

DE VERMINDERING VAN DE FOSFAATBELASTING VAN HET
NEDERLANDSE MILIEU:
EEN MILIEU-ECONOMISCHE ANALYSE

R.M. van den Boomen
E.C. van Ierland



SIGN: R991-89/1
EX. NO:
MLV: 8923547

januari 1989
Vakgroep Staathuishoudkunde
Landbouwniversiteit Wageningen

8158 W

Landbouwniversiteit  Wageningen

uw kenmerk
uw brief van
ons kenmerk
bijlage(n)
datum 25-05-1989
behandeld door
toestelnummer
onderwerp

Landbouw-Economisch Instituut
► Afdeling Landbouw
t.a.v. dhr. H.H. Luesink
Postbus 29703
2502 LS s-'Gravenhage

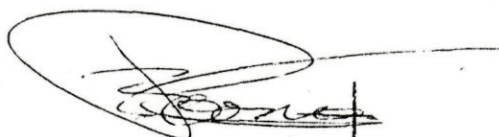
Geachte heer Luesink,

Hierbij ingesloten vindt u de uiteindelijke versie van het onderzoek dat wij verricht hebben naar de vermindering van de fosfaatbelasting van het Nederlandse milieu.

Wij zijn u vooralsnog zeer dankbaar voor de opbouwende kritiek die u heeft geleverd begin November 1988. Gebrek aan onderzoekstijd mijnerzijds en realiserende dat het onderzoek in de huidige vorm een meer methodologische waarde omvat dan up-to-date kostencalculaties, heeft ons doen besluiten het onderzoek te publiceren in de reeks Research Papers van de vakgroepen Staathuishoudkunde en Algemene Agrarische Economie. Ondanks dat de meeste van uw adviezen c.q. opmerkingen zijn meegenomen in deze versie van de verslaglegging, hebben wij afgezien van meer uitgebreide publicatie in b.v. de W.E.S.-reeks (Wageningse Economische Studies). Wij beseffen ons terdege dat zulk een korte studie praktisch onvoldoende onderbouwd kan zijn om een wezenlijke invloed uit te kunnen oefenen op de beleidsvoorbereiding omtrent de fosfaatproblematiek. Toch achten wij uitgebreid milieu-economisch onderzoek van zeer groot belang zodat de aanpak van de milieuproblematiek in de toekomst ook economisch verantwoord zal worden.

Wij hopen dat de discussie omtrent de aanpak van de fosfaatproblematiek in een breder kader zal worden voortgezet (vermesting en verzuring) om zo de financieel meest efficiënte aanpak van de milieuproblematiek te kunnen aandragen.

Met vriendelijke groeten,



Rob van den Boomen

INHOUDSOPGAVE

	pag
Samenvatting.....	1
Hoofdstuk	
1 Inleiding.....	5
2 De probleemstelling.....	7
3 De fosforhuishouding van Nederland	
3.1. De totaalbalans van Nederland.....	10
3.2. De P-huishouding van het oppervlaktewater.....	12
3.3. De P-huishouding van de bodem.....	18
3.4. De P-huishouding van de lucht.....	21
4 Effecten van fosfaat-accumulatie	
4.1. Inleiding.....	22
4.2. Effecten in het oppervlaktewater.....	22
4.3. Effecten in de bodem.....	23
4.4. Effecten in de lucht.....	24
5 Maatregelen ter vermindering van de P-accumulatie	
5.1. De maatregelen.....	25
5.2. Defosfatering op zuiveringsinstallaties.....	26
5.3. Beperking van de P-verbindingen in wasmiddelen.....	27
5.4. Beperking van de emissie vanuit de landbouw.....	28
5.4.1. Normstelling voor mesttoediening.....	29
5.4.2. Vastleggen van de periode van uitrijden.....	32
5.4.3. Verlaging van het fosforgehalte in veevoeder..	34
5.4.4. Wijze van mesttoediening veranderen.....	35
5.4.5. Conclusie.....	35
5.5. Internationaal overleg.....	36
5.6. Opbaggeren van onderwaterbodems.....	36
5.7. Intensievere doorspoeling van binnenwateren.....	36
5.8. Biomanipulatie.....	37

	pag
6 De kostencalculatie van de afzonderlijke maatregelen	
6.1. Inleiding.....	37
6.2. Defosfatering.....	38
6.3. Wasmiddelen fosfaat-vrij.....	40
6.4. Beperking van de emissie vanuit de landbouw.....	41
6.4.1. Normstelling voor mesttoediening.....	41
6.4.2. Vastleggen van de periode van uitrijden.....	43
6.4.3. Verlaging van het fosforgehalte in veevoeder..	46
6.5. Overige maatregelen.....	48
7 De kosten-effectiviteitsvergelijking van de verschillende beleidsalternatieven	
7.1. Inleiding.....	48
7.2. Het continueringsalternatief.....	49
7.3. Het groene alternatief.....	49
7.4. Tussenliggende alternatieven.....	50
8 Conclusies en aanbevelingen.....	56
Literatuurlijst.....	59

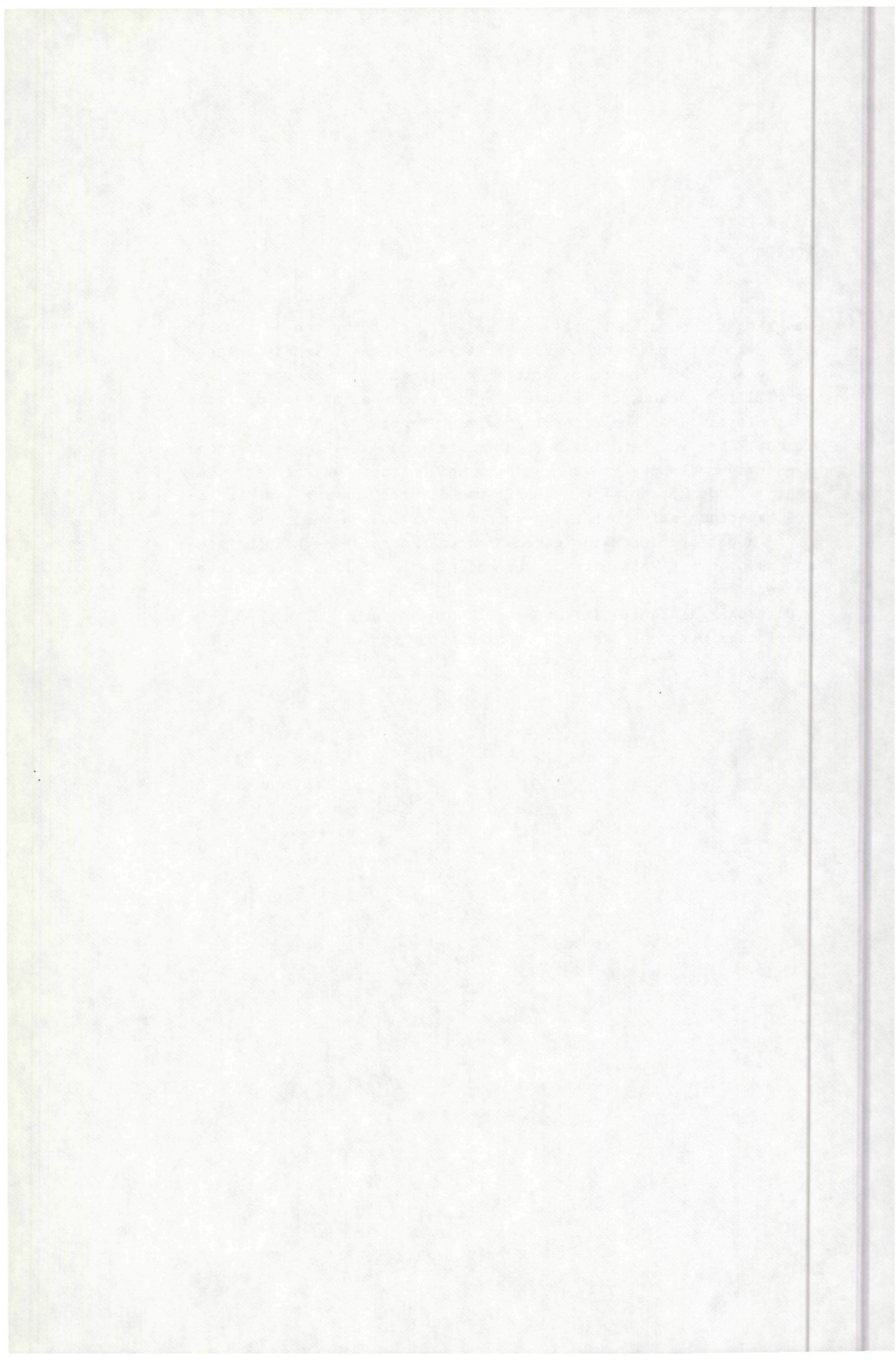
VOORWOORD

De aantasting van het milieu en de verslechtering van de kwaliteit van het oppervlaktewater vormen een belangrijk maatschappelijk vraagstuk. In dit rapport zijn de resultaten neergelegd van een milieu-economische studie naar de vermindering van de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater. De studie, die is opgezet in het kader van een afstudeervak milieu-economie bij de Vakgroep Staathuishoudkunde van de Landbouw Universiteit Wageningen, beschrijft de kosten-effectiviteit van diverse maatregelen die de fosfaataccumulatie in het oppervlaktewater kunnen verminderen.

