstgenoemde onderzoek in aanmerking; indien de middelen in Nederland nog niet in het grondwater zijn aangetroffen, alleen het laatstgenoemde onderzoek.

Tabel 6.9 Overzicht van middelen waarvoor nader onderzoek noodzakelijk zou kunnen zijn. Aangegeven is of het middel op de zwarte of witte lijst voorkomt, of het al of niet reeds in het grondwater is aangetroffen, welke criteria werden overschreden, de omzet en het gebruik bij teelten op zandgrond.

middel	lijst	aangetroffen		criterium		omzet	gebruik op zandgr	moni- toring	invent. onderz.
		Ned	buitenl	S	DT50				
		(> 0,1 µg/l)							
aclonifen	w*	-	-	-	++	-	-	-	++
alachloor	v	+	+	+	++	+	nvt	+	-
aldicarb	z	+	+	+	++	+	+	+	-
aldicarb sulfon		+	+	+	++	+	+	+	-
aldicarb sulfoxide		-	+	+	++	+	+	-	+++++!
aldrin	v	-	+	-	++	nvt	nvt	-	++
amitrol	w	+	+	+	+	-	-	+	-

middel	lijst	aangetroffen		criterium		omzet	gebruik	moni-	invent.
		Ned	buitenl	S	DT50				
		(> 0,1 µg/l)					op		
							zandgr		
anilazin	w	-	-	-	-	+	-	-	+
asulam	z	-	-	+	+	-	-	-	++
atrazin	w**	+	+	+	++	+	+	+	-
desethylatrazin		+	+	+	++	+	+	+	-
desisopropylatrazin		+	+	+	++	+	+	+	-
benazolin	z	-	-	+	++	-	-	-	+++
benazolin-ethylz		-	-	+	+	-	-	-	++
bentazon	z	+	+	+	++	+	+	+	-
anthranilzuurisopropylamide		+	-	+	++	+	+	+	-
boraten	z	-	-	+	?	-	-	-	+?
bromacil	w**	+	+	+	++	-	-	+	-
bromoxynil	w	-	-	+	-	-	+	-	++
captafol	v	-	-	-	?	+	nvt	-	+?
arbeetamide	w*	-	-	+	+	-	-	-	++
carbendazim	w	-	-	-	++	+	-	-	+++
carbofuran	w	-	+	+	++	-	-	-	+++!
chloordaan	v	-	+	-	?	nvt	nvt	-	?
chloorfeninfosw		-	+	+	++	-	-	-	+++!
chloormequat	w	-	-	+	-	+	-	-	+++*
chloorprofam	w	-	-	+	++	+	-	-	++++
chloorpyrifos	w	-	-	-	++	-	+	-	+++
chloorthal-methyl									
	z	-	+	+	+	-	-	-	+
chloorthalonil	w	-	+	-	++	+	+	-	++++
chloortoluron	w	-	+	+	+	-	-	-	++!
clopyralid	nt	-	+	+	?	-	-	-	+!
choralhydraat	v	-	-	+	?	+	nvt	-	++?
chloridazon	w	-	+	+	++	+	-	-	++++!
cyanazin	w**	+	+	+	+	-	+	+	-
2,4-D	w*	-	+	+	+	+	-	-	+++
cdalapon	w*	-	-	+	-	+	-	-	++

middel	lijst	aangetroffen criterium				omzet	gebruik	moni-	invent.
		Ned	buitenl	S	DT50				
		(> 0,1 µg/l)					op		
							zandgr		
DBCP	v	-	+	+	++	nvt	nvt	-	+++!
DDT	v	-	+	-	++	nvt	nvt	-	++!
desmetryn	w	-	-	+	++	-	+	-	++++
diazinon	w	-	+	+	?	?	?	-	++?!
dicamba	z	-	+	+	-	-	-	-	+
dichlobenil	w	+	-	+	++	+	-	+	-
2,6-dichloorbenzamide		+	-	+	++	+	-	+	-
dichloorprop	w	-	+	+	-	+	-	-	++
1,3-dichloorpropeen									
	z	+	+	+	+	+	+	+	-
1,2-dichloorpropaan		+	+	+	++	+	+	+	-
1,3-dichloorpropaan		+	?	+	++	+	+	+	-
1,2,2-trichloorpropaan									
		+	?	+	++	+	+	+	-
1,2,3-trichloorpropaan									
		+	+	+	++	+	+	+	-
dichloran	w*	-	-	-	++	-	-	-	++
dieldrin	v	-	+	-	++	nvt	nvt	-	++!
dikegulac-natrium									
	z	-	-	+	++	-	-	-	+++
dimethoaat	w	-	+	+	-	-	+	-	++!
dinoseb	w**	+	+	+	++	+	+	+	-
diquat-dibromide									
	w	-	-	+	++	+	+	-	+++++*
diuron	w	+	+	+	++	-	+	+	-
DNOC	w*	+	-	+	-	+	-	+	-
EDB	v	-	+	+	++	nvt	nvt	-	+++!
endosulfan	w	-	+	-	++	-	-	-	++
endothal-natrium									
	z	-	-	+	-	-	-	-	+
ethiofencarb	z	-	-	+	-	-	-	-	+

middel	lijst	aangetroffen		criterium		omzet	gebruik	moni-	invent.
		Ned	buitenl	S	DT50				
		(> 0,1 µg/l)					op		
							zandgr		
ethofumesaat	w	-	-	+	++	-	+	-	++++
ethoprofos	w	+	-	+	+	+	+	+	-
etrimfos	z	-	-	+	-	-	-	-	+
fenmedifam	w	-	-	-	+	+	+	-	+++
fenpropimorf	w	-	-	-	++	+	+	-	++++
fentin-acetaat	w	-	-	-	++	+	+	-	++++
fluazifop-P-butyl									
	w*	-	-	-	-	-	+	-	+
fluroxypyr	z	-	-	+	++	-	+	-	++++
fonofos	w	-	+	-	?	-	-	-	?!
furalaxyl	w*	-	-	+	++	-	-	-	+++
glufosinaat-ammonium									
	z	-	-	+	+	-	-	-	++
glyfosaat	w	-	-	+	+	+	+	-	++++
heptachloor	v	-	+	-	++	nvt	nvt	-	++!
hexazinon	z	-	+	+	++	-	-	-	+++
iprodition	w	-	-	-	++	-	+	-	+++
isoproturon	w	-	+	+	+	+	+	-	++++!
lenacil	z	-	-	-	++	-	+	-	+++
lindaan	w	-	+	-	++	-	+	-	+++!
linuron	w	-	+	+	++	-	-	-	+++!
malathion	w	-	+	+	-	-	-	-	+!
mancozeb	w	-	-	-	-	+	-	-	+
maneb	w	-	-	-	++	+	+	-	++++
ETU		+	-	+	+	+	+	+	-
MCPA	w	+	+	+	++	+	+	+	-
MCPB	v	-	+	+	++	nvt	nvt	-	+++!
mecoprop	w*	+	+	+	+	+	+	+	-
metalaxyl	z	-	-	+	++	-	+	-	++++
metamitron	w*	+	-	+	+	+	+	+	-
metam-natrium	w	-	-	+	-	+	+	-	+++
MITC		+	+	+	-	+	+	+	-

middel	lijst	aangetroffen		criterium		omzet	gebruik	moni-	invent.
		Ned	buitenl	S	DT50				
		(> 0,1 µg/l)				zandgr			
metazachloor	z	-	+	+	++	-	+	-	++++!
methabenzthiazuron									
	w	-	+	+	-	+	+	-	+++!
methamidofos	w	-	+	+	?	-	-	-	+?!
methomyl	z	-	+	+	+	-	-	-	++
methylbromide	w**	+	+	+	-	+	nvt	+	-
metiram	w	-	-	-	-	+	-	-	+
metobromuron	w	-	+	+	?	-	+	-	++?!
metolachloor	z	+	+	+	++	+	+	+	-
metribuzin	w*	-	+	+	++	-	+	-	++++!
monolinuron	w	-	-	+	++	-	+	-	++++
oxamyl	w*	+	+	+	+	-	+	+	-
paraquat	w	-	-	-	++	+	+	-	++++*
parathion-ethylw		-	+	-	-	-	+	-	+!
parathion-methyl									
	w	-	+	+	-	-	-	-	+!
penconazool	w	-	-	+	++	-	+	-	++++
pencycuron	w	-	-	-	+	+	-	-	++
pendimethalin	w	-	+	-	++	-	+	-	+++!
pirimicarb	w	-	-	+	++	+	+	-	+++++
prochloraz	w	-	-	+	++	-	+	-	++++
profam	w	-	-	+	-	+	+	-	+++
prometryn	w**	-	-	+	++	-	+	-	++++
propachloor	z	-	-	+	-	+	+	-	+++
propazin	w**	-	+	-	++	-	+	-	+++
propiconazol	w	-	-	+	++	-	+	-	++++
propoxur	z	-	-	+	-	-	-	-	+
pyrazofos	w	-	-	-	+	-	+	-	++
pyridaat	w*	-	+	-	-	-	-	-	-!
quintozeen	w	-	-	-	++	+	-	-	+++
sethoxydim	w*	-	-	+	?	-	+	-	++?
simazin	w**	+	+	-	++	+	+	+	-

middel	lijst	aangetroffen		criterium		omzet	gebruik	moni-	invent.
		Ned	buitenl	S	DT50				
		(> 0,1 µg/l)					op		
							zandgr		
2,4,5-T	v	-	+	+	+	nvt	nvt	-	++!
2,3,6-TBA	v	-	+	+	+	nvt	nvt	-	++!
TCA	z	-	+	+	+	+	+	-	++++!
terbutryn	w	+	-	-	++	-	+	+	-
terbutylazin	t	-	+	-	++	-	-	-	++!
thiofanox	z	-	-	+	-	-	-	-	+
thiram	w	-	-	+	-	+	-	-	++
toxapheen	v	-	+	?	?	-	-	-	?
triadimenol	w	-	-	+	++	-	+	-	++++
triclopyr	z	-	-	+	?	-	-	-	+?
triforine	w**	-	-	+	-	-	?	-	+?
trifluralin	w	-	+	-	++	-	-	-	++
vamidothion	z	-	-	+	?	-	-	-	+?
vinchlozolin	w	-	-	+	+	+	+	-	++++
zineb	w	-	-	-	-	+	-	-	+

Toelichting op de tabel:

Lijst: z : middel behorend tot de zwarte lijst,

v : inmiddels verboden middel,

w : middel behorend tot de witte lijst,

w* : middel behorend tot de witte lijst met beperkingen,

w** : middel wordt binnenkort verboden, (Tweede Kamer, 1989/1990, 21304),

t : middel is toegelaten, nog niet wit of zwart verklaard,

nt : middel is niet toegelaten in Nederland.

Oplosbaarheid S : -: < 30 mg/l +: > 30 mg/l ?: onbekend

Persistentie DT50 : -: < 25 dagen +: > 25 dagen ++: > 50 dagen

Omzet: +: omzet in enig jaar tussen 1985 en 1987 groter dan 50 ton

-: omzet in alle jaren minder dan 50 ton

Prioriteit: *: mobiliteit (vermoedelijk) geringer dan op grond van oplosbaarheid wordt verwacht

!: in buitenland reeds in grondwater aangetroffen, nog niet in Nederland.