Wij hopen dat deze studie kan bijdragen aan een methodologische aanpak van het kostenaspect verbonden aan de fosfaatproblematiek in Nederland.

Onze dank gaat uit naar Mw. A. Kooijman en Mw. J. Michel, die behulpzaam waren bij de verzorging van het typewerk.

Rob van den Boomen
Ekko van Ierland



SAMENVATTING

In het begin van de jaren 70 werd duidelijk dat de kwaliteit van het leefmilieu werd aangetast. Allerlei vormen van milieuverontreinigingen werden manifest, waaronder ook de fosfaat-problematiek. Fosfaat - een natuurlijk voedingselement - kan in te hoge concentraties omvangrijke milieuschade veroorzaken. Het meest voorkomende effect is de overbemesting (eutrofiëring) van het oppervlaktewater.

Aangezien de huidige economische orde niet automatisch een acceptabel evenwicht tussen mens en natuur waarborgt, dient de overheid in te grijpen om het milieu te beschermen. Zij heeft daartoe de beschikking over een aantal maatregelen, die kunnen worden onderverdeeld in brongerichte en effectgerichte beleidsmaatregelen. Bij de keuze van de beleidsinstrumenten dient de overheid te letten op meerdere doelstellingen, zoals de milieukwaliteit en de bekende doelstellingen van de economische politiek, waaronder de werkgelegenheid, economische groei en inflatie. Om het juiste fosfaatbeleid te kunnen uitstippelen is inzicht in de kosten-effectiviteit van de verschillende alternatieve maatregelen noodzakelijk. Dat wil zeggen dat per maatregel wordt bekeken hoe hoog de jaarlijkse kosten zijn per eenheid vermeden fosfaatbelasting. Vervolgens vindt een rangschikking plaats van de maatregelen, vanaf de goedkoopste tot de duurste. Op deze manier kunnen de marginale kosten van extra fosfaatbestrijding zichtbaar worden gemaakt.

Om inzicht te verkrijgen in de mogelijke maatregelen dienen we te weten waar fosfor het milieu binnen komt, waar deze stof het milieu weer verlaat en in welke hoeveelheden dit plaatsvindt. Uit een stroomdiagram van fosfor blijkt dat zich op het moment vooral problemen in het oppervlaktewater voordoen. Het overschot aan fosfor dat zich in de bodem ophoopt zal waarschijnlijk pas in de toekomst voor negatieve effecten zorgen. De grootte die het beste de belasting van het milieu weergeeft, is de P-accumulatie. Deze accumulatie van fosfor in het Nederlandse milieu neemt jaarlijks toe, namelijk van ruim 135 mln kg P in 1980 naar ongeveer 150 mln kg P in 1983. Hierbij dient te worden vermeld dat deze accumulatie voornamelijk in de bodem plaatsvindt en wel in het bijzonder in de landbouwgronden. De accumulatie in het oppervlaktewater en het eronder gelegen sediment is in de periode 1980-1983 afgenomen van 19 mln kg P in 1980 naar ongeveer 16 mln kg P in 1983 (CBS, 1986a).

Een studie naar de herkomst van de hoeveelheid fosfor die in

het oppervlaktewater accumuleert (Olsthoorn, 1986) levert het volgende beeld op :

- grote rivieren (Rijn)	: 6,4 mln kg P/jaar	= 38%
- huishoudelijke en industriële emissie	: 4,2 mln kg P/jaar	= 25%
- wasmiddelen	: 2,5 mln kg P/jaar	= 15%
- af- en uitspoeling van landbouwgronden	: 3,2 mln kg P/jaar	= 19%
- overige bronnen	: 0,6 mln kg P/jaar	= 3%

Totaal 16,9 mln kg P/jaar = 100%

Mede aan de hand van deze verdeling kunnen de prioriteiten van de te nemen maatregelen worden vastgesteld. Hiervoor is het ook van belang precies te weten wat de effecten van een overschot aan fosfor in het ecosysteem zijn en bij welke concentraties juist geen effecten meer optreden. Zo is een te hoog gehalte aan fosfor in de bodem niet gewenst omdat dan fosfaat met het uitspoelende grondwater wordt meegevoerd naar het oppervlaktewater, waarna eutrofiëring ontstaat. Verder is het grondwater een bron voor de drinkwaterbereiding en ook daarom mag de fosfaat-concentratie niet te hoog zijn. Voor het oppervlaktewater wordt een grenswaarde gesteld van maximaal 0,15 mg P per liter omdat bij hogere waarden eutrofiëring kan optreden. Om de kwaliteit van het oppervlaktewater te beschermen dient de jaarlijkse accumulatie, die in 1983 ongeveer 16 mln kg P bedroeg, te worden bestreden opdat zich een natuurlijk evenwicht kan ontwikkelen.

Om deze reductie te bereiken heeft de overheid de volgende maatregelen tot haar beschikking :

- 1e) defosfatering van afvalwater op rioolwaterzuiveringsinstallaties;
- 2e) beperking c.q. afschaffing van P-verbindingen in wasmiddelen;
- 3e) beperking van de af- en uitspoeling van fosfor uit de bodem door aanpak van de landbouw als bron van verontreiniging;
- 4e) internationaal overleg waardoor het aandeel van de grensoverschrijdende rivieren kan worden gereduceerd;
- 5e) opbaggeren van onderwaterbodems omdat deze een soort naleveringsreservoir van fosfor aan het bovenstaande water zijn;
- 6e) intensievere doorspoeling van binnenwateren met P-arm, kalkrijk water of voorbehandeling van invoerwater met bijvoorbeeld vlokmiddelen, waardoor het fosfaat neerslaat;
- 7e) biomanipulatie oftewel het uitzetten van alg-etende organismen om de eutrofiëring te bestrijden.

Voor de beleidsvoorbereiding is het van belang te weten wat de afzonderlijke maatregelen kosten en hoe groot de kosten-effectiviteit van de verschillende maatregelen is. Is dit namelijk bekend, dan is het mogelijk, door rangschikking naar laagste kosten per eenheid vermeden fosforbelasting, een prioriteiten-schema op te stellen van achtereenvolgens uit te voeren maatregelen.

Onder aanname van enkele generalisaties heeft deze studie de volgende resultaten opgeleverd:

- Defosfatering van het afvalwater in Nederland in de derde trap van zuiveringsinstallaties zal, bij de beschikbare technieken, zo'n 210 mln gulden per jaar gaan kosten. Hiermee kan de P-belasting van het oppervlaktewater met $\pm 40\%$ worden gereduceerd. Dit levert, naar onze berekeningen, een kosteneffectiviteitsrelatie op van f 31,50 per kg vermeden P-belasting van het oppervlaktewater.
- Wasmiddelen geheel fosfaatvrij maken gaat zo'n 250 mln gulden per jaar kosten. Met deze maatregel kan echter slechts een reductie van de P-belasting van 16% bereikt worden, welke ook al in de 40% reductie door defosfatering in zuiveringsinstallaties is opgenomen. De kosteneffectiviteitsrelatie van deze maatregel is dan ook ongunstiger en wel zo'n f 100,- per kg vermeden fosfor. Hierbij dient wel vermeld te worden dat dit een brongerichte maatregel is welke in principe altijd de voorkeur dient te genieten boven een effectgerichte.
- De derde mogelijke maatregel is het verminderen van de fosforbelasting door de landbouw. Hierbij kan worden gedacht aan drie submaatregelen en wel:
 - a) mestdosering;
 - b) een bepaalde periode een uitrijverbod van mest opleggen;
 - c) een verlaging van het fosforgehalte in veevoeders.De maximaal met deze drie submaatregelen te bereiken P-reductie in het oppervlaktewater is ongeveer 2,25 mln kg P. Aangezien de totale kosten dan rond de 2,5 mrd gulden liggen, wordt een vrij ongunstige kosten-effectiviteitsrelatie verkregen van ruim f 1100,- per kg vermeden fosfor. Hierbij moet worden vermeld dat in het kader van de bestrijding van verzuring de mestoverschotten in de landbouw toch moeten worden verminderd.
- Internationaal overleg met Duitsland, Frankrijk en België kan in principe tot een vermindering van de fosforinstroom uit het buitenland leiden. Het buitenland is immers $\{\{n$ van de belangrijkste bronnen van verontreiniging. Wil men komen tot een

schoon milieu dan moet deze bron zeker worden aangepakt.