Uit tabel 6.8 blijkt dat met enkele uitzonderingen in het buitenland alle middelen die in het grondwater zijn aangetroffen de gestelde milieucriteria overschrijden; andersom is niet altijd het geval, maar hier geldt weer dat er mogelijk niet doelbewust naar is of kon worden gezocht. Rekening houdend met de onzekerheid in de gepubliceerde getallen, bestaat er, voor zover valt na te gaan, geen wezenlijk verschil tussen middelen die in het (ondiepe) grondwater en die welke in het onttrokken grondwater zijn aangetroffen. Wel blijkt de dosering van deze laatste middelen hoger.

Met behulp van de tabel is het nu mogelijk een selectie te maken van middelen waarvoor nader onderzoek noodzakelijk is. Zoals reeds vermeld betreft dit of monitoring en onderzoek naar mogelijkheden van verwijdering of inventariserend onderzoek en ontwikkeling van analysemethoden.

Middelen die in tabel 6.8 in de kolom inventarisatie en ontwikkeling analysemethoden de meeste plussen scoren bezitten de hoogste prioriteit. Binnen deze prioriteitstelling is nog een gradatie mogelijk. Middelen die bij veel teelten worden toegepast hebben een hogere prioriteit dan middelen die slechts bij enkele teelten worden toegepast. Hierbij moet nog wel de dosering in acht worden genomen.

Middelen die al wel in het buitenland in het grondwater zijn aangetroffen maar nog niet in Nederland zijn apart aangegeven. Voor deze middelen zijn blijkbaar al wel analysemethoden beschikbaar maar mogelijk nog niet op het vereiste niveau of aangepast aan de Nederlandse omstandigheden.

Dit overzicht kan misleidend zijn aangezien geen rekening kan worden gehouden met omzetting onder anaerobe omstandigheden, aangezien informatie hierover nauwelijks beschikbaar is. Zoals reeds vermeld, kan het grondwater al op zeer geringe diepte anaerob zijn.

In een volgende fase van onderzoek zullen de bestrijdingsmiddelen, die bij de niet beschouwde teelten worden gebruikt, worden geëvalueerd.

Bestrijdingsmiddelen worden niet alleen in land- en tuinbouw gebruikt, maar ook voor andere doeleinden, bijvoorbeeld het kaal houden van terreinen (zie hoofdstuk 3, tabel 3.26). Op deze toepassingen wordt hier niet ingegaan.

Meerdere teelten zijn tot bepaalde gebieden beperkt, bijvoorbeeld fabrieksaardappelen in het Veenkoloniale gebied, suikerbieten op zand in Limburg, consumptie-aardappelen in Limburg, pootaardappelen in Drenthe, groenteteelt in volle grond in Noord-Brabant en Limburg. In deze regio's dienen geschikte locaties voor verder inventariserend onderzoek gevonden te worden.

Een apart probleem wordt gevormd door inmiddels verboden middelen. Meerdere van deze middelen zijn in het buitenland in het grondwater aangetroffen.

In dit hoofdstuk is slechts in geringe mate rekening gehouden met metaboliëten. Hierover is nog weinig bekend (zie hoofdstuk 5).

6.5 Conclusies en aanbevelingen

Algemeen:

Bij de prioriteitstelling van in het onderzoek te betrekken bestrijdingsmiddelen speelt van alle factoren, mede door gebrek aan bekende overige gegevens, de oplosbaarheid welke medebepalend is voor de mobiliteit, een belangrijke rol.

Daarnaast behoren zeer persistente verbindingen eveneens tot de stoffen die met prioriteit in toekomstig onderzoek moeten worden betrokken.

Voor stoffen die reeds eerder zijn aangetoond is monitoring onderzoek noodzakelijk; het niet eerder aangetoond zijn heeft niet meegewogen bij de prioriteitsstelling daar dit ook kan betekenen dat er nog niet eerder onderzoek naar is verricht.

Over de vorming en het gedrag van metabolieten van bestrijdingsmiddelen is nog weinig bekend; het vóórkomen van metabolieten in het grondwater bevestigt de noodzaak voor verder onderzoek.

Oppervlaktewater:

productie van een circa 100-tal bestrijdingsmiddelen in het stroomgebied van de Rijn en een 6-tal in het stroomgebied van de Maas kan een belangrijke bedreiging voor deze bronnen voor de productie van drinkwater vormen. Toetsing aan gehanteerde criteria voor de oplosbaarheid en persistentie levert meer dan 54 middelen op waarvoor met prioriteit inventariserend onderzoek moet plaatsvinden. Voor middelen binnen deze categorie die reeds regelmatig aangetroffen zijn dient een regelmatige monitoring en eventueel onderzoek naar de verwijdering bij de zuivering uitgevoerd te worden.

Goed oplosbare en persistente middelen geproduceerd langs de Rijn:

ametryn	maleine hydrazide
amitrol	MCPA
atrazin	MCPB
azinfos-methyl	mecoprop
bentazon	metalaxyl
benzthiazuron	metamitron
carbendazim	metoxuron
carbofuran	metribuzin
chloorfeninfos	monolinuron
chloridazon	norflurazon
2,4-D	omethoat
desmetryn	oxadixyl
DBCP	prometryn
dicamba	propetamfos
2,2-dichloorpropionzuur	propoxur
dikegulac-natrium	simazin
dimethoat	2,4,5-T
dinoseb	TCA
dinoseb-acetaatnzuur	terbumeton
fenamifos	triadimefon
fenpropimorf	triallaat
fentinacetaat	2,4,5-trichloorfenol
o-fenylfenol	2,4,6-trichloorfenol
glufosinaatammonium	trichloorfon
linuron	

Goed oplosbare en persistente middelen geproduceerd langs de Maas:
EPTC en molinaat

Minder oplosbare en persistente middelen: butylaat, cycloaat, pebu-
laat en vernolaat.

Toepassing in de landbouw gecombineerd met het gedrag van middelen
levert eveneens een groot aantal bestrijdingsmiddelen op die een
bedreiging voor de oppervlaktewaterkwaliteit met het oog op de

drinkwaterproductie. Voor de Rijn betreft dit meer dan 30 middelen en voor de Maas meer dan 20 middelen die een hoge gecombineerde score bezitten ten aanzien van toepassing, oplosbaarheid en persistentie.

Rijn:

amitrol
atrazin
des-ethylatrazin
des-isopropylatrazin
bentazon
chloortoluron
clopyralid
2,4-D
2,6-dichloorbenzamide
ethofumesaat
fluorchloridon
glufosinaat
glyfosaat
isoproturon
MCPA
mecoprop
metamitron
metobromuron
metribuzin
pendimethalin
simazin
terbutylazin
ETU
metalaxyl
oxadixyl
propiconazool
triadimefon
triadimenol
pirimicarb

Maas:

alachloor
aldicarb en metabolieten
atrazin
des-ethylatrazin
des-isopropylatrazin
bentazon
carbofuran
chloortoluron
chloridazon
ethofumesaat
isoproturon
MCPA
mecoprop
metamitron
metolachloor
napropamide
ETU
prochloraz
propiconazool
triadimefon
triadimenol

Voor kleinere oppervlaktewateren dan de Rijn en de Maas welke gebruikt worden voor de drinkwaterbereiding moeten aanvullende inventarisaties uitgevoerd worden van toegepaste middelen die in het betreffende water kunnen geraken.

Oevergrondwater:

Voor verbindingen die in het verleden regelmatig in de Rijn zijn aangetoond of al eerder in oevergrondwater zijn aangetroffen is een regelmatige monitoring van de waterkwaliteit van het gewonnen oevergrondwater nodig eventueel gevolgd door onderzoek naar de verwijdering bij de zuivering.

Explorerend onderzoek naar een mogelijk voorkomen is bovendien nodig voor die verbindingen die een bedreiging vormen voor de kwaliteit van het Rijnwater.

Grondwater:

Met enkele uitzonderingen in het buitenland overschrijden alle middelen die in het grondwater zijn aangetroffen de milieucriteria voor grondwater. Van stoffen met eigenschappen welke de milieucriteria overschrijden zijn ook vaak geen gegevens over een mogelijk voorkomen in grondwater bekend, dit kan samenhangen met het ontbreken van analysemethoden, of er is niet doelbewust naar gezocht.

Voor zover valt na te gaan, bestaat er geen wezenlijk verschil in eigenschappen tussen middelen die in het onttrokken grondwater en middelen die tot nu toe in het ondiepe grondwater zijn aangetroffen. Deze middelen zijn reeds doorgedrongen tot het voorportaal van de winningen en waterleidingbedrijven dienen voor de aanwezigheid van deze middelen in het bijzonder op hun hoede te zijn. Wel is het zo dat middelen aangetroffen in het onttrokken grondwater in hoge dosering worden toegepast.

Op basis van de middelen die bij akkerbouw en groenteteelt op volle grond op zandgronden worden toegepast, samen met de bijbehorende eigenschappen oplosbaarheid/adsorptie en biologische omzetting onder aerobe omstandigheden is een selectie gemaakt van middelen waarvoor verder onderzoek noodzakelijk is.

Indien de middelen al in Nederland zijn aangetroffen, dan betreft dit monitoring of onderzoek naar de mogelijkheden van verwijdering. Indien de middelen nog niet in het grondwater zijn aangetroffen, betreft dit inventariserend onderzoek en/of ontwikkeling van analysemethoden. Om hierin een rangorde aan te brengen, zijn aan onderscheiden criteria gewichten toegekend. Overschrijding van de milieucriteria voor grondwater met betrekking tot oplosbaarheid en persistentie, omzet en gebruik tellen hierin met gelijk gewicht mee. Middelen waarvan de persistentie het milieucriterium met een factor twee overschrijden, krijgen een dubbel gewicht. Dit resulteert in het volgende overzicht:

Voor de volgende middelen dient monitoring onderzoek en/of onderzoek naar verwijderingsmogelijkheden te worden uitgevoerd:

alachloor, aldicarb + metabolieten, amitrol, atrazin, bentazon, bromacil, cyanazin, dichlobenil + metabolieten, 1,3 dichloorpropeen + metabolieten, dinoseb, diuron, DNOC, ethoprofos, maneb + metabolieten, MCPA, mecoprop, metamitron, metam-natrium + metabolieten, methylbromide, metolachloor, oxamyl, simazin, terbutryn, zineb + metabolieten.

Ontwikkeling van analysemethoden en inventariserend onderzoek is van belang voor de volgende middelen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen de middelen die reeds in het buitenland zijn aangetoond in het grondwater en middelen die nog niet zijn aangetroffen.

Reeds in het buitenland in het grondwater aangetroffen:

- ++++: chloridazon, isoproturon, metazachloor, metribuzin, TCA.
- +++ : carbofuran, chloorfenvinfos, EDB, lindaan, linuron, meta-benzthiazuron, pendimethalin, DBCP, MCPB.

Nog niet in het buitenland in het grondwater aangetroffen:

- ++++: chloorprofam, chloorthalonil, desmetryn, fenpropimorf, fentinacetaat, fluroxypyr, glyfosfaat, metalaxyl, ethofumesaat, monolinuron, penconazool, pirimicarb, prochloraz, prometryn, propiconazol, triadimenol, vinchlozolin.
- +++ : benazolin, carbendazim, chloorpyrifos, 2,4-D, dikegulacnatrium, fenmedifam, furalaxyl, hexazinon, ipodrion, lenacil, profam, propachloor, propazin, quitonzeen.

Bij deze prioriteitstelling kunnen inmiddels verboden middelen niet hoog scoren aangezien zij geen gewicht toegediend kunnen krijgen voor omzet en gebruik. Deze middelen dienen alsnog in beschouwing te worden betrokken.

Bij dit overzicht kon geen rekening worden gehouden met afbraak onder anaerobe omstandigheden, omdat hierover nauwelijks informatie beschikbaar is.

Bij de overige teelten (kassen etc.) is het middelengebruik groter, maar de oppervlakte geringer dan in akkerbouw en groenteteelt. Bovendien komen deze teelten over het algemeen niet in grote mate binnen beschermingsgebieden voor. In een volgende fase zal onderzoek naar deze middelen worden uitgevoerd.

Van inmiddels verboden middelen zijn meerdere middelen in het buitenland in het grondwater aangetroffen. Nader onderzoek naar de situatie in Nederland is dringend gewenst.

6.6 Literatuur

- BAL, A.: 1989. Herkomst bestrijdingsmiddelen. RIWA, Amsterdam.
- BERENDS, A.G.: 1988. Bestrijdingsmiddelen en oppervlaktewaterkwaliteit, een inventarisatie van het gebruik van bestrijdingsmiddelen in de akkerbouw en tuinbouw. Rijkswaterstaat, Dienst Binnenwateren/RIZA/IOB, 110 p. met bijlagen.
- DIJK, VAN H.: 1980. Dissipation rates in soil of 1,2-dichloropropane and 1,3- and 2,3,-dichloropropenes. Pestic Sci 11, 625-632.
- DUIJVENBOODEN, VAN H., BREEUWSMA, A., BOUMANS, L., GROOT OBBINK, D.J., JELGERSMA, S., STRATEN, VAN H., WOESTEN, J.H.M.: 1987. Kwetsbaarheid van het grondwater, kartering van kenmerken van de Nederlandse bodem in relatie tot de kwetsbaarheid van het grondwater voor verontreiniging. Bodembescherming 65, 69 p. met kaarten, RIVM rapport 840387003.
- GROOT, DE R.: 1989. Lozingen van chloorfenoxycarbonsuren op de Rijn. H2O, nr. 14, p. 444-446.
- KOOIJ, VAN DER D.: 1985. Drinkwater uit oevergrondwater. Mededeling nr. 89, Nieuwegein (KIWA), 1985.
- LEISTRA, M. ROBERTS, T.R., STOYDIN, G.: 1976. The degradation of (Z)- and (E)-1,3-dichloropropenes and dichloropropane in soil. Pestic Sci 7, 325-335.
- MULDER, J.K.: 1986. Bestrijdingsmiddelen in relatie tot de drinkwatervoorziening van het Gemeentelijk Waterbedrijf Groningen.
- SMEENK, J.G.M.M., SOPPE, A.I.A.: 1988. Bestrijdingsmiddelen in grondwater en in oppervlaktewater bestemd voor de bereiding van drinkwater. KIWA, SWE 88-006, Nieuwegein, 1988.
- TWEEDE KAMER der Staten Generaal: 1988-1989. Milieucriteria ten aanzien van stoffen ter bescherming van bodem en grondwater. 21012, nr.2.
- TWEEDE KAMER der Staten Generaal: 1989-1990. Milieuprogramma, voortgangsrapportage 1990-1993. 21304, nr 1-2.
- WATERLEIDINGBESLUIT: 1984.

7 ANALYSEMETHODEN VOOR BESTRIJDINGSMIDDELEN IN WATER

7.1 Inleiding

Ten behoeve van het onderzoek naar en de monitoring van het vóórkomen van bestrijdingsmiddelen in de ruwwaterbronnen, welke worden gebruikt voor de productie van drinkwater, en het daaruit bereide drinkwater is het noodzakelijk te beschikken over analysemethoden voor bestrijdingsmiddelen en metaboliëten.

Aan deze methoden moeten eisen gesteld worden wat betreft onderste analysegrens en betrouwbaarheid, rekening houdend met de waarden vermeld in het waterleidingbesluit.

Op dit moment is het niet mogelijk om alle toegelaten middelen met de beschikbare analysetechnieken routinematig te meten. Voor de uitvoering van onderzoek naar het vóórkomen van bestrijdingsmiddelen is daarom in het verleden door het KIWA een overzicht gemaakt van bestrijdingsmiddelen die bij laboratoria van waterleidingbedrijven en een drietal andere laboratoria onderzocht kunnen worden.

In dit hoofdstuk zal de huidige stand van zaken worden weergegeven met betrekking tot beschikbare technieken en aangegeven worden voor welke (groepen) middelen in de toekomst nog methoden ontwikkeld moeten worden.

7.2 Eisen gesteld aan analysemethoden voor bestrijdingsmiddelen in water

Bij een inventarisatie van de beschikbaarheid en bij de ontwikkeling van analysemethoden voor bestrijdingsmiddelen in water dienen eerst een aantal specificaties te worden geformuleerd waaraan deze methoden moeten voldoen. Er zullen bijvoorbeeld eisen gesteld moeten worden aan de gewenste onderste analysegrens, betrouwbaarheid en uitvoerbaarheid.

Ten aanzien van de matrix waarin gemeten moet kunnen worden geldt dat de methode uitgevoerd moet kunnen worden in drinkwater en in ruw grondwater en oppervlaktewater wat gebruikt wordt voor de drinkwaterproductie.

In het waterleidingbesluit met bijlagen en de nota van toelichting hierop wordt verder ingegaan op de begrippen precisie, systematische afwijking en aantoonbaarheidsgrens.

De waarden voor deze begrippen opgenomen in de bijlage C van het waterleidingbesluit voor methoden voor bestrijdingsmiddelen bedragen:

Precisie	:	$2(s) \leq 50\%$ van $0,5 \mu\text{g/l}$
Systematische afwijking	:	$\leq 50\%$ van $0,5 \mu\text{g/l}$
Aantoonbaarheidsgrens	:	$0,05 \mu\text{g/l}$
Standaardwaarde	:	$0,5 \mu\text{g/l}$

In de nota van toelichting zijn deze begrippen als volgt verder omschreven:

Precisie wordt gedefinieerd als het interval waarin 95% van de resultaten worden gevonden van metingen die volgens dezelfde methode op eenzelfde monster worden uitgevoerd en vastgesteld door middel van onderzoek naar de herhaalbaarheid van metingen volgens die methode op het niveau van de standaardwaarde. De precisie-eis is dan de eis die wordt gesteld aan de grootte van de standaardafwijking (s) bij onderzoek naar de herhaalbaarheid van de metingen volgens de toegepaste analysemethode.

Ten aanzien van de standaarddeviatie van de methode betekent de boven vermelde eis dat deze beter is dan 25% op een niveau van 10-maal de aantoonbaarheidsgrens.

De systematische afwijking wordt omschreven als het verschil tussen de werkelijke waarde en de experimenteel vastgestelde gemiddelde waarde, ook weer vastgesteld voor de standaardwaarde, dat wil zeggen een oplossing met een concentratie van $0,5 \mu\text{g/l}$.

Dit betekent voor het rendement van de methode, wanneer dit wordt beschouwd als een systematische negatieve afwijking van de werkelijke waarde, veroorzaakt door een onvolledige isolatie van de verbindingen uit het water of een onvolledige omzetting voor detectie kan plaatsvinden, dat dit minimaal 50% moet bedragen voor een concentratie van 0,5 $\mu\text{g/l}$.

De aantoonbaarheidsgrens wordt omschreven als die concentratie waarvoor geldt dat bij meting van een oplossing met die concentratie de gemiddelde waarde van een serie meetuitkomsten groter is dan driemaal de standaardafwijking van een serie blankobepalingen vermeerderd met het gemiddelde van laatstbedoelde meetuitkomsten (blanko-waarden).

Deze definitie komt overeen met die voor het begrip analysegrens; in beide gevallen gaat het om de minimale hoeveelheid die kwantitatief bepaald kan worden.

Als definitie voor de onderste analysegrens wordt ook wel algemeen gehanteerd dat dit minimumgehalte met een betrouwbaarheid van 99% kan worden bepaald in een monster bestaande uit de gegeven matrix en de component, en wordt berekend op basis van de standaarddeviatie vastgesteld uit 5-10 metingen van de betreffende component toegevoegd op een niveau van 5-10 maal de geschatte analysegrens, en de daarbij behorende student-t waarde die afgerond 3 bedraagt (MDL-methode). Een preciese definiëring van de bepaling van de waarde van de analysegrens is gegeven in bijlage 7.1.

In het geval van methoden voor organische microverontreinigingen is deze tweede definitie beter hanteerbaar omdat er uitgegaan wordt van een standaarddeviatie vastgesteld voor een meetserie bij een omschreven concentratie in de matrix waarin ook de analyses worden uitgevoerd. Dit in tegenstelling tot de eerste methode waarin uitgegaan wordt van gedestilleerd gedemineraliseerd water waarin de van nature aanwezige organische matrix ontbreekt welke een grote invloed kan hebben op de uiteindelijke analyseresultaten.

Een probleem hierbij is echter dat de matrix van monster tot monster sterk kan variëren, en tevens dat op een niveau van 5-10 maal de geschatte analysegrens de standaarddeviatie heel anders kan zijn dan op het niveau van de analysegrens. Bovendien is deze methode niet bruikbaar als de component al in het monster aanwezig is.

Een derde mogelijke methode is het bepalen van de standaarddeviatie van een serie van 5-10 metingen van een gehalte toegevoegd aan water, op een niveau van 1 tot 2 maal de geschatte analysegrens in drinkwater, waarin de component oorspronkelijk afwezig is. Na vermenigvuldiging met de bijbehorende student-t waarde (circa 3) levert dit de analysegrens. De beperkingen van beide vorige methoden worden dan grotendeels ondervangen.

Over de juistheid van de analysemethode moet worden opgemerkt dat het bij de meestal toegepaste chromatografische technieken mogelijk is dat andere componenten dan het onderzochte bestrijdingsmiddel een vals positieve bijdrage kunnen leveren waardoor bevestiging van de resultaten met een andere techniek, bijvoorbeeld met massaspectrometrie, noodzakelijk is. Dit is zeker het geval wanneer het eerste verkennende onderzoeksresultaten betreft van een voor het betreffende middel nog niet eerder onderzochte locatie.

Ter voorkoming van publikatie van onjuiste gegevens is hierom een gedragscode voor bevestiging van onderzoeksresultaten afgesproken door de Raad van Bijstand, zie bijlage 7.2. Deze gedragscode houdt onder andere in een bevestiging van het gemeten voorkomen en een bevestiging van de identiteit van het aangetroffen middel met een andere analysetechniek, bij voorkeur massaspectrometrie.

7.3 Inventarisatie van beschikbare analysemethoden voor bestrijdingsmiddelen in water anno 1989

In 1988 heeft een eerste inventarisatie plaatsgevonden van beschikbare analysemethoden voor bestrijdingsmiddelen onder laboratoria van drinkwaterleidingbedrijven en een aantal onderzoeksinstituten. Daarbij zijn toen geen criteria gehanteerd ten aanzien van de kwaliteiten van de methoden, wel moest de methode routinematig in opper

vlaktewater kunnen worden uitgevoerd door het desbetreffende laboratorium en moest de onderste analysegrens worden opgegeven (bijlage 7.1).

In 1989 is er door de Dienst Binnenwateren / RIZA (DBW/RIZA, 1989) op basis van deze lijst een aanvullende inventarisatie gemaakt welke met name enkele aanvullingen te zien geeft voor de analyse van een aantal middelen in drinkwater bij het Rijksinstituut voor de Volksgezondheid en Milieuhygiëne.

Uit deze gegevens moet de conclusie worden getrokken dat voor een groot aantal opgegeven middelen nog verschillen bestaan in de onderste analysegrens en daaraan gekoppeld de betrouwbaarheid of zelfs onvoldoende informatie over de kwaliteit van de toegepaste bepalingsmethoden bestaat; deze moet in de toekomst middels een verdere inventarisatie of de organisatie van ringonderzoeken nog verder in kaart worden gebracht.