- Voor de maatregelen "opbaggeren van onderwaterbodems", "intensievere doorspoeling van binnenwateren" en "biomanipulatie" dient eerst nog nader onderzoek te worden verricht alvorens men een redelijke schatting kan maken van de ermee gepaard gaande kosten. Zij zijn in de studie buiten beschouwing gebleven.

Uit de studie blijkt dat de fosfaatbelasting kan worden teruggedrongen door a) 100 % defosfatering op alle zuiveringsinstallaties in te voeren en b) de fosfaatbelasting door de landbouw terug te dringen.

Afhankelijk van het gewenste niveau van beperking van de belasting van het Nederlandse oppervlaktewater, kunnen de verschillende landbouwmaatregelen worden uitgevoerd. Zoals vermeld is uit kosten oogpunt het P-vrij maken van wasmiddelen niet zinvol. Uit ecologische overwegingen verdient het niettemin aanbeveling deze maatregel tegelijk met defosfatering toe te passen. De instroom van fosfaat wordt daardoor beperkt, evenals de hoeveelheid fosfaathoudend afvalslib. Wanneer de fosfaatbelasting maximaal wordt verminderd, dan dient de overheid rekening te houden met een totale kostenpost van ongeveer 3,0 mrd gulden per jaar. Daarbij is de bestrijding van de belasting t.g.v. grensoverschrijdende rivieren buiten beschouwing gelaten. Naar de persoonlijke mening van de schrijvers is aanpak van de eutrofiëringsproblematiek mogelijk en noodzakelijk. Zeker gezien het feit dat de totale aanpak jaarlijks niet meer dan 0,75 % van het bruto nationaal produkt vereist.

HOOFDSTUK 1: INLEIDING

Al vele jaren staat de fosfaathuishouding in de belangstelling van biologen, ecologen, milieudeskundigen en vele anderen die zich met milieu-onderzoek bezighouden. Vooral in de jaren zeventig nam de belangstelling voor de milieuproblematiek sterk toe, zoals blijkt uit vele publikaties. Begin jaren zeventig werden de overheid en het publiek wakker geschud door het feit dat de kwaliteit van het milieu snel verslechterde indien geen maatregelen werden genomen. Aangezien de vrije werking van het marktmechanisme geen evenwichtige relatie tussen natuur en mens garandeert, bleek ingrijpen door de overheid noodzakelijk te zijn geworden. Bij de oplossing van het probleem dient niet alleen te worden gelet op ecologische belangen. De economische gevolgen van het gevoerde beleid zijn n.l. ook van groot belang. Een duidelijk overzicht van de kosten-effectiviteitsrelaties van de mogelijke maatregelen om de fosforbelasting van het Nederlandse milieu te verlagen, is daarom gewenst. In dit kader heeft het onderhavige onderzoek plaatsgevonden.

Nadat in hoofdstuk 2 een algemene introductie in de fosfaatproblematiek en een definiëring van de probleemstelling heeft plaatsgevonden, zal in hoofdstuk 3 een meer specifieke uiteenzetting worden gegeven van de werkelijke toevoer- en onttrekkingsbronnen van P aan en uit het milieu. Vragen als waar het fosfor vandaan komt, hoe het weer verdwijnt uit het milieu, in welke orde van grootte deze stromen liggen en hoeveel fosfor er dan uiteindelijk jaarlijks accumuleert, worden in dit hoofdstuk behandeld. Hierbij is een verdeling gemaakt in de milieucompartmenten bodem, water en lucht om onderlinge stromingen ook te kunnen weergeven.

Als de hoeveelheden fosfor in de verschillende compartimenten en de veranderingen hiervan in de tijd bekend zijn, is het van belang te weten wat de effecten zijn van deze hoeveelheden. Een differentiatie in deze belasting-effect-relatie is gewenst aangezien dit inzicht zal verschaffen in de gevolgen voor het milieu bij de verschillende te voeren beleidsalternatieven. Hoofdstuk 4 geeft hierin het benodigde inzicht.

Wanneer eenmaal de bronnen en effecten bekend zijn, kunnen de maatregelen -welke ook uit het tweesporenbeleid van de rijksoverheid naar voren komen- worden opgesteld. De opsplitsing tussen brongerichte en effectgerichte maatregelen is voor deze studie niet van belang en zal dus ook niet verder worden aangehouden. Wel belangrijk is hoe effectief de maatregelen zijn en dus hoe

groot de bijdrage van elk van de maatregelen kan zijn bij de vermindering van de fosfaatbelasting van het milieu. Hoofdstuk 5 geeft hiervan een beschrijving.

Op grond van de technische natuurwetenschappelijke benadering van het probleem is nu een overzicht ontstaan van de technisch mogelijke maatregelen. De economische benadering, die vooral betrekking heeft op de kosten en de kosten-effectiviteit van de verschillende maatregelen, komt in hoofdstuk 6 aan de orde. Uit de vergelijking van de verschillende maatregelen op kosten-effectiviteit is uiteindelijk een prioriteitenschema samengesteld dat in hoofdstuk 7 in een aantal beleidsalternatieven is weergegeven.

Hoofdstuk 8 beschrijft tot slot de conclusies die uit het onderzoek naar voren zijn gekomen.

HOOFDSTUK 2: DE PROBLEEMSTELLING

Vooraf na de jaren 70 is de mensheid zich bewust geworden van het feit dat het gebruik en de verontreiniging van het milieu, in de orde van grootte zoals het op dit moment plaatsvindt, resulteert in een verslechtering van de milieukwaliteit. Ingrijpen in deze situatie is dan ook, met het oog op de toekomst, van het grootste belang.

Milieuverontreiniging heeft betrekking op elke vorm van toevoeging of onttrekking van stoffen aan of uit de natuur die direct of indirect gevolgen heeft voor het ecosysteem, welke als negatief worden ervaren. Nu is een bepaalde mate van verontreiniging acceptabel, omdat de natuur over een "zelfreinigend-vermogen" beschikt. Wordt dit vermogen echter teveel op de proef gesteld, dan kan de verontreiniging negatieve gevolgen veroorzaken voor het ecosysteem.

Fosfaat is een voorbeeld van een stof die deel uitmaakt van het ecosysteem maar die in te hoge concentraties negatieve gevolgen kan hebben. Deze negatieve effecten uiten zich voornamelijk in de verstoring van het evenwicht tussen de verschillende voedings-elementen in het ecosysteem. Door een overmatige groei of bloei van (n bepaald organisme uit het ecosysteem treedt een verarming van de soortensamenstelling op.

Aangezien de vrije werking van het marktmechanisme geen evenwichtige relatie tussen natuur en mens garandeert, is ingrijpen door de overheid noodzakelijk geworden. De overheid is zich met deze problematiek pas na 1970 werkelijk gaan bezighouden. In het begin was het beleid gericht op de milieusectoren bodem, water en lucht. Toen echter bleek hoe ingewikkeld en diffuus het probleem was, kwam men tot de conclusie dat een meer integrale benadering noodzakelijk was. Deze gedachtengang is tot uitdrukking gebracht in het Indicatief Meerjaren Programma-Milieubeheer 1986-1990. In het IMP-Milieubeheer heeft de overheid de integrale benadering van milieuproblemen uitgewerkt in het zogenaamde "twee-sporen-beleid". Het eerste aandachtsveld is een brongericht milieubeleid en het tweede is een effectgericht milieubeleid. Het brongerichte beleid probeert bronnen van verontreiniging als doelgroepen te lokaliseren en als dusdanig aan te pakken. Enkele voorbeelden van deze doelgroepen zijn raffinaderijen, verkeer en landbouw. Het effectgerichte beleid is erop gericht een algemene milieukwaliteit te creëren die voor het hele land geldt. Hierbij dient gelet te worden op de gezondheid en het welbevinden van de mensen en op het voortbestaan van planten, dieren en goederen. Naast deze algemene basiskwaliteit moet er een bijzondere kwaliteit

worden gewaarborgd voor speciale gebieden als natuurgebieden, waterwingebieden etc. In het IMP-Water is men voor het oppervlaktewater en het grondwater reeds gekomen tot een basiskwaliteitsnormering voor totaal-fosfor in vermestingsgevoelige oppervlaktewateren en zandgronden.

Al met al begint het fosfor-probleem in Nederland aardig door te dringen tot beleidsmakers en publiek. Bij de oplossing van het probleem dient niet alleen te worden gelet op ecologische belangen. Bij het vaststellen van het milieubeleid zijn ook de economische gevolgen van groot belang. In dit kader dient te worden vermeld dat nog veel kwantitatieve gegevens ontbreken, zodat geen volledig beeld kan worden gegeven. Tevens is het vermeldenswaardig dat wegens de samenhang met andere milieuvraagstukken vaak geen partiële oplossingen mogelijk zijn. Zo zal bijvoorbeeld de aanpak van het mestoverschot ook gevolgen hebben voor de bestrijding van zure regen en voor de nitraatconcentratie in het grondwater.