Ook blijkt uit de gegevens dat voor een groot aantal middelen nog geen methoden beschikbaar zijn en dat voor een eveneens groot aantal middelen de methoden niet routinematig toepasbaar zijn bij meerdere laboratoria.

7.4 Nog te ontwikkelen methoden

Op basis van de informatie gegeven in eerdere hoofdstukken is in bijlage 7.3 een lijst van middelen opgesteld waarvoor methoden operationeel moeten zijn.

Deze lijst is in eerste instantie zo breed mogelijk opgesteld, dat wil zeggen dat er zowel alle op dit moment in Nederland toegelaten actieve stoffen als in Duitsland, België, Frankrijk en Zwitserland toegelaten middelen alswel in het verleden toegelaten middelen en bekende metabolieten in op zijn genomen. Niet alle mogelijke metabolieten zijn vermeld omdat een totaal overzicht van mogelijke metabolieten ontbreekt.

In deze lijst is op basis van gegevens van eerder door het KIWA en DBW-RIZA uitgevoerde inventarisaties aangegeven of er een analysemethode bij laboratoria van waterleidingbedrijven beschikbaar is en of er elders mogelijk methoden beschreven of beschikbaar zijn. De

beschikbaarheid van in de literatuur beschreven methoden kan voor een aantal middelen eveneens een criterium bij een prioriteitsstelling vormen omdat voor die middelen mogelijk met een geringere inspanning een methode operationeel gemaakt kan worden.

De ontwikkeling van methoden ten behoeve van een routinematige controle dient gericht te zijn op de ontwikkeling van breed screenende multimethoden waarmee zoveel mogelijk middelen tegelijkertijd bepaald worden. Ten behoeve van het nog uit te voeren explorerende onderzoek naar middelen waarvan over het mogelijke vóórkomen nog weinig bekend is kan in eerste instantie eventueel volstaan worden met minder breed screenende en minder routinematig uit te voeren methoden.

Bij het opstellen van de tabel is uitgegaan van de opgave van de diverse laboratoria en is als enig criterium een analysegrens van 0,1 $\mu\text{g/l}$ gehanteerd. Tot slot zullen voor de meeste in de tabel vermelde middelen nog aanvullende gegevens verzameld moeten worden om vast te stellen of deze methoden voldoen aan de gestelde criteria. Indien dit niet het geval is zullen ook deze methoden verder geoptimaliseerd of aangepast moeten worden. Deze vaststelling kan plaatsvinden door middel van het organiseren van ringonderzoeken.

Als resultaat van de eerder uitgevoerde inventarisaties zijn in 1988 (waterleiding-)laboratoria in het kader van activiteiten van de Werkgroep Analyse Organische Parameters of op eigen initiatief gestart met de ontwikkeling van methoden voor een aantal middelen; dit is voor deze middelen ook aangegeven in de tabel.

7.5 Literatuur

DBW/RIZA: 1989. Tweede concept overzicht analysemogelijkheden.

8 PRIORITEITSSTELLING BESTRIJDINGSMIDDELEN

8.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt op grond van gegevens uit de voorgaande hoofdstukken een indeling gemaakt van bestrijdingsmiddelen naar relevantie voor de drinkwatervoorziening in Nederland. De indeling is gebaseerd op gegevens betreffende gebruik, productie, eigenschappen en gedrag in het milieu. In hoofdstuk 6 is reeds ingegaan op de voor de verschillende soorten productiebedrijven van belangzijnde bestrijdingsmiddelen. In dit hoofdstuk wordt geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende watertypen, maar wordt aangegeven welke prioriteit een bepaald middel voor de gehele drinkwatervoorziening in Nederland heeft. Hierbij wordt direct opgemerkt dat het een lijst betreft, welke bij beschikbaar komen van aanvullende en/of nieuwe gegevens aangepast zal moeten worden.

8.2 Prioritaire bestrijdingsmiddelen

De bestrijdingsmiddelen welke in principe in het ruwe water van de drinkwaterbedrijven terecht kunnen komen zijn ingedeeld in vier categorieën. De categorie van een bestrijdingsmiddel wordt bepaald door het aantal punten dat het middel op grond van eerder genoemde gegevens krijgt toegewezen. In tabel 8.1 is weergegeven op welke wijze de puntentelling tot stand is gekomen:

Tabel 8.1 Puntentelling ten behoeve van categorie-indeling.

Aspect	Punten
Omzet in één van de jaren 85-87 groter dan 200 ton:	3
Omzet in één van de jaren 85-87 groter dan 50 ton:	2
Bestrijdingsmiddel wordt gebruikt in Nederland:	1
Bestrijdingsmiddel wordt geproduceerd langs de Rijn	1
Bestrijdingsmiddel wordt geproduceerd langs de Maas	1
Bestrijdingsmiddel wordt relatief veel gebruikt in het stroomgebied van de Rijn	1
Bestrijdingsmiddel wordt relatief veel gebruikt in het stroomgebied van de Maas	1
Oplosbaarheid van bestrijdingsmiddel is groter dan 100000 mg/l	3
Oplosbaarheid van bestrijdingsmiddel is groter dan 1000 mg/l	2
Oplosbaarheid van bestrijdingsmiddel is groter dan 10 mg/l	1
Halfwaardetijd voor aerobe afbraak is groter dan 50 dagen	2

De categorie waarin een bestrijdingsmiddel wordt ingedeeld, wordt in principe bepaald door het aantal punten op grond van omzet, oplosbaarheid en productie en gebruik langs Rijn en Maas. De punten voor de afbraak worden in principe alleen meegeteld als extra punten. Hiervoor zijn verschillende argumenten aan te voeren. Ten eerste zijn er maar van een beperkt aantal bestrijdingsmiddelen gegevens bekend. Daarnaast betreft het slechts gegevens over de aerobe afbraak. Tenslotte kunnen bij afbraak metaboliëten ontstaan die even schadelijk of schadelijker zijn dan de uitgangsverbinding. Dit betekent dat een bestrijdingsmiddel maximaal 10 punten kan krijgen en daarnaast 2 extra punten in het geval dat de DT 50 groter dan 50 dagen is. De 2 extra punten worden gebruikt om een middel uit de top

van een categorie over te hevelen naar een hogere categorie. Bovenstaande methode leidt tot de categorie-indeling, zoals weergegeven in de volgende tabellen. In categorie 1 (tabel 8.2) zijn de bestrijdingsmiddelen opgenomen die 6,7,8,9 of 10 punten hebben. Tevens zijn de middelen met 5 punten en 2 extra punten opgenomen.

Tabel 8.2 Bestrijdingsmiddelen in categorie 1.

Bestrijdingsmiddel	Punten	Afbraak	Analyse- methode
aldicarb	5	2	-
amitrol	6	0	-
atrazin	7	2	+
bentazon	7	2	+
carbendazim	5	2	+
chloormequat *	8	0	-
chloortoluron	5	2	+
chloridazon	5	2	-
dikegulac	5	2	+
ethefon	7	0	-
fenpropimorf	5	2	-
glufosinaat	5	0	-
maneb (ETU)	5	2	-
MCPA	7	2	+
mecoprop	7	0	+
metamitron	8	0	-
metam-natrium (MITC)	7	0	-
metribuzin	5	2	+
oxadixyl	5	2	-
paraquat *	6	2	-
TCA	7	2	-
triadimefon	5	2	-

* : middel met een lagere mobiliteit dan op grond van oplosbaarheid verwacht wordt, daarom geen prioriteit.

In tabel 8.3 zijn de bestrijdingsmiddelen uit categorie 2 opgenomen. Deze middelen hebben 3+2, 4, 4+2 of 5 punten.

Tabel 8.3 Bestrijdingsmiddelen in categorie 2.

Bestrijdingsmiddel	Punten	Afbraak	Analyse- methode
acefaat	4	?	-
azinfos-methyl	3	2	+
butoxycarboxim	4	?	-
carbofuran	4	2	-
chloorfeninfos	3	2	+
chloorprofam	3	2	-
cymoxanil	4	0	-
2,4-D	5	0	-
dalapon	5	0	-
daminozide	4	?	-
dazomet	4	0	-
desmetryn	3	2	+
dicamba	4	0	-
dichlobenil	4	2	+
dichloorprop	4	0	+
1,3 dichloorpropeen	4	0	+
dichloorvos	4	0	+
difenzoquat	4	?	-
dimethoaat	4	0	+
dinoseb	5	0	+
endosulfan	3	2	+
endothal-natrium	4	0	-
EPTC	4	0	-
ethofumesaat	4	2	-
ethoprofos	4	0	+
fenmedifam	4	0	-
fentinacetaat	4	2	-
fluroxypr	3	2	-
formaline	4	0	-

Bestrijdingsmiddel	Punten	Afbraak	Analyse- methode
formothion	4	0	-
fosfamidon	5	?	+
glyfosaat	5	0	-
guazatine	4	?	-
hexazinon	3	2	-
iprodion	4	2	-
isoproturon	5	0	+
linuron	3	2	+
maleinehydrazide	4	0	-
mancozeb	4	0	-
metalaxyl	5	0	+
methabenzthiazuron	5	0	-
methamidofos	5	?	-
metiram	4	0	-
metolachloor	3	2	+
metoxuron	3	2	+
mevinfos	5	0	+
monocrotofos	4	0	-
monolinuron	3	2	+
omethoat	5	0	+
oxamyl	4	0	-
oxydemeton-methyl	5	?	-
parathion-ethyl	5	0	+
penconazool	3	0	-
pendimethalin	3	2	-
pirimicarb	4	2	-
prochloraz	3	2	-
prometryn	3	2	+
propamocarb	4	0	-
propiconazool	4	2	-
propoxur	4	0	-
simazin	4	2	+
thiocyclam-hydrogeenoxalaat	4	?	-

Bestrijdingsmiddel	Punten	Afbraak	Analyse- methode
tolyfluanide	4	?	-
triadimenol	4	2	-
trichloorfon	5	0	-
vamidotion	4	?	-
vinchlozolin	5	0	-

In tabel 8.4 zijn de bestrijdingsmiddelen uit categorie 3 weergegeven. Het betreft bestrijdingsmiddelen met 2, 2+2, of 3 punten.

Tabel 8.4 Bestrijdingsmiddelen uit categorie 3.

Bestrijdingsmiddel	Punten	Afbraak	Analyse- methode
alachloor	2	2	+
anilazin	3	0	-
asulam	3	0	-
azamethiofos	3	?	-
azinfos-ethyl	2	2	-
benazolin	2	2	-
benzthiazuron	2	2	-
bromacil	2	2	+
broompropylaat	2	2	-
butocarboxim	3	?	-
butylaat	3	0	-
captan	3	?	-
carbaryl	3	0	-
carbeetamide	3	0	-
chloorthalonil	3	0	+
chloorthiamide	3	0	-

Bestrijdingsmiddel	Punten	Afbraak	Analyse- methode
clopyralid	3	?	-
cycloaat	3	0	-
demeton-S-methylsulfon	3	?	-
dichlofluanide	3	0	-
diuron	2	2	+
DNOC	3	0	+
ethiofencarb	3	0	-
etrimfos	3	0	+
fenaminosulf	3	?	-
fenarimol	3	?	-
fenthion	3	0	-
ferbam	3	0	-
fluorchloridon	3	0	-
fosalone	3	0	-
furalaxyl	2	2	-
heptenofos	3	?	-
hymexazool	3	?	-
imazalil	3	?	-
2,4 MCPB	2	2	-
metazachloor	3	0	+
methidathion	3	?	+
methiocarb	3	?	-
MITC	3	?	+
metobromuron	3	0	+
napropamide	2	2	-
penconazool	3	0	-
procymidon	2	2	-
propachloor	3	0	-
propetamfos	3	0	+
quintozeen	2	2	+
sethoxydim	3	?	+
terbutryn	3	0	+
tetrachloorvinfos	3	0	+

Bestrijdingsmiddel	Punten	Afbraak	Analyse- methode
thiofanox	3	0	-
thiometon	3	0	+
thiram	3	0	-
triallaat	2	2	+
triasulforon	3	0	-
triazofos	3	?	-
tridemorf	3	?	-
trifluralin	2	2	-
validamycine	3	0	-

De bestrijdingsmiddelen in categorie 4 zijn opgenomen in tabel 8.5. Het betreft middelen met 1+2 of 2 punten.

Tabel 8.5 Bestrijdingsmiddelen in categorie 4.

Bestrijdingsmiddel	Punten	Afbraak	Analyse- methode
aclonifen	1	2	-
ancymidol	2	0	-
azocyclotin	2	0	-
bendiocarb	2	0	-
bromadiolon	2	0	-
bromofos	2	0	+
bromoxynil	2	0	-
broomfenoxim	2	0	-
bupirimaat	2	?	-
carboxin	2	?	-
chinomethionaat	2	0	-
chloorbromuron	2	?	+
chloorbufam	2	?	-
chloorfacinon	2	?	-
chloorflurenol	2	?	-

Bestrijdingsmiddel	Punten	Afbraak	Analyse- methode
chloorpyrifos	1	2	+
chloroxuron	2	?	+
cyanizin	2	0	+
cyprofuram	2	0	-
diazinon	2	?	+
dibroomchloorpropaan	1	2	+
dichloran	1	2	-
dicofol	2	?	-
dienochloor	2	0	-
diethatyl-ethyl	2	?	-
difenoxuron	2	?	+
dinoterb	1	2	+
disulfoton	2	0	+
dithianon	2	?	-
dodine	2	?	-
etridiazool	2	?	+
fenbutatinoxide	2	?	-
fenfuram	2	?	-
fenithrothion	2	?	+
fluazifop-butyl	2	?	+
fluazifop-P-butyl	2	0	-
flurenol	2	?	-
flusilazol	2	?	-
flutriafol	2	?	-
folpet	2	?	+
fonofos	2	0	-
fosethyl-aluminium	2	?	-
fosmet	2	?	-
foxim	2	?	-
fubridazool	2	?	-
ioxynil	2	?	-
isofenfos	2	?	-

Bestrijdingsmiddel	Punten	Afbraak	Analyse- methode
lenacil	1	2	-
lindaan	1	2	+
malathion	2	0	+
mefluidide	2	?	-
mercaptodimethur	2*	?	-
metaldehyde	2	?	-
methomyl	2	0	-
molinaat	2	0	-
norflurazon	2	0	+
paclobutrazol	2	?	-
parathion-methyl	2	0	+
pebulaat	2	0	-
pencycuron	2	0	-
pentachloorfenol	2	0	+
pyperonylbutoxide	2	?	-
plifenaat	2	?	+
profam	2	0	+
profenofos	2	?	-
propanil	2	0	-
propineb	2	0	-
propyzamide	2	?	-
pyrazofos	2	0	+
pyrethrinen	2	?	-
pyridaat	2	0	-
pyrifenox	2	?	-
quinalfos	2	0	-
rotenon	2	?	-
sulfotep	2	?	+
2,4,5-T	2	0	-
terbumeton	2	0	-
terbufos	2	?	-

Bestrijdingsmiddel	Punten	Afbraak	Analyse- methode
triclopyr	2	?	-
triforine	2	0	-
ziram	2	?	-

* : oplosbaarheid onbekend

Uit bovenstaande blijkt dat in totaal 228 bestrijdingsmiddelen zijn ingedeeld in één van de vier categorieën. De verdeling tussen de vier categorieën is weergegeven in tabel 8.6. Tevens is aangegeven voor hoeveel middelen in elke categorie reeds een analysemethode zoals bedoeld in hoofdstuk 7 bij de waterleidingbedrijven beschikbaar is.

Tabel 8.6 Indeling van 225 bestrijdingsmiddelen in vier categorieën.

Categorie	Aantal	Methode beschikbaar	Geen methode beschikbaar
1	20	8 (40 %)	12 (60 %)
2	66	23 (35 %)	43 (65 %)
3	58	17 (32 %)	41 (68 %)
4	81	23 (28 %)	58 (72 %)
Totaal	225	70 (31 %)	155 (69 %)

Een aantal middelen is door het ontbreken van een waarde voor de oplosbaarheid niet ingedeeld. Het betreft middelen met 1 punt, welke bij een voldoende hoge oplosbaarheid in categorie 3 of 4 behoren te worden opgenomen. In tabel 8.7 zijn deze bestrijdingsmiddelen opgenomen.

Tabel 8.7 Middelen, waarvan oplosbaarheid niet bekend is.

Bestrijdingsmiddel	Punten	Afbraak	Analyse- methode
aluminiumfosfide	1	?	-
benazolin-ethyl	1	0	-
cumafos	1	?	-
diethyl-toluamide	1	?	-
dodemorf	1	?	-
magnesiumfosfide	1	?	-
naftylaceetamide	1	?	-
Na-dimethyl-dithiocarbamaat	1	?	-
pyracarbolid	1	?	-
quinonamide	1	?	-
trioxymethyleen	1	?	-

De mate waarin een bestrijdingsmiddel een gevaar voor de kwaliteit van het drinkwater kan betekenen wordt voornamelijk bepaald door:

- het gebruik in Nederland en in het buitenland in het stroomgebied van de Rijn en Maas
- de productie in het stroomgebied van de Rijn en Maas
- de eigenschappen van het bestrijdingsmiddel
- de afbraak van het bestrijdingsmiddel in het milieu

Van de medio 1989 toegelaten bestrijdingsmiddelen worden in Nederland worden circa 270 bestrijdingsmiddelen toegepast in de landbouw. In het buitenlandse stroomgebied van de Rijn worden daarnaast circa 50 bestrijdingsmiddelen geproduceerd en/of in grote hoeveelheden toegepast in de landbouw. Voor de prioriteitsstelling ten aanzien van het gevaar van bestrijdingsmiddelen voor de kwaliteit van het drinkwater zijn derhalve circa 320 bestrijdingsmiddelen van belang.

Voor het oppervlaktewater vormen naast de langs de Rijn en Maas geproduceerde verbindingen ook de in dit stroomgebied veel gebruikte bestrijdingsmiddelen een probleem. Voor de Rijn zijn de volgende bestrijdingsmiddelen van belang. Het betreft goed oplosbare en persistente bestrijdingsmiddelen die worden geproduceerd en/of gebruikt in het stroomgebied van de Rijn:

ametryn, amitrol, atrazin, azinfos-methyl, bentazon, benzthiazuron, carbendazim, carbofuran, chloorfenvinfos, chloortoluron, chloridazon, clopyralid, 2,4-D, desmetryn, DBCP, dicamba, 2,2-dichloorpropionzuur, dikegulac-natrium, demethoat, dinoseb, dinoseb-acetaat, ethofumesaat, fenamifos, fenpropimorf, fentinaceetaat, o-fenylfenol, fluorchloridon, glufosinaatammonium, glyfosaat, isoproturon, linuron, maleine hydrazide, MCPA, MCPB, mecoprop, metalaxyl, metamitron, metobrumuron, metoxuron, metribuzin, monolinuron, norflurazon, omethoat, oxadixyl, pendimethalin,

prometryn, prometamfos, propiconazool, propoxur, simazin, 2,4,5-T, TCA, terbumeton, terbutylazin, triadimefon, triallaat, 2,4,5-trichloorfenol, 2,4,6-trichloorfenol, trichloorfon

Uitgaande van dezelfde criteria zijn voor de Maas de volgende bestrijdingsmiddelen van belang:

alachloor, atrazin, des-ethylatrazin, des-isopropylatrazin, bentazon, chloortoluron, chloridazon, ethofumesaat, EPTC, isoproturon, MCPA, mecoprop, metamitron, metolachloor, molinaat, napropamide, ETU, prochloraz, propiconazool, triadimefon, triadimenol, aldicarb en metabolieten, carbofuran

Voor kleinere oppervlaktewateren dan Rijn en Maas, welke ook gebruikt worden voor de drinkwaterbereiding moeten aanvullende inventarisaties uitgevoerd worden van toegepaste middelen die in het betreffende water kunnen geraken.

Voor oevergrondwater vormen de middelen die mogelijk in de Rijn voorkomen en een grote mobiliteit ($S > 500$ mg/l) hebben een risico. Het betreft de middelen:

amitrol, carbofuran, chloorthiamide, crimidine, 2,4-D, dazomet, demeton-S-methyl, desmetryn, dicamba, dichloorvos, dikegulacnatrium, dimethoaat, dinoseb-acetaat, ethefon, fenylkwikacetaat, o-fenylfenol, formothion, fosfamidon, glufosinaat, MCPA, mecoprop, metalaxyl, metamitron, metam-natrium, metoxuron, metribuzin, mevinfos, monocrotofos, monolinuron, omethoaat, oxadixyl, oxydemeton-methyl, propoxur, TCA, thiocyclam-hydrogeen oxalaat, tolylfluanide en trichloorfon.

Voor grondwater is de situatie complex omdat elke landbouwteelt zijn eigen specifieke toegepaste middelen heeft. Wanneer uitgegaan wordt van de middelen gebruikt bij akkerbouw en groenteteelt op volle grond en het feit dat een, nog niet in grondwater aangetoond, middel

voor verder onderzoek in aanmerking komt bij een oplosbaarheid groter dan 30 mg/l en bij een halfwaardetijd bij aerobe afbraak groter dan 25 dagen komt men tot de volgende selectie van verbindingen met de hoogste prioriteit:

chloorprofam, chloorthalonil, ethofumesaat, fenpropimorf, fentina-cetaat, fluroxypyr, glyfosaat, isoproturon, metalaxyl, metribuzin, monolinuron, penconazool, pirimicarb, prochloraz, prometryn, propiconazol, TCA, triadimenol en vinchlozolin.

Wanneer echter voor de algehele landbouw nagegaan wordt welke de bestrijdingsmiddelen met de hoogste omzet en een relatief hoge oplosbaarheid (> 30 mg/l) zijn, dan hebben de volgende middelen de hoogste prioriteit:

aldicarb, bentazon, chloorprofam, chloridazon, crimidine, 2,4-D, dalapon, 1,3-dichloorpropeen, dinoseb, DNOC, ethoprofos, glyfosaat, MCPA, mecoprop, metamitron, metam-natrium, methabenzthiazuron, metolachloor, pirimicarb, profam, propachloor, TCA en vinchlozolin.

Ook informatie over het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in het grondwater in het buitenland is van belang voor het onderzoek van het grondwater in Nederland. Zo zijn in totaal 33 bestrijdingsmiddelen in het buitenland in het grondwater aangetoond, die in Nederland weliswaar worden gebruikt maar nog niet zijn waargenomen in het grondwater. De volgende 16 bestrijdingsmiddelen dienen gezien hun eigenschappen en hoge gebruik in Nederland ook in het Nederlands grondwater onderzocht te worden:

carbofuran, chloorfenvinfos, chloortoluron, chloridazon, 2,4-D, dichloorprop, dimethoaat, endosulfan, isoproturon, linuron, methabenzthiazuron, methamidofos, metribuzin, parathion-ethyl, pendimethalin en TCA.