Ondanks deze twee bovenvermelde bezwaren, is het van belang dat er een goed overzicht ontstaat van de kosten-effectiviteitsrelatie van de verschillende maatregelen ter bestrijding van het fosfor-probleem. Deze behoefte heeft tot de volgende probleemstelling geleid:

"Om te komen tot een doelmatig milieubeleid met betrekking tot de vermindering van de fosfaatbelasting van het Nederlandse milieu, is een inventarisatie van de fosfor-stromen, van de mogelijke maatregelen ter vermindering van de fosfaatbelasting en van de individuele kosten van deze maatregelen noodzakelijk. Vergelijking van de individuele kosten-effectiviteiten levert dan een prioriteitschema op waaruit kan worden afgeleid wat de economische kosten zullen zijn van diverse maatregelen om de fosfaatbelasting terug te dringen."

Zoals in de inleiding is vermeld, zal de natuurwetenschappelijke benadering in de hoofdstukken 3, 4 en 5 aan de orde komen. De hoofdstukken 6 en 7 zullen een beschrijving geven van de economische gevolgen van de verschillende maatregelen en van het te voeren totaal beleid met betrekking tot fosfaat in het Nederlandse milieu. Zoals bekend is de milieutechnologie volop in beweging en ontstaan nieuwe methoden van fosfaatzuivering. Ook in het natuurwetenschappelijk onderzoek ontstaan nieuwe inzichten in de effecten van fosfor op het milieu. Deze studie heeft zich noodzakelijkerwijs moeten beperken tot de informatie die ten tijde van het onderzoek beschikbaar was. Door gedeeltelijke afwezigheid van betrouwbare natuurwetenschappelijke kennis en een aantal generalisaties, dienen de resultaten met de juiste voor-

zichtigheid te worden behandeld. Indien nieuwe technieken beschikbaar komen, kunnen zij op analoge wijze in de analyse worden betrokken.

HOOFDSTUK 3: DE FOSFORHUISHOUDING VAN NEDERLAND

3.1. DE TOTAALBALANS VAN NEDERLAND

Fosfor komt in de natuur in een aantal verschijningsvormen voor. Het kan als vaste stof (gedolven uit erts) en als ion voorkomen. In deze ionaire fase is het fosfor-atoom veelal gebonden aan zuurstof waarbij meerdere molekuulstructuren mogelijk zijn. Zo kan fosfor voorkomen als vaste P_4 (rode en witte fosfor), als fosforzuur (H_3PO_4) en fosforigzuur (H_3PO_3), als orthofosfaat (P_2O_5) en als ionaire verbinding (vnl. PO_4^{3-}).

Het milieu is op te delen in drie compartimenten; de bodem, het water en de lucht. In elk van de drie milieucompartimenten komt fosfor in een of meer van de boven beschreven verschijningsvormen voor. Van de drie compartimenten zullen nu de verschillende verschijningsvormen achtereenvolgens worden besproken.

a) Bodem: Het fosfor in de bodem kan zich als organisch of als anorganisch fosfor voordoen, opgelost in het bodemvocht of vastgehecht aan kleimineralen. Daarnaast kan het fosfor complexen vormen met b.v. Al- of Fe-(hydr)oxiden of met $CaCO_3$ (Kouwe, 1982).

b) Water: Een klein deel van het fosfor is in opgeloste vorm aanwezig in het water zelf, met name als fosfaat. Een veel groter deel echter is in het bodemsediment te vinden. Ook in deze zogenaamde onderwaterbodems is het fosfor gedeeltelijk opgelost in het bodemvocht, gedeeltelijk vastgelegd aan bodemdeeltjes en gedeeltelijk geprecipiteerd met Al-, Fe- en Ca-complexen (Golterman, 1976 en CBS, 1985a).

c) Lucht: Het fosfor dat in de lucht voorkomt, komt gedeeltelijk voor als zwevende deeltjes. Het andere deel is opgelost in het water dat zich in de atmosfeer bevindt.

De jaarlijkse fosforstromen in Nederland kunnen we kwantificeren met een fosforbalans. In deze balans staan de invoerparameters (=bronnen van P-leverantie), de uitvoerparameters (=bronnen van P-verwijdering) en de eventuele accumulatieparameters. Deze balans dient opgemaakt te worden voor de drie eerder vermelde compartimenten apart, omdat niet alle bronnen hetzelfde zijn. Tevens zijn de effecten van accumulatie niet hetzelfde zodat wel precies bekend dient te zijn welk deel van de accumulatie in welk compartiment plaatsvindt. Hierna volgt de totale P-balans voor Nederland. De balansen voor de compartimenten afzonderlijk worden in de volgende paragrafen besproken.

Totale P-balans voor Nederland

Het CBS publiceert sinds 1980 gegevens over het voorkomen en het gebruik van fosfor. Uit deze gegevens is op te maken hoe de P-huishouding zich wijzigt in de loop der jaren. In de onderstaande tabel is een totale fosforbalans voor 1983 opgenomen met tussen haakjes de waarden voor 1980. Uit deze tabel blijkt dat er in Nederland jaarlijks \pm 150 mln kg P accumuleert en tevens dat deze hoeveelheid toeneemt in de tijd. De stuurgroep fosfaten (Golterman, 1976) levert ons waarden voor de P-accumulatie van 1970. Vergelijking van deze totale P-accumulatie met de accumulatie-waarden uit tabel 1 levert ons tabel 2 op. Hierbij dient niet uit het oog verloren te worden dat er een vrij grote onnauwkeurigheid schuil gaat achter de totale P-accumulatie van 1970 daar deze is berekend uit getallen die nog grotendeels onbekend waren.

Tabel 1: De totale fosforbalans voor Nederland, 1983

Toevoer	(mln kg P)	
Netto invoer dierl. en plant. produkten	45	(41) ¹
Netto invoer anorg. P-verbindingen	104	(107)
Grensoverschrijdende rivieren	50	(58)
Totale toevoer	199	(206)

Ottrekking	(mln kg P)	
Afvoer van rivierwater naar zee	45	(55)
Stort van baggerspecie in zee	4,5	(4,5)
Lozing in zee van huishoudelijk en industrieel afvalwater ²	2,8	(4,7)
Voorraadvorming industrie	-3,8	(6,6)
Accumulatie	150	(135)
Totale ottrekking	199	(206)

¹ De tussen haakjes geplaatste waarden hebben betrekking op 1980

² Inclusief het in zee gestorte slib van de rwzi 's-Gravenhage (0,4 mln kg P)

Bron: CBS, 1986a

Tabel 2: Fosfaataccumulatie in de loop der jaren

Jaartal	1970	1980	1983
P-accumulatie (mln kg P)	151	135	150

Bron: CBS, 1986a en Golterman, 1976

Uit deze getallen kunnen we concluderen dat er na 1980 een duidelijke toename van de totale P-accumulatie in Nederland optreedt van ongeveer 10% ondanks een afname van de toevoer van fosfor. De toename van de accumulatie is voornamelijk te verklaren door een afname van de onttrekking. Tevens is er een kleinere voorraadvorming van fosfor door de industrie bij vergelijking van 1980 met 1983. De afvoer van fosfor met de rivieren is ook aanzienlijk gedaald maar dit komt grotendeels door een lagere aanvoer van fosfor met deze rivieren.

Resultierend kan gezegd worden dat de P-accumulatie in Nederland toeneemt in de tijd en dat dit voornamelijk wordt veroorzaakt door verhoogde import van P in de vorm van kunstmest en veevoeder.

3.2. DE P-HUISHOUDING VAN HET OPPERVLAKTEWATER

Het oppervlaktewater heeft de belangrijkste P-huishouding van de drie milieucompartimenten omdat hier de meeste negatieve effecten kunnen ontstaan door een accumulatie van fosfor. Eutrofiëring is namelijk het grootste probleem van een overschot aan fosfor. De mogelijke bronnen van P-leverantie zijn achtereenvolgens:

- wasmiddelen;
- uitscheiding van de mens;
- industriële lozingen;
- emissie vanuit de landbouw;
- de grensoverschrijdende rivieren.

Naast dit vijftal manieren waarop fosfor het oppervlaktewater kan bereiken, is er een viertal hoofdbronnen waardoor het fosfor weer het oppervlaktewater kan verlaten. Deze zijn :

- uitstroming via de Nieuwe Waterweg;
- uitstroming via de sluizen;
- sedimentatie (en evt. opbaggeren van het slib);
- terughouding op rioolwaterzuiveringsinstallaties.

Hoe groot nu de individuele bijdrage van al deze bronnen is in de loop van de tijd, is door het CBS geregistreerd. Deze gegevens zijn weergegeven in tabel 3 voor het jaar 1983.