Zoals reeds eerder opgemerkt is voor elke type drinkwaterbedrijf een andere prioriteitenlijst samen te stellen. Om tot een prioriteitsstelling te komen ten aanzien van de volgorde waarin bepalingsmethoden ontwikkeld dienen te worden is een categorie-indeling gemaakt van alle in het onderzoek betrokken bestrijdingsmiddelen. Deze indeling is gebaseerd op een aantal aspecten die de prioriteit van een middel bepalen. Voor de volgende aspecten is aan elk bestrijdingsmiddel een aantal punten toegekend: omzet in minstens één van de jaren 1985 tot en met 1987 groter dan 200 ton (3 punten), omzet in minstens één van genoemde jaren groter dan 50 ton (2), lagere jaaromzet dan 50 ton, maar wel toegepast in Nederland (1), productie langs de Rijn (1), productie langs de Maas (1), relatief groot verbruik in stroomgebied Rijn (1) of Maas (1), oplosbaarheid groter dan 100000 mg/l (3), oplosbaarheid groter dan 1000 mg/l (2) en oplosbaarheid groter dan 10 mg/l (1). Tevens is aan bestrijdingsmiddelen met een halfwaardetijd voor anaerobe afbraak groter dan 50 dagen 2 extra punten toegekend. Hoe hoger het totaal aantal punten dat aan een middel wordt toegekend, hoe groter het risico dat het middel inhoudt voor de kwaliteit van het drinkwater. Toepassing van deze methode levert een indeling in vier categorieën op. In de hoogste categorie zijn de volgende 20 bestrijdingsmiddelen ingedeeld:

aldicarb, amitrol, atrazin, bentazon, carbendazim, chloortoluron, choridazon, dikegulac, ethefon, fenpropimorf, glufosinaat, maneb (ETU), MCPA, mecoprop, metamitron, metam-natrium (MITC), metribuzin, oxadixyl, TCA en triadimefon.

Medio 1989 waren voor 12 van deze 20 bestrijdingsmiddelen is bij de waterleidingbedrijven nog geen bepalingsmethode beschikbaar.

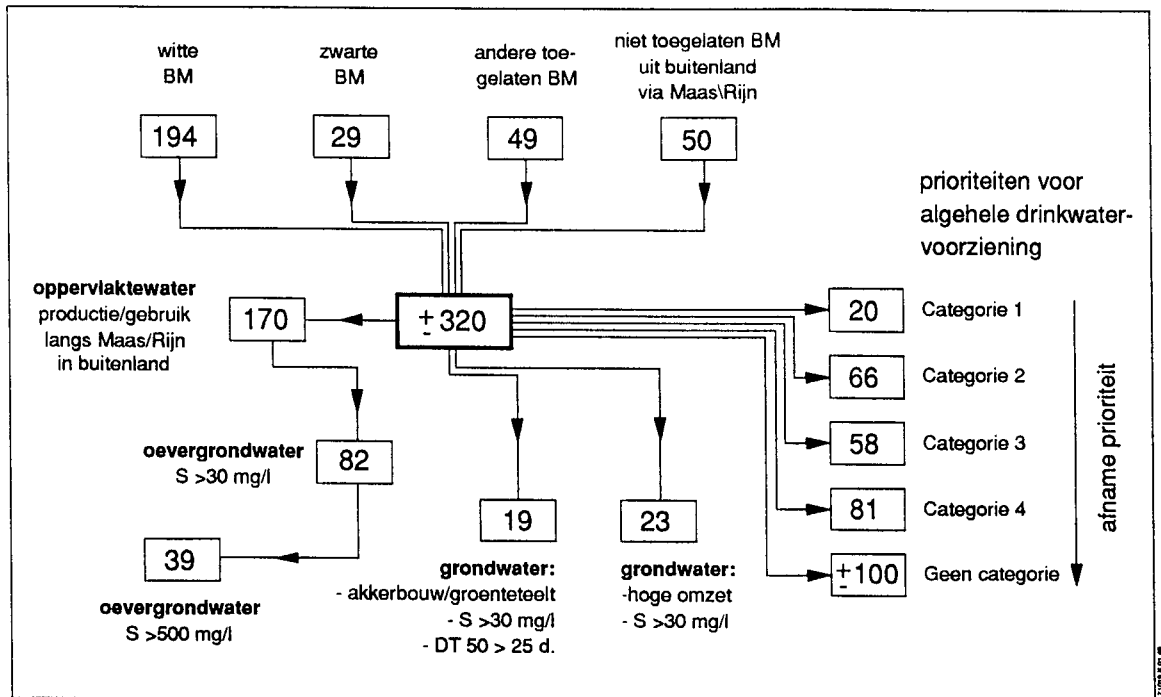
In onderstaande tabel is de verdeling over de vier categorieën weergegeven.

Tabel 9.1 Indeling van bestrijdingsmiddelen in vier categorieën.

Categorie	Aantal	Methode beschikbaar	Geen methode beschikbaar
1	20	8 (40 %)	12 (60 %)
2	66	23 (35 %)	43 (65 %)
3	58	17 (32 %)	41 (68 %)
4	81	23 (28 %)	58 (72 %)
Totaal	225	70 (31 %)	155 (69 %)

In onderstaande figuur 9.1 is een en ander nog eens schematisch weergegeven. In deze figuur is aangegeven wat de oorsprong is van de circa 320 bestrijdingsmiddelen die van belang zijn voor de drinkwatervoorziening in Nederland. Tevens is per watertype aangegeven hoeveel bestrijdingsmiddelen er van belang zijn. Tevens zijn de criteria op grond waarvan deze aantallen zijn vastgesteld, weergegeven.

Tenslotte is voor de algehele drinkwatervoorziening de prioriteitsstelling weergegeven. Hierbij is een categorie indeling gemaakt waarbij categorie 1 de bestrijdingsmiddelen van het hoogste belang bevat.



Figuur 9.1 Schematische weergave van aantallen relevante bestrijdingsmiddelen naar watertype en met betrekking tot de gehele drinkwatervoorziening.

LIJST VAN BIJLAGEN

- Bijlage 1 Nadere omschrijving voor het begrip onderste analysegrens
- Bijlage 2 Gedragscode voor de bevestiging van onderzoeksresultaten opgesteld door de Raad van Bijstand van de in KIWA-verband samenwerkende Waterleidinglaboratoria
- Bijlage 3 Werkzame stoffen nu of in het verleden toegelaten in Nederland en andere landen in de stroomgebieden van de Rijn en Maas en metaboliëten waar analysemethoden voor beschikbaar of beschreven zijn of nog voor ontwikkeld moeten worden

BIJLAGE 1 NADERE OMSCHRIJVING VAN HET BEGRIP ONDERSTE ANALYSEGRENS

$$\text{Analysegrens} = t_{\{n-1, 1-a=0,99\}} \times (s)$$

met $t_{\{n-1, 1-a=0,99\}}$ = de student-t waarde , bij een betrouwbaarheid van 99% en de standaarddeviatie met n-1 vrijheidsgraden.

s = standaarddeviatie van de replika's.

STUDENT-T WAARDEN BEHOREND BIJ EEN BETROUWBAARHEID VAN 99%

Aantal replika's	Vrijheidsgraad	$t_{\{n-1, 1-a=0,99\}}$
7	6	3,143
8	7	2,998
9	8	2,896
10	9	2,821
~	~	2,326

BIJLAGE 2 GEDRAGSCODE VOOR DE BEVESTIGING VAN ONDERZOEKSRÉSULTATEN,
OPGESTELD DOOR DE RAAD VAN BIJSTAND VAN DE IN KIWA-
VERBAND SAMENWERKENDE WATERLEIDINGLABORATORIA

Gedragscode van de Raad van Bijstand "Handelwijze bij een mogelijke overschrijding van de drinkwaternorm voor bestrijdingsmiddelen".

1. Wanneer op basis van een chromatografische analysetechniek een gehalte groter dan $0,1 \mu\text{g}/\text{l}$ van een mogelijk bestrijdingsmiddel wordt gemeten is aanvullend onderzoek noodzakelijk om de juistheid van het gehalte op basis van de respons van het mogelijke bestrijdingsmiddel te bevestigen. Hiervoor wordt een nieuwe monsterneming van voldoende volume voor eventueel verdergaand onderzoek (zie 3) uitgevoerd en wordt de bepaling herhaald. Eventueel al aanwezige duplo monsters kunnen bij het onderzoek worden betrokken.
2. Indien het gehalte groter dan $0,1 \mu\text{g}/\text{l}$ bij de herhalingsanalyse wordt bevestigd, moet de identiteit van de komponent massaspectrometisch worden vastgesteld. Hierbij gaat de voorkeur uit naar bevestiging op basis van een volledig massaspectrum; wanneer dit niet mogelijk is kan gebruik gemaakt worden van zogenaamde selectieve massa's (SID/MID).

Wanneer een massaspectrometrische bepaling voor een bepaalde komponent analytisch-chemisch niet mogelijk is, moet het gehalte worden bevestigd met een analytisch-chemische techniek, die op een ander meetprincipe berust dan de onder punt 1. gehanteerde techniek.

3. Indien de identiteit wordt bevestigd, moet in de monsters (zie 1.) een contra-expertise worden uitgevoerd om nu het aanwezige vermoeden van de overschrijding van de drinkwater-norm voor bestrijdingsmiddelen te bevestigen. Onder andere de Waterleidinglaboratoria en KIWA zijn hiervoor beschikbaar.

Conform art. 6 van de Waterleidingwet wordt op dat moment door het waterleidingbedrijf de betreffende Regionale Inspecteur van de Volksgezondheid belast met het Toezicht op de Hygiëne van het Milieu van het vermoeden van de normoverschrijding geïnformeerd.

4. Indien de overschrijding wordt bevestigd in de contra-expertise, zullen in overleg tussen waterleidingbedrijf en de Inspecteur van de Volksgezondheid nadere te nemen acties worden vastgesteld. Het waterleidingbedrijf informeert tevens de VEWIN en de Raad van Bijstand over de aard van de problematiek.
5. Indien de overschrijding bij één van de bovenvermelde punten niet wordt bevestigd, is onderzoek noodzakelijk om de oorzaak van de verschillen vast te stellen. Op basis van dit onderzoek kan bepaald worden of het nodig is om de gehanteerde analysemethodiek verder te verbeteren.

Raad van Bijstand van de in KIWA-verband samenwerkende Waterleidinglaboratoria.

22 mei 1990.

BIJLAGE 3 WERKZAME STOFFEN NU OF IN HET VERLEDEN TOEGELATEN IN NEDERLAND EN ANDERE LANDEN IN DE STROOMGEBIEDEN VAN DE RIJN EN MAAS EN METABOLIETEN WAAR ANALYSEMETHODEN VOOR BESCHIKBAAR OF BESCHREVEN ZIJN OF NOG VOOR ONTWIKKELD MOETEN WORDEN, STAND VAN ZAKEN IN 1989

Werkzame stof; metabolië	Methode beschikbaar bij:		
	Cate- gorie	Waterleiding- laboratoria	Andere instituten
acefaat	t	-	+
aclonifen	w	-	-
alachloor	v	+	+
aldicarb	z	-	+
aldrin	v	+	+
aldicarb-sulfon	m	-	+
aldicarb-sulfoxide	m	-	+
alfacypermethrin	t	-	-
alfamethrin	e	-	-
allethrin	e	-	-
alloxydim-natrium	v	-	-
allylalkohol	v	-	-
aluminiumfosfide	t	-	-
ametryn	e	-	+
amiben	v	-	-
2-aminobenzimidazool	m	+	-
amiton	v	-	-
amitraz	w	-	-
amitrol	w	-	+
ammoniumsulfamaat	t	-	-
ancymidol	t	-	-

Werkzame stof; metabooliet	Methode beschikbaar bij:		
	Cate- gorie	Waterleiding- laboratoria	Andere instituten
anilazin	w	-	-
antu	v	-	-
anthrachinon	t	-	-
asulam	z	-	-
atrazin	w	+	+
azamethifos	t	-	-
azinfos-ethyl	v	-	+
azinfos-methyl	w	+	+
aziprotryn	v	-	-
azobenzeen	v	-	-
azocyclotin	w	-	-
azolamide	v	-	-
bariumpolysulfiden	v	-	-
bacillus thuringiensis	w	-	-
barban	v	-	-
benalaxyl	e	-	-
benazolin	z	-	-
benazolin-ethyl	z	-	-
benchinox	v	-	-
bendiocarb	w	-	+
benfluralin	e	-	-
benfuracarb	e	-	-
benomyl	w	-	-
bentazon	z	+	+
benzoximaat	v	-	-
benzoylprop-ethyl	v	-	-
benzthiazuron		-	-
o-benzyl-p-chloorfenol	p	-	-
bifenox	w	-	-
bifenthrin	e	-	-

Werkzame stof; metaboliët	Methode beschikbaar bij:		
	Cate- gorie	Waterleiding- laboratoria	Andere instituten
binapacryl	v	-	-
bio-allethrin	e	-	+
bio-resmethrin	e	-	-
bitertanol	w	-	+
blauwzuur	t	-	-
boraten	z	-	-
bordeauxse pap	v	-	-
bourgondische pap	v	-	-
bromacil	z	+	+
bromadiolon	t	-	-
bromofos	w	+	+
bromofos-ethyl	w	+	+
bromoxynil	w	-	-
broomfenoxim	w	-	-
broompropylaat	w	-	-
bupirimaat	w	-	-
butocarboxim	t	-	-
butoxycarboxim	t	-	-
buturon	v	-	-
butralin	e	-	-
butylaat	w,p	-	-
calciumarsenaat	v	-	-
calciumchloraat	v	-	-
calciumcyanide	w	-	-
calciumformiaat	v	-	-
calciumnitraat	t	-	-
californische pap	v	-	-
captafol	v	+	+
captan	w	+	+
carbaryl	w	-	+

Werkzame stof; metaboliet	Methode beschikbaar bij:		
	Cate- gorie	Waterleiding- laboratoria	Andere instituten
carbateen	e	-	-
carbeetamide	w	-	-
carbendazim	w	+	-
carbitulaat	v	-	-
carbofenothion	w	-	-
carbofuran	w	-	+
carbosulfan	e	-	+
carboxin	t	-	-
cetocaelate	e	-	-
cepyram	v	-	-
chinomethionaat	v	-	-
chlofentezin	w	-	-
chlomethoxynil	e	-	-
chlooramben	v	-	-
chlooraniformetane	p	-	-
chloorbenside	v	-	-
chloorbenzilaat	v	-	-
chloorbromuron	w	+	+
chloorbroomoxyline	v	-	-
chloorbroompropeen	v	-	-
chloorbufam	t	-	-
chloordaan	v	-	+
chloordecone		+	-
chloorfacinon	t	-	-
chloorfenamidine	v	-	-
chloorfenprop-methyl	v	-	-
chloorfenson	v	-	-
chloorfeninfos (cis)	w	+	+
chloorfeninfos (trans)	w	+	+
chloorfenylethanol	v	-	-
chloorflurenol	w	-	-

Werkzame stof; metaboliet	Methode beschikbaar bij:		
	Cate- gorie	Waterleiding- laboratoria	Andere instituten
chloorpyrifos-methyl	e	-	+
chloorsulfuron	e	-	-
chloorthal	e	-	-
chloorthal-methyl	z	+	-
chloorthalonil	w	+	+
chloorthiamide	w	-	-
chloorthiofos	v	-	-
chloortoluron	w	+	+
chloraniformethaan	v	-	-
chloranil	v	-	-
chloralhydraat	v	-	-
chloretin	v	-	-
chloridazon	w	-	-
chlormephos	e	-	+
chlorofenizon	e	-	-
chloroxuron	w	+	+
clopyralid	e	-	-
COBH	v	-	-
coumatetralyl	p	-	-
crimidine	p	-	-
cumachloor	v	-	-
cumafos	t	-	+
cuproconazool	e	-	-
cyanazin	w	+	+
cyaniden	w	?	?
cycloaat	w,p	-	-
cycluron	e	-	-
cyfluthrin	e	-	-
cyhalothrin	e	-	-
cyhexatin	w	-	-
cymoxanil	w	-	-

Werkzame stof; metaboliet	Methode beschikbaar bij:		
	Cate- gorie	Waterleiding- laboratoria	Andere instituten
cypendazool	v	-	-
cypermethrin	w	-	+
cypermethrin, isomeer	w	-	-
cyprofuram	w	-	-
cyromazine	e	-	-
2,4-D	w	-	-
2,4,-DB	e	-	-
2,6-dichloorbenzamide	m	+	+
2,5-dichloorbenzoezuur	e	-	-
dalapon	w	-	-
daminozide	t	-	-
dazomet	w	-	-
DCNA	p	-	-
o,p-DDD	v	+	+
p,p-DDD	v	+	+
o,p-DDE	v	+	+
p,p-DDE	v	+	+
o,p-DDT	v	+	+
p,p-DDT	v	+	+
decafentin	v	-	-
DEET	p	-	-
deltamethrin	w	-	+
demefion	v	-	-
demeton	v	-	-
demeton-S-methyl	e	-	-
demeton-S-methylsulfon	w	-	-
depallethrin	e	-	-
desmedifam	v	-	-
desmetryn	w	+	+
dialifoor	v	-	-

Werkzame stof; metaboliet	Methode beschikbaar bij:		
	Cate- gorie	Waterleiding- laboratoria	Andere instituten
dialifos	e	-	+
di-allaat	v	-	-
diazinon	w	+	+
dibroomchloorpropaan	v	+	+
dibroomethaan	e	+	+
dicamba	z	-	-
dichlobenil	w	+	+
dichlofenthion	v	-	-
dichlofluamide	w	-	+
dichlofob-methyl	v	-	-
dichlone	v	-	-
dichlooraceetamide	w	-	-
dichloor-chloor- fenylaminotriazine	v	-	-
dichloorprop	w	+	-
1,2-dichloorpropaan	h	+	+
1,3-dichloorpropeen	z	+	+
2,2-dichloorpropionzuurp		-	-
dichloorvos	w	+	+
dichlorofeen	e	-	-
dichloran	w	-	-
diclobutrazol	e	-	-
dicloflop	e	-	-
diclofop-methyl	e	-	-
dicofol	w	-	-
dicrotophos	e	-	-
dieldrin	v	+	+
dienochloor	w	-	-
diethatyl-ethyl	w	-	-
diethion	e	-	-
diethofencarb	e	-	-

Werkzame stof; metaboliet	Methode beschikbaar bij:		
	Cate- gorie	Waterleiding- laboratoria	Andere instituten
diethyldianthogeen	v	-	-
diethyl-toluamide	t	-	-
difenamide	e	-	-
difenoxuron	w	+	+
difenylacetonitril	p	-	-
difenzouquat	w	-	-
diplubenzuron	w	+	+
diflufenacil	e	-	-
dikegulac-natrium	z	-	-
dimefox	e	-	-
dimefuron	e	-	-
dimetachloor	e	-	-
dimetan	v	-	-
dimethachloor	v	-	-
dimethipin	e	-	-
dimethirimol		-	-
dimethoaat	w	+	+
dimexan	v	-	-
dimexano	e	-	-
diniconazol	e	-	-
dinitrorhodaanbenzeen	v	-	-
dinobuton	v	-	-
dinocap	e	-	-
dinoseb	z	+	+
dinoseb-acetaat	v	-	-
dinoterb	w	+	+
dioxacarb	e	-	-
dioxathion	v	-	+
dipropylisocinchom.		-	-
diquat	w	-	-
disulfoton	v	+	+

Werkzame stof; metaboliet	Methode beschikbaar bij:		
	Cate- gorie	Waterleiding- laboratoria	Andere instituten
ditalimphos	v	-	-
dithianon	w	-	-
diuron	w	+	+
DNOC	w	+	+
dodemorf	w	-	-
dodine	w	-	-
doguadine	e	-	-
endosulfan	w	+	+
endothal-natrium	z	-	-
endothion	v	-	-
endrin	v	+	+
EPN	v	-	-
EPTC	w,p	-	+
ergocalciferol		-	-
esfenvaleraat	e	-	-
ethalfluraline	e	-	-
ethefon	w	-	-
ethidimuron	v	-	-
ethiofencarb	z	-	-
ethion	v	+	+
ethirimol	e	-	-
ethofumesaat	w	-	-
ethoprosfos	w	+	+
ethoprop		-	-
ethoxyquine	e	-	-
ethyleenglycol	h	-	-
ethyleendibromide	v	-	-
ethyleenthioureum	m	+	+
ethylkwikbromide		-	-
etridiazool	w	+	+

Werkzame stof; metaboliet	Methode beschikbaar bij:		
	Cate- gorie	Waterleiding- laboratoria	Andere instituten
etrimfos	z	+	+
fenamifos	p	-	-
fenaminosulf	w	-	+
fenarimol	w	-	+
fenaxoprop-ethyl	e	-	-
fenazofloor	v	-	-
fenbutatinoxide	w	-	-
fenchloorvos		+	+
fenfuram	t	-	-
fenitrothion	w	+	+
fenizon	e	-	-
fenmedifam	w	-	-
fenolen (gechloreerde)	w	+	+
fenoprop	v	-	-
fenothiazine	p	-	-
fenotrin		-	-
fenoxaprop	e	-	-
fenoxycarb	w	-	-
fenpiclonil	e	-	-
fenpropathrin	w	-	-
fenpropimorf	w	-	-
fenson	v	-	-
fenthion	t	-	-
fenthoate	v	-	-
fentinacetaat	w	-	-
fentinhydroxide	w	-	-
fenvaleraat	w	-	-
o-fenylfenol	p	-	-
fenylkwikverbindingen	v	-	-
feranimol	e	-	-

Werkzame stof; metaboliet	Methode beschikbaar bij:		
	Cate- gorie	Waterleiding- laboratoria	Andere instituten
ferbam	w	-	-
ferrosulfaat	w	?	?
flamprop-M-isopropyl	e	-	-
flamprop-isopropyl		-	-
flamprop-methyl		-	-
fluazifop-butyl	w	+	+
fluazifop-P-butyl	w	-	-
flubenzimine	e	-	-
flucithrinaat	t	-	-
fluennitril	v	-	-
flumequine	e	-	-
fluometuron	v	-	-
fluorchloridon	w	-	-
fluorodifeen	e	-	-
flurenol	w	-	-
fluroxypyr	z,e	-	-
flusilazol	e	-	-
flutriafol	e	-	-
fluvalinaat	e	-	-
folpet	w	+	+
fonofos	w	-	+
foraat		+	+
formaline	w	-	-
formetanaat	v	-	-
formothion	w	-	+
fosalone	w	-	+
fosethyl	e	-	-
fosethyl-aluminium	w	-	-
fosfamidon	w	+	+
fosfor (gele)	v	-	-
fosforwaterstof	e	-	-