Tabel 3: Fosforbalans van het zoete oppervlaktewater in Nederland exclusief de Schelde, 1980 en 1983

Toevoer ¹	(mln kg P)	
Wasmiddelen ²	8,5	(12,2) ³
Overige anorg. P-houdende prod.		
in huishoudens	0,6	
Uitscheiding mens	8,9	(8,5)
Industriële lozingen	12,8	(16,1)
waarvan:		
voedingsmidd. industrie		1,6 ⁴
metaal industrie		0,4 ⁴
chemische industrie		10,7 ⁵
overige		0,1 ⁴
Bedrijfsafvalwater op rwzi's	3,2	(3,0)
Af- en uitspoeling bodem	2-5	(2-5)
Kwel, gas- en koelwater bronnen	0,5	(0,5)
Reiniging melkkoeltanks	0,2	
Neerslag	0,3	(0,3)
Grensoverschrijdende rivieren	50,0	(57,7)
waarvan:		
Rijn		42
Maas		5
Overige		3
Totale toevoer	87-90	(100-103)

Vervolg tabel 3

Onttrekking	(mln kg P)	
Uitstroom Nieuwe Waterweg	24,0	(33,0)
Uitstroming via sluizen	21,0	(21,5)
waarvan:		
Haringvliet	12,0	
Noordzeekanaal	1,8	
Kornwerderzand	1,8 ⁶	
Den Oever	2,6 ⁶	
Overige	2,8	
Lozing van huishoudelijk afvalwater		
op zee (incl. effluent)	1,0	(1,9)
Lozing van industrieel afvalwater		
op zee (incl. effluent)	1,4	(2,3)
Terughouding P op openbare rwzi's	7,3	(7,0)
waarvan:		
huishoudelijk	6,0	
industrieel	1,3	
Terughouding P op bedrijfszuiveringen	0,5	(0,5)
Bodemlozingen huishoudens	0,9	(1,0)
Baggerspecie Rijnmond	16,0 ⁷	(16,0)
Beregening en bevloeiing	0,1	(0,1)
Zuivering drinkwater	0,2	(0,2)
Accumulatie in zoet opp. water		
en sediment	15-18	(17-20)
Totale onttrekking	87-90	(100-103)

¹ Bruto toevoer, d.w.z. voor zuivering op rwzi's

² Excl. het gebruik van industriële wasmiddelen

³ Tussen haakjes de waarden voor 1980, Bron: CBS, 1985b

⁴ Bron: Emissieregistratie (1e ronde), aangevuld met recente gegevens

⁵ Bron: VNCI

⁶ Bron: RIZA

⁷ Gegeven over 1980

Bron: Olsthoorn, 1986

Uit deze tabel valt af te lezen dat de aanvoer van P met de grensoverschrijdende rivieren is afgenomen en daardoor ook de afvoer naar zee. Verder is het aandeel van het huishoudelijk en het industrieel afvalwater ook minder geworden in de loop der jaren.

Bij deze tabel dient aangemerkt te worden dat de P-onttrekking met baggerspecie Rijnmond eigenlijk te hoog is voor 1983, daar een grote hoeveelheid baggerspecie onder water is opgeslagen na 1980 en dus eigenlijk niet onttrokken is. Deze is echter voor de eutrofiëringsproblematiek niet van wezenlijk belang daar deze in het Rijnmondgebied is gelegen en dit binnenwater niet voor eutrofiëring gevoelig is. Toch is ook een overzicht over de niet-gecorrigeerde P-accumulatie zinvol daar we ook moeten letten op de effecten op de zee van sterk P-rijk bodemslib in het Rijnmond gebied. Het CBS heeft ook deze waarden voor P-accumulatie berekend. Tabel 4 geeft het overzicht.

Tabel 4: De P-accumulatie in zoet oppervlaktewater in Nederland in de loop der jaren

Jaartal	1980	1983 ¹	1983 ²
P-accumulatie (mln kg P)	17-20	15-18	24-27

¹ Baggerspecie Rijnmond wel meegerekend als onttrekkingsbron

² Baggerspecie Rijnmond niet meegerekend als onttrekkingsbron

Bron: CBS, 1986a

De vraag is nu wat het relatieve belang is van de verschillende bronnen in de fosfaatbelasting van het zoete oppervlaktewater en het sediment. Tabel 5 geeft hierin enig inzicht. Aan deze tabel ligt een aantal veronderstellingen ten grondslag. Zo wordt aangenomen dat van de totale P-vracht die met de grote rivieren ons land in komt (=50 mln kg P) slechts 20% het binnenwater bereikt (=10 mln kg P). Verder zal van het totaal van 25 mln kg P dat het oppervlaktewater bereikt nog eens \pm 9 mln kg P via sluizen uit het oppervlaktewater verdwijnen, zodat de werkelijke totale P-accumulatie in het oppervlaktewater in 1983 ongeveer 16 mln kg P omvat. Grafisch is de relatieve verdeling van de P-accumulatie weergegeven in figuur 1.

Tabel 5: Verdeling van de fosfaatbelasting van zoet oppervlaktewater, inclusief en exclusief de grote rivieren, 1983 en 1970 tussen haakjes

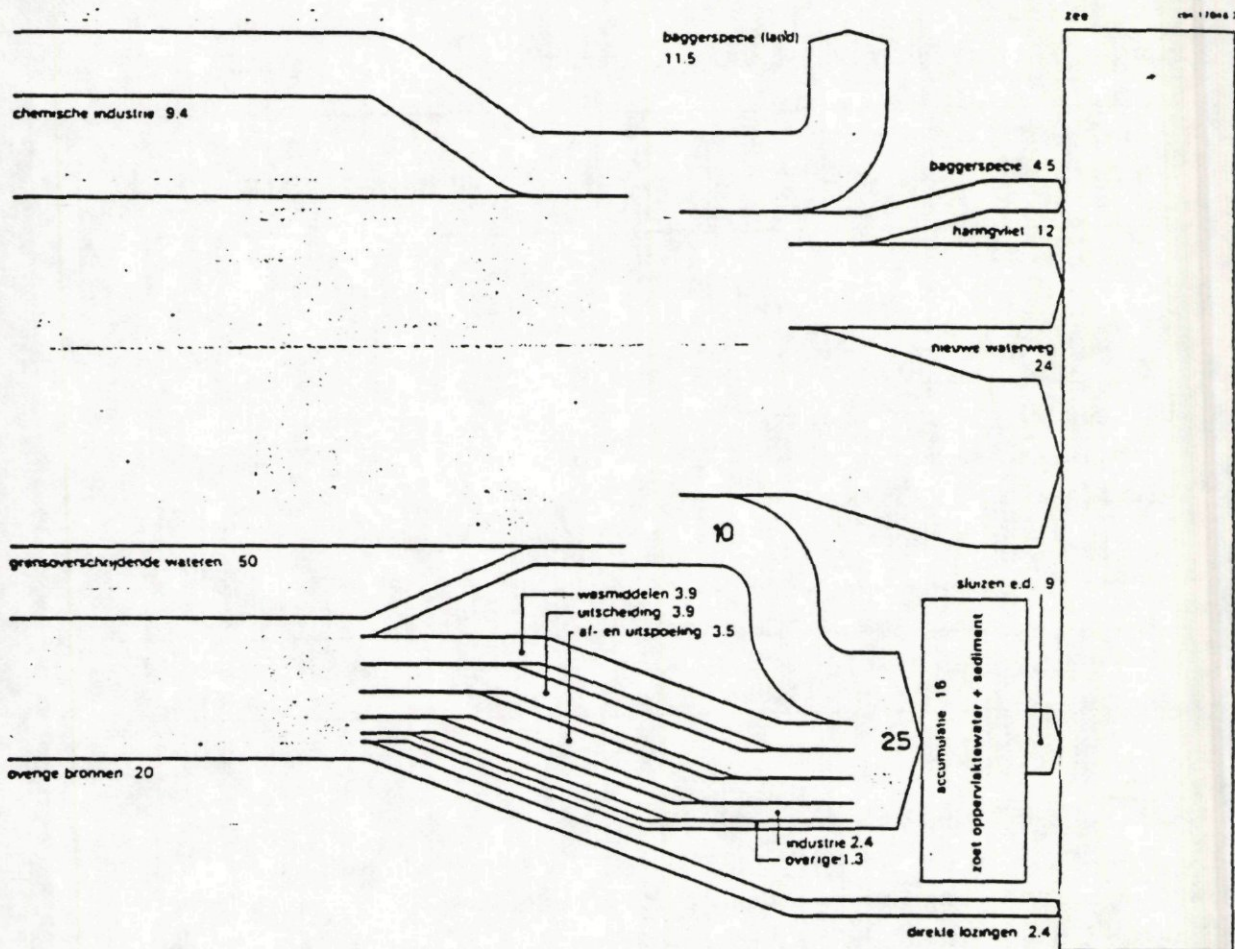
Bron	P-belasting oppervlaktewater				
	Incl. Absoluut		Incl. Relatief		Excl. Relatief
	(mln kg p)		(%)		(%)
Grote rivieren	10,0	(8,5) ¹	40	(48)	0
Huishoudelijke emissies					
op overig zoet water	7,5	-	30	-	50
op grote rivieren ²	0,5	-	2	-	3
totaal	8,0	(6,8)	32	(38)	53
waarvan:					
wasmiddelen ³	3,9	(3,8)	16	(21)	26
uitscheiding	3,9	(3,0)	16	(17)	26
overige	0,2	-	1	-	1
Industriële emissies	2,4	(1,2)	10	(7)	17
Afspoeling, uitspoeling	2-5	(1,1)	14	(6)	23
Overige	1,0	(0,2)	4	(1)	7
Totaal	25,0	(17,8)	100	(100)	100

¹ Tussen haakjes de waarden voor 1970 (Golterman, 1972)

² Het deel van de huishoudelijke lozingen op de grote rivieren dat naar schatting het binnenwater bereikt

³ Uitsluitend huishoudelijke textielwasmiddelen is 13%

Bron: Olsthoorn, 1986 en Golterman, 1976



Figuur 1. Stroomdiagram van fosfor in Nederlands oppervlaktewater, 1983.