Werkzame stof; metaboliët	Methode beschikbaar bij:		
	Cate- gorie	Waterleiding- laboratoria	Andere instituten
fosmet	w	-	+
foxim	t	-	-
fuberidazool	t	-	-
furalaxyl	w	-	+
furathiocarb	e	-	-
furmecyclox	e	-	-
gibberelline	w	-	-
glufosinaat-ammonium	z	-	-
glycolen	h	-	-
glyfosaat	w	-	-
gralit	v	-	-
guazatine	t	-	-
haloxyfop-etoxyethyl	e	-	-
heptachloor	v	+	+
Heptachloor-epoxide	m	+	+
heptenofos	w	+	+
hexachloorbenzeen	v	+	+
hexachloorcyclohexaan	v	+	+
hexaconazool	e	-	-
hexahydro-1,3,5-tri- ethyl-s-triazine	p	-	-
hexazinon	z	-	-
hexyleenglycol	h	-	-
hexythiazox	w	-	-
hydropeen	p	-	-
8-hydroxyquinoline	e	-	-
hydroxyethylhydrazine		-	-
hymexazool	t	-	-

Werkzame stof; metabooliet	Methode beschikbaar bij:		
	Cate- gorie	Waterleiding- laboratoria	Andere instituten
imazalil	w	-	-
imazamethabenz		-	-
ioxynil	w	+	-
iprodion	w	-	+
isazofos	e	-	-
isocil	v	-	-
isofenfos	w	-	+
isolan	v	-	-
isoproturon	w	+	+
iso-octylfenolpoly- glycoleth	h	-	-
isoxaben	e	-	-
joodfenfos	t	-	+
kaliumcyanaat	v	-	-
kasugamycine	w	-	-
kieselfluorbarium	v	-	-
koperhydroxide	w	?	?
kopernaftenaat	w	-	-
koperoxycarbonaat	w	-	-
koperoxychinolaat		-	-
koperoxychloride	w	-	-
kopersulfaat(amm.)	w	-	-
koper(1)oxide	t	-	-
koper(2)oxide	t	-	-
koperoxyduul	v	-	-
kwik	v	-	-
kwikmethoxyethyl	e	-	-

Werkzame stof; metaboliet	Methode beschikbaar bij:		
	Cate- gorie	Waterleiding- laboratoria	Andere instituten
lauryldimethylbenzyl- ammoniumchlorid		-	-
lenacil	z	-	-
lindaan	w	+	+
linuron	w	+	+
lonchocarpus	v	-	-
loodarsenaat	v	-	-
magnesiumfosfide	t	-	-
malathion	w	+	+
maleinehydrazide	w	-	-
manam		-	-
mancozeb	w	-	-
maneb	w	-	-
mangaansulfaat	w	-	-
MCPA	w	-	-
MCPB	v	-	-
mecarbam	v	-	-
mecoprop	w	+	+
mecroprop-p		-	-
mefluidide	t	-	-
MEMC	p	-	-
menazon	v	-	-
mepiquat chloride		-	-
mepronil	e	-	-
mercaptodimethur	t	-	-
mesulfan	v	-	-
metalaxyl	z	+	+
metaldehyde	t	-	-
metam-ammonium	v	-	-
metamitron	w	-	+

Werkzame stof; metaboliet	Methode beschikbaar bij:		
	Cate- gorie	Waterleiding- laboratoria	Andere instituten
metam-natrium	w	-	-
metazachloor	z	+	+
methabenzthiazuron	w	-	-
methafenamifos	p	-	-
methamidofos	w	-	+
methazol	p	-	-
methfuroxam	e	-	-
methidathion	t	+	+
methiocarb	w	-	-
methomyl	z	-	+
methoprene	p	-	-
methoprotryne	v	-	-
methoxychlor	t	+	+
methylbromide	v	+	+
methylisothiocyanaat	w	+	+
methylmetiram	p	-	-
methylnaftoxyacetaat	v	-	-
metiram	w	-	-
metobromuron	w	+	+
metolachloor	z	+	+
metoxuron	w	+	+
metribuzin	w	+	+
metsulfuron-methyl	e	-	-
mevinfos	w	+	+
mirex		+	+
minerale olie	w	-	-
molinaat	p	-	-
monalide	e	-	-
monocrotofos	e	-	+
monolinuron	w	+	+

Werkzame stof; metaboliet	Methode beschikbaar bij:		
	Cate- gorie	Waterleiding- laboratoria	Andere instituten
monuron	v	+	+
myclobutanil	e	-	-
nabame	e	-	-
naftaleen	t	-	-
naftylaceetamide	t	-	-
naled	v	-	-
napropamide	e	-	-
naptalame	e	-	-
natriumarseniet	v	-	-
natriumchloraat	v	-	-
natrium-dimethyl- dithiocarbamaat	t	-	-
neburon	e	-	-
nicotine	v	-	-
nitralin	e	-	-
nitrofeen	v	-	-
nitrofenolen		+	+
nitrothal-isopropyl	w	-	-
NIX	v	-	-
nonylfenolpoly- glyco-ether	h	-	-
norflurazon	e	+	-
nuarimol	e	-	-
ofurace	e	-	-
omethoaat	w	+	+
orbencarb	e	-	-
orthofenylfenol	h	-	-
oryzalin	e	-	-
oxadiazon	e	-	-

Werkzame stof; metaboliet	Methode beschikbaar bij:		
	Cate- gorie	Waterleiding- laboratoria	Andere instituten
oxadixyl	e	-	-
oxamyl	w	-	+
oxycarboxin	e	-	-
oxydemeton-methyl	w	-	+
oxyfluorfeen	e	-	-
oxythiochinox	v	-	-
paclobutrazol	t	-	-
paraoxon		+	-
paraoxon-methyl		-	-
paraquat	w	-	-
parathion-ethyl	w	+	+
parathion-methyl	w	+	+
parijs groen	v	-	-
PCNB	p	-	-
pebulaat	p	-	-
penconazool	w	-	-
pencycuron	w	-	-
pendimethalin	w	-	-
pentachlooraniline		+	+
pentachloorthioanisool		-	+
pentachloorfenol	v	+	+
permethrin	w	-	+
perthane	v	-	-
phenamiphos	e	-	-
phencapton	v	-	-
piclorame	e	-	-
piperonylbutoxide	t	-	-
piroctanyliumbromide	t	-	-
pirimicarb	w	-	+
pirimifos-ethyl	w,v	-	+

Werkzame stof; metaboliet	Methode beschikbaar bij:		
	Cate- gorie	Waterleiding- laboratoria	Andere instituten
pirimifos-methyl	t	-	+
plifenaat	t	+	-
polyboraten	v	-	-
polybutenen	t	-	-
p,p-DDD	v	+	+
p,p-DDE	v	+	+
p,p-DDT	v	+	+
prochloraz	w	-	-
proclonol	v	-	-
procymidon	w	-	-
prodiamine	p	-	-
profam	t	+	+
profenofos	v	-	-
promecarb	e	-	-
prometryn	w	+	+
propachloor	z	-	+
propamocarb	w	-	-
propanil	e	-	-
propargite	v	-	-
propazin	w	+	+
propetamfos	t	+	+
propiconazool	w	-	-
propineb	w	-	-
propoxur	z	-	+
propyzamide	w	-	-
prothoaat	v	-	-
pyracarbolid	e	-	-
pyraoxon	v	-	-
pyrazofos	w	+	+
pyrethrinen	w	-	-
pyrethroiden	t	-	-

Werkzame stof; metaboliët	Methode beschikbaar bij:		
	Cate- gorie	Waterleiding- laboratoria	Andere instituten
pyridaat	w	-	-
pyridine	v	-	-
pyrifenox	w	-	-
pyrimidine	v	-	-
quaternaire ammonium- verbindingen	w	-	-
quinalfos	e	-	-
quinonamide	t	-	-
quintozeen	w	+	+
quizalofop-ethyl	w	-	-
resmethrin	t	-	-
ronnel	v	-	-
rotenon	v	-	-
rothane	v	-	-
S 421		+	-
salicylanilide	v	-	-
schradan	v	-	-
scilla maritima	v	-	-
scilliroside	p	-	-
secbumeton	e	-	-
selectieve olie		?	?
sethoxydim	w	+	-
siduron	e	-	-
simazin	w	+	+
strychnine	v	-	-
sublimaat	v	-	-
sulfotep	w	+	+

Werkzame stof; metaboliet	Methode beschikbaar bij:		
	Cate- gorie	Waterleiding- laboratoria	Andere instituten
2,4,5-T	v	-	-
TBA	v	-	-
TCA	z	-	-
tebutam	e	-	-
tebuthiuron	e	-	-
tecnazeen	v	-	-
tecoram	v	-	-
teflubenzuron	t	-	-
tefluthrin	e	-	-
telodrin		+	+
temefos	w	-	+
TEP	v	-	-
TEPP		+	+
terbacil	e	-	-
terbuconazool	e	-	-
terbumeton	e	-	-
terbufos	w	-	-
terbutryn	w	+	+
terbutylazin	t	+	+
terramycine	v	-	-
2,3,4,5-tetrachloor- aniline		+	+
2,3,5,6-tetrachloor- aniline		+	+
tetrachloorvinfos	t	+	+
tetradifon	w	+	+
tetramethrin	t	-	-
tetrasul	t	+	+
thiabendazool	w	+	-
thiameturon	e	-	-
thiameturon-methyl		-	-

Werkzame stof; metaboliet	Methode beschikbaar bij:		
	Cate- gorie	Waterleiding- laboratoria	Andere instituten
thiazafluron	e	-	-
thiochinox	v	-	-
thiocyanomethyl- thio-benzothiazol	v	-	-
thiocyclam hydrogeen- oxalaat	w	-	-
thiodicarb	e	-	-
thiofanaat-methyl	w	-	-
thiofanox	z	-	+
thiometon	w	+	+
thionazin	v	-	-
thiram	w	-	-
tolclofos-ethyl	e	-	-
tolclofos-methyl	w	-	+
tolyfluanide	w	-	+
toxafeen	v	-	-
2,4,5-TP		+	+
tralkoxydime	e	-	-
triadimefon	w	+	+
triadimenol	w	-	+
triallaat	w	+	+
triamifos	v	-	-
triasulforon	e	-	-
triazafos	w	-	+
trichlofenidine	t	-	-
2,4,5-trichloorfenol	p	-	+
2,4,6-trichloorfenol	p	-	+
trichloorfon	w	-	-
trichloortrinitro- benzeen	v	-	-
trichloronaat		+	+

Werkzame stof; metaboliët	Methode beschikbaar bij:		
	Cate- gorie	Waterleiding- laboratoria	Andere instituten
triclopyr	z	-	-
tridemorf	w	-	-
trifenmorf	v	-	-
trifenyltinhydroxide	t	?	-
trifluralin	w	-	-
triforine	w	-	-
trioxymethyleen	t	-	-
urbazid	v	-	-
validamycine	t	-	-
vamidothion	z	-	+
vernolaat	p	-	-
vinchlozolin	w	-	+
warfarin		-	-
zilverthiosulfaat	t	-	-
zineb	w	-	-
zinkfosfide	t	-	-
ziram	w	-	-
zwavel	w	-	-
zwavelkoolstof		-	-
zwavelzuur	t	-	-

Verklaring:

z = toegelaten middel op zwarte lijst
w = toegelaten middel op witte lijst
t = toegelaten middel, niet op witte of
zwarte lijst
e = elders toegelaten middel
v = verboden middel
m = metaboliet
h = hulpstof of bijmengsel
p = geproduceerd middel