Bron: Olsthoorn, 1986

Gelet dient te worden op het relatief kleine aandeel van de landbouw, hier weergegeven als af- en uitspoeling. Deze factor kan door het verzadigd raken van de buffercapaciteit van de bodem in de toekomst nog sterk toenemen.

Tabel 5 dient nu nog omgerekend te worden naar de "overblijvende" belasting, door deze waarden te corrigeren voor het verlies van fosfaat uit het zoete oppervlaktewater en het sediment door uitstroom via sluisen e.d. We komen dan op een totale belasting van zo'n 16 mln kg P die jaarlijks in het water en het sediment achterblijft. Tabel 6 geeft het resultaat weer.

Tabel 6: Gecorrigeerde P-belasting van het oppervlaktewater.

Bron	Hoeveelheid	
	(mln kg P/jaar)	(%)
Grote rivieren	6,40	40,2
Huishoudelijke en industriële emissies (excl. wasmiddelen)	4,16	26,1
Wasmiddelen	2,50	15,7
Af- en uitspoeling	2,25 (1,3-3,2)	14,1
Overig	0,64	4,0
Totaal	15,94 (15,0-16,9)	100

3.3. DE P-HUISHOUDING VAN DE BODEM

De P-huishouding van de Nederlandse bodem omvat een aantal natuurlijke en een aantal antropogene factoren. De totale aanvoer is \pm 140 mln kg P/jaar, de totale afvoer is \pm 30 mln kg P/jaar zodat de jaarlijkse accumulatie zo'n 110 mln kg P omvat. De voornaamste P-bronnen voor de landbouwgronden zijn:

- dierlijke mest;
- kunstmest;
- zuiveringsslib;
- neerslag.

Voor de niet-landbouwgronden zijn een aantal bronnen van P-leverantie anders, wat resulteert in de volgende sommatie:

- baggerspecie;
- zuiveringsslib;
- industriële P-stort;
- afvalstort;
- huishoudelijk afvalwater;
- neerslag.

Naast deze bronnen van leverantie van P, heeft de bodem ook een aantal afvoerbronnen. Deze zijn met name:

- onttrekking door gewassen;
(waarna het - toegeleverd wordt aan huishoudens;
- geëxporteerd wordt als levensmiddelen;
- geëxporteerd wordt als veevoeder;)
- afspoeling;
- uitspoeling.

Voor de niet-landbouwgronden zijn vooral de af- en uitspoeling van belang.

Uit de verschillen tussen toelevering en onttrekking kunnen we nu een accumulatie-waarde van P in de bodem afleiden. (Zie tabel 7).

Tabel 7: De fosforbalans voor de Nederlandse bodem, 1983.

Toevoer	(mln kg P)	
Landbouwgronden	124,3-124,8	
waarvan:		
import veevoeder	64	(58) ¹
mineraal P in veevoeder	20	
kunstmest	36	
zuiveringsslib	2,5	
neerslag	1,7-2,2	
beregening/bevloeiing	0,1	
Overige gronden	15,7-16,5	
waarvan:		
baggerspecie	2 ²	
zuiveringsslib	4,9	
industriëleel P-stort	3,5-4	
afvalstort	2,9-3,1	
compost	0,2	
huishoudelijk afvalwater	0,9	
neerslag	0,7-0,8	
P uit drinkwaterbereiding	0,2	
overige P-houdende producten	0,4	
Totale toevoer	140,0-141,3	

Vervolg tabel 7

Onttrekking	(mln kg P)	
Landbouwgronden	124,3-124,8	
waarvan:		
netto export levensmiddelen	14,0	(11)
export veevoeder	5,0	
toelevering huishoudens	10,0	
uitspoeling/afspoeling	1,6 - 4,4	
accumulatie	91,0-94,0	(88-91)
Overige gronden	15,7-16,5	
waarvan:		
uitspoeling/afspoeling	0,5	
accumulatie	15,2-16,5	
Totale onttrekking	140,0-141,3	

¹ De tussen haakjes geplaatste waarden hebben betrekking op 1980

² Bron: Rijkswaterstaat, Directie Noordzee

Bron: CBS, 1986a

Zoals blijkt uit deze tabel is de P-accumulatie in landbouwgronden in het jaar 1983 ongeveer 93 mln kg P en die in de overige gronden ongeveer 16 mln kg P.

Tabel 8 geeft een overzicht van de P-accumulatie in landbouwgronden van 1970 tot 1983.

Tabel 8: Fosforaccumulatie in de landbouwgronden

Jaartal	1970	1980	1983
P-accumulatie (mln kg P)	87	88-91	91-94

Bron: CBS, 1986a

Hieruit blijkt dat de P-accumulatie in de landbouwgronden in de periode van 1970 tot 1980 met ruim 3 % en in de periode van 1980 tot 1983 met bijna 3 % is gestegen. Hieruit blijkt dat er een licht versnelde P-accumulatie plaatsvindt. De afname van de P-accumulatie in de overige gronden is te verklaren door een afname van het dumpen van baggerspecie op de bodem.

Uit het bovenstaande blijkt dat de P-accumulatie voornamelijk in de landbouwgronden plaatsvindt. Kunstmest en dierlijke mest zijn de voornaamste bronnen van P-leverantie.

Het grootste probleem van P-accumulatie is dat er maar een beperkte opslagcapaciteit in de meeste bodems aanwezig is. In ogeschouw genomen dat elke bodem van nature een bepaalde fosfaatbalans en dus ook een bepaalde P-uitspoeling heeft, is het niet onlogisch dat er in de nabije toekomst een sterkere P-uitspoeling zal optreden. De werkgroep 'Fosfaten uit de landbouw' (Ministerie van VROM, L&V en V&W, 1985) heeft een gemiddelde uitspoeling naar het grondwater van ongeveer 0,5 mln kg P/jaar berekend. Deze natuurlijke uitspoeling kan als de bergingscapaciteit van de bodems in de toekomst verzadigd is worden aangevuld met zo'n 24 mln kg P/jaar. Volgens berekeningen van deze werkgroep zou 1/3 van de 24 mln kg die het grondwater bereikt het oppervlaktewater bereiken, wat neerkomt op een extra belasting vanuit de landbouw van zo'n 8 mln kg P/jaar. Dit is aanzienlijk meer dan de berekende 2 tot 5 mln kg P/jaar die vermeld is in tabel 5 voor het jaar 1983.

3.4. DE P-HUISHOUDING VAN DE LUCHT

Uit het stroomdiagram van het CBS (CBS, 1986a) blijkt dat er in 1983 via emissie van fosfaatertsverwerkende industrie ongeveer 0,5 mln kg P in de lucht is gebracht. Tevens verdwijnt er uit de atmosfeer via droge en natte depositie een hoeveelheid van \pm 3,3 mln kg P. Dit verschil is te verklaren door een import van P-rijkere lucht vanuit het buitenland, voornamelijk Duitsland. De 3,3 mln kg P die neerslaat wordt natuurlijk verdeeld over de bodem en het water. Het grootste deel komt op de bodem terecht en levert daar een relatief kleine bijdrage aan de P-belasting (3,0 mln kg P op het totaal van 14 1,3 mln kg P, ofwel ongeveer 2 %). Hiervan kan zelfs nog een deel via uitspoeling of afspoeling naar het oppervlaktewater verdwijnen. Het resterende kleine deel bereikt het oppervlaktewater en heeft daar ook maar een minimaal aandeel in de totale P-belasting (0,3 mln kg P op het totaal van 90 mln kg P, ofwel 0,33 %).

HOOFDSTUK 4: EFFECTEN VAN FOSFAAT-ACCUMULATIE

4.1. INLEIDING

Uit het vorige hoofdstuk is gebleken dat fosfor zich kan ophopen in de milieucompartimenten bodem, water en lucht. Aangezien deze drie compartimenten niet van gelijke fysische aard zijn, zijn ook de effecten van P-accumulatie in de drie compartimenten niet hetzelfde (IMP-Milieubeheer 1986-90, 1985). Daarom worden nu voor alle drie de compartimenten de effecten besproken en de kwantificeerbare grenswaarden, die aangeven waar juist wel of geen effecten meer zijn waar te nemen.

4.2. EFFECTEN IN HET OPPERVLAKTEWATER

Het oppervlaktewater heeft geen echte buffer voor fosfaat. Wel is het aanwezige sediment in staat het fosfaat voor kortere of langere tijd op te slaan. Dit heeft net als op het land eutrofiëring van het sediment tot gevolg, alhoewel dit in de literatuur weinig aandacht krijgt. Het belangrijkste aspect van de P-accumulatie in het bodemslib is de naleveringscapaciteit. De reeds aanwezige hoeveelheid fosfaat in dit sediment zal bij stopzetten van de P-belasting nog zeker enige jaren voor eutrofiëring zorgen in het Nederlandse oppervlaktewater. De huidige P-belasting van zo'n 16 mln kg P/jaar komt daar nog eens boven op en zal de periode die het duurt om het Nederlandse oppervlaktewater naar de oorspronkelijke eutrofiëeringsgraad terug te brengen nog aanzienlijk verlengen. De effecten van deze accumulatie zijn op te splitsen in directe en indirecte gevolgen:

a) Directe gevolgen;

- een sterke algenbloei (vnl. in stagnante wateren). In het IMP-Water 1985-89 worden de volgende maatstaven voor nog net niet geëutrofiëerde wateren gegeven:
 - * 100 mg chlorofyl/m³;
 - * 0,15 mg P/l;
 - * 0,5 m doorzicht;
- een toename van het aantal hogere planten (vnl. in niet-stagnante wateren);
- een verbraseming van de vispopulatie;
- een sterke verarming van het aquatische ecosysteem;
- een nivellering van de van nature aanwezige differentiatie in ecosystemen d.w.z. een verschuiving van stabiele milieu's

(veel soorten en kleine aantallen) naar instabiele milieu's (weinig soorten maar grotere aantallen);

b) Indirecte gevolgen;

- een verminderd doorzicht;
- een groene kleur;
- stank (door rotting van afgestorven algen);
- het voorkomen van toxinen (uitgescheiden door algen);
- een pH verhoging;
- het minder geschikt worden van oppervlaktewater als zwembadwater. Voornaamste normering hierbij is een doorzicht van meer dan 1,00 meter (IMP-Water 1985-89, 1985);
- het duurder worden van drinkwaterbereiding uit oppervlaktewater door extra filtratie en zuivering i.v.m. bovenstaande indirecte gevolgen;
- een sterk wisselende O_2 -huishouding;
- hogere kosten voor onderhoud aan waterwegen;
- uitsterven van de vispopulatie door het verdwijnen van ondergedoken waterplanten. De normering om dit effect te bestrijden is een maximale concentratie van 0,2 mg totaal-P/l (IMP-Water 1985-89, 1985).

In het algemeen is eutrofiëring het gevolg van P-accumulatie in het oppervlaktewater. Dit is te verklaren door het feit dat fosfaat een groeibeperkende factor is in de algengroei. Bij de aanpak van de eutrofiëringsproblematiek dient men dus niet alleen de fosfaatconcentratie te beperken (=oorzaakbestrijding) maar dient men ook aan symptoombestrijding de nodige aandacht te besteden, bijvoorbeeld door het bevorderen van algengraas door zoöplankton en vissen (Claasen, 1986).

4.3. EFFECTEN IN DE BODEM

In de bodem bevindt zich van nature een hoeveelheid fosfor die lange tijd constant blijft door de verschillende bodemprocessen. Zo is een aantal Nederlandse bodems al van nature P-rijk, zodat eutrofiëring van bodem en oppervlaktewater hier niet of nauwelijks ongedaan kan worden gemaakt. Aangezien de bodem in meer of mindere mate een opslagcapaciteit voor P bezit, is een lichte belasting niet ernstig. Met de nu gebruikelijke mestdosering wordt de bodem belast met zo'n 110 mln kg P per jaar. De huidige belasting is te groot zodat omvangrijke negatieve gevolgen voor de bodem en het grondwater ontstaan. Deze zijn achtereenvolgens:

- Aantasting van de bodemvruchtbaarheid. Door het scheef trekken

van de natuurlijke verhoudingen tussen de voedingselementen kan een zogenaamde bodemeutrofiëring ontstaan. Deze verrijking van de bodem met fosfaat leidt tot een verarming van de soortensamenstelling zoals de vergrassing van heide.

- Aantasting van het grondwater. Het fosfaatrijke grondwater kan zich verplaatsen met de ondergrondse waterstroom naar het oppervlaktewater en daar bijdragen aan de eutrofiëring. Dit is vooral het geval bij fosfaatconcentraties in het grondwater die hoger dan 0,10 mg P/l zijn (Van Lint, 1983).
- Verontreiniging drinkwater. Het grondwater dat gebruikt wordt voor drinkwaterbereiding moet eerst gezuiverd worden. De basis-kwaliteit van drinkwater schrijft een concentratie voor van 0,09 mg P/l met een maximum van 1,1 mg P/l. Nitraat is bij de drinkwaterbereiding echter een groter probleem (IMP-Milieubeheer 1986-90, 1985).

4.4. EFFECTEN IN DE LUCHT

De tijdelijke accumulatie van fosfor in de lucht levert voor zover bekend geen directe problemen op. Indirect is er wel sprake van een kleine bijdrage van fosfor uit de atmosfeer aan de P-belasting van de bodem en het oppervlaktewater.

HOOFDSTUK 5: MAATREGELEN TER VERMINDERING VAN DE FOSFAAT-ACCUMULATIE

5.1. DE MAATREGELEN

Zoals uit de andere hoofdstukken is gebleken, is er een duidelijke behoefte aan maatregelen om de P-belasting van de bodem, het oppervlaktewater en het grondwater van Nederland te beperken. Deze maatregelen betreffen zowel het binnen- als het buitenland, omdat de P-leverantiebronnen in binnen- en buitenland voorkomen.

Om meer inzicht te krijgen in de regionale differentiatie is het noodzakelijk om "regionale P-balansen" op te stellen. Dit is met name noodzakelijk als het aandeel van de emissie van de landbouw in de P-belasting nog groter wordt. Beperkende maatregelen wat betreft mestdosering zullen dan een mesttransport tot gevolg hebben dat alleen met de juiste regionale P-balansen is te berekenen. Een tweede reden waarom uiteindelijk een meer regionaal gerichte benadering moet worden gekozen, is het feit dat de hoogte van een mestdoseringsnorm sterk af zal hangen van de soort bodem. Aangezien de bodemsoorten in Nederland van velerlei aard zijn, is het niet mogelijk om een mestnorm in te stellen.

Tot 1983 heeft de overheid met haar twee-sporenbeleid twee maatregelen voor de korte termijn overwogen (IMP-water, 1985):

- 1) defosfatering op zuiveringsinstallaties (als uitvoering van het effectgerichte milieubeleid);
- 2) beperking van de P-verbindingen in wasmiddelen (als uitvoering van het brongerichte beleid).

Toen verdere studie uitwees dat aanpak van deze twee bronnen niet voldoende resultaat zou opleveren, is men tot de conclusie gekomen dat een meer geïntegreerde aanpak wenselijk was. Na 1983 is de overheid dan ook met een nieuw pakket maatregelen gekomen. Naast de zojuist genoemde maatregelen waren ook de volgende maatregelen opgenomen:

- 3) beperking van de emissie vanuit de landbouw;
- 4) internationaal overleg;
- 5) opbaggeren van onderwaterbodems;
- 6) intensievere doorspoeling van binnenwateren met P-arm, kalkrijk water en eventuele behandeling van invoerwater met vlok-middel;
- 7) biomanipulatie (visbeheer).

(Golterman, 1976; Brinkman, 1986; CUWVO, 1983)

Een nadere beschouwing van deze maatregelen volgt hierna.

5.2. DEFOSFATERING OP ZUIVERINGSINSTALLATIES

Defosfatering is de verwijdering van fosfaat uit afvalwater. De gewone zuivering van afvalwater (b.v. in een aktiefslibinstallatie, een mechanische zuiveringsinstallatie of een oxidatiesloot) verlaagt het fosfaatgehalte met gemiddeld 40%. Dit teruggehouden fosfaat wordt afgevoerd met het zuiverings-slib. Om dit verwijderingspercentage sterk op te voeren (tot zo'n 95 %), is een extra stap noodzakelijk in het zuiveringsproces. Deze extra verwijdering kan chemisch of biologisch worden bewerkstelligd en vindt meestal plaats na de gewone zuivering als een zgn. derde trap.

De chemische defosfatering berust op het principe dat Fe- en Al-verbindingen zich kunnen binden aan fosfaat en daardoor onoplosbare complexen vormen. Deze complexen kunnen door bezinking worden gescheiden van het water.

Biologische defosfatering maakt gebruik van de eigenschap dat sommige bacteriën onder bepaalde condities grote hoeveelheden fosfaat opnemen en opslaan in hun cellichamen. Ook deze bacteriën kunnen door bezinking worden gescheiden van het afvalwater. Nadeel van defosfatering is echter dat er een P-rijk 'bezinksel' ontstaat waar nog iets mee moet worden gedaan. Dit slib kan bijvoorbeeld naar de landbouw worden afgevoerd (als zeer voedselrijke mest) maar in verband met het reeds bestaande mestoverschot lijkt dit niet aanbevelenswaardig. Verbranden of recyclen zijn misschien betere mogelijkheden maar deze kosten vaak meer geld of zijn nog slechts in een ontwikkelingsstadium.

Om iets over de kosten van extra defosfatering te kunnen zeggen, dient eerst bekend te zijn wat de huidige hoeveelheid fosfaatterughouding op bestaande zuiveringsinstallaties en hoe groot de in de toekomst te bereiken fosfaatreductie is.

Voor berekening van de huidige situatie is uitgegaan van gegevens gepubliceerd door het Centraal Bureau voor de Statistiek. Hieruit blijkt dat in totaal in 1983 voor 21,5 mln i.e. (= inwoner equivalenten) is aangevoerd aan de bestaande zuiveringsinstallaties. Op zo'n 6,5 % van deze installaties was toen extra defosfatering mogelijk wat overeenkomt met 1,4 mln i.e. De resterende 20,1 mln i.e. konden in 1983 dus niet extra worden gedefosfateerd. Uit de milieustatistieken van het CBS (CBS, 1986b) blijkt een gemiddelde P-totaal vracht van 47.400 kg per dag aan de zuiveringsinstallaties in Nederland te worden aangevoerd. Per jaar komt dit neer op zo'n 17,3 mln kg P-totaal. Per i.e. komt

deze P-belasting overeen met $17,3/21,5 = 0,805$ kg P-totaal. Dit is dus een verhoudingsgetal voor het aangevoerde "P-rijke" afvalwater.

Nu is er een verschil in verwijderingsrendement tussen gewone zuiveringsinstallaties en installaties met een extra defosfateringsmogelijkheid. Zoals vermeld bedragen de rendementen respectievelijk 40% en 95%. Om de mogelijke maximale defosfatering te kunnen berekenen (d.w.z. alle installaties uitgerust met een defosfateringsmogelijkheid met een rendement van 95%) moet berekend worden hoe de huidige P-verwijdering tot stand komt. Dit is als volgt opgebouwd:

- van 20,1 mln i.e. (wat overeenkomt met $20,1 * 0,805 = 16,18$ mln kg P-totaal) wordt 40 % verwijderd. Dit is ; 6,47 mln kg P-totaal.

- van 1,4 mln i.e. (wat overeenkomt met $1,4 * 0,805 = 1,13$ mln kg P-totaal) wordt 95 % verwijderd. Dit is 1,07 mln kg P-totaal.

In 1983 werd uit de aangevoerde 21,5 mln i.e. dus totaal 7,5 mln kg P-totaal verwijderd. Van de totale aanvoer aan de installaties van 17,3 mln kg P-totaal resteert dus nog zo'n 9,8 mln kg P-totaal welke op het oppervlaktewater werd geloosd. Zoals in hoofdstuk 3 is beschreven, komt slechts 64% van deze 9,8 mln kg P-totaal voor rekening van de werkelijke belasting van het oppervlaktewater omdat 36% van de aanwezige P-totaal met de grote rivieren de zee in stroomt. Dit betekent een belasting van $\pm 6,3$ mln kg P-totaal, wat redelijk overeenkomt met de waarden in tabel 6 (hoofdstuk 3) van huishoudelijke en industriële emissies en wasmiddelen.

De maximale extra reductie van de P-belasting door defosfatering in zuiveringsinstallaties bedraagt dus zo'n 6,5 mln kg P-totaal. Hiervoor moet volledige defosfatering op alle zuiveringsinstallaties plaatsvinden, bij een rendement van 95%. Van de 17,3 mln kg P-totaal, welke de zuiveringsinstallaties bereiken, kan dus maximaal 16,44 mln kg P-totaal worden teruggehouden.

5.3. BEPERKING VAN DE P-VERBINDINGEN IN WASMIDDELEN

Het fosfaat dat in wasmiddelen wordt gebruikt als actief reinigingsmiddel, heeft in het afvalwater de reeds eerder vermelde effecten tot gevolg. Deze fosfaten kunnen vervangen worden door substituten, zoals NTA, CITREX, zeolieten etcetera, die geen eutrofiëring ten gevolge van P-overschot hebben. Bij grootschalige toepassing zou verontreiniging met N-verbindingen kunnen optreden (o.a. in Zwitserland waargenomen).

Het IMP-Water 1985-1989 schrijft hierover dat het beoogde doel van 50 % reductie van fosfaten in wasmiddelen in 1983 niet geheel is bereikt, maar dat door onderhandelingen met de wasmiddelenfabrikanten toch een aanzienlijke reductie tot stand is gebracht en dat dit nog zal worden verbeterd. Een reductie van 100% in 1987 bleek overigens niet haalbaar.

Toch is reductie van P in wasmiddelen een goede maatregel. Het aandeel van dit fosfaat in de totale P-belasting van het oppervlaktewater is namelijk nog steeds zo'n 16% (= 2,5 mln kg P) in 1983 (zie tabel 6 in hoofdstuk 3). De werkelijke hoeveelheid P die met de wasmiddelen in het oppervlaktewater verdwijnt is ruim twee maal zo groot (zoals blijkt uit tabel 3 in hoofdstuk 3), maar van deze 8,5 mln kg P gaat dus ruim 4 mln kg P direct door naar de zee.

Verder dient te worden opgemerkt dat de substituenten van het fosfaat ook nadelige gevolgen kunnen hebben. Zo is van NTA bekend dat het bij te hoge concentraties schadelijke gevolgen voor de volksgezondheid en voor het ecosysteem kan hebben. Bij het ecosysteem verwacht men negatieve invloeden bij concentraties van 1 mg/l. De mens zou volgens onderzoeken pas bij veel hogere concentraties negatieve gevolgen ondervinden. De verwachte concentratie van NTA in het Nederlandse oppervlaktewater zou zo'n 0,06 mg/l zijn, berekend bij volledige toepassing van NTA en met het huidige wasmiddelengebruik.

5.4. BEPERKING VAN DE EMISSIE VANUIT DE LANDBOUW

De landbouw brengt op het moment meer fosfor op de bodem dan de gewassen kunnen onttrekken. Het resultaat hiervan is eutrofiëring van de bodem en af- en uitspoeling van fosfaat naar het grond- en het oppervlaktewater. Aangezien de opslagcapaciteit van de meeste Nederlandse bodems bijna opgebruikt is, zeker die van de zandgronden in het oosten van Nederland, zal de af- en uitspoeling de komende jaren nog aanzienlijk toenemen. Het aandeel van af- en uitspoeling in de totale P-belasting van het oppervlaktewater was voor het jaar 1983 tussen de 1,3 en 3,2 mln kg P. Dit komt gemiddeld neer op een percentage van ongeveer 14% (zie tabel 5 in hoofdstuk 3). Uit vergelijking met de waarden voor 1970 (1,1 mln kg P of 6 %) blijkt dat het aandeel absoluut en relatief stijgt. Deze (te verwachten) sterke toename dient met de juiste maatregelen te worden bestreden om niet binnen nu en enkele jaren met een niet meer te beheersen hoeveelheid fosfaat in het grond- en oppervlaktewater te komen zitten. Mogelijke maatregelen hier-

omtrent zijn :

- normstelling voor mesttoediening aan de bodem;
- het vastleggen van de periode van uitrijden;
- verlaging van het fosforgehalte in veevoeder;
- wijze van mesttoediening veranderen.

Deze maatregelen worden hierna achtereenvolgens besproken.

5.4.1. NORMSTELLING VOOR MESTTOEDIENING

Om te zorgen dat het aandeel van de landbouw in de P-belasting van het grond- en oppervlaktewater nihil wordt, dient de P-accumulatie-capaciteit van de bodem niet te worden overschreden. Aangezien deze opslagcapaciteit reeds bijna is verbruikt, moet er op den duur een norm komen voor de mesttoediening, zodat er niet meer op het land wordt gebracht dan wat door de gewassen wordt onttrokken. Deze normering zal gebiedsgericht van aard moeten zijn, daar de buffercapaciteit afhankelijk is van de soort bodem en van de mate van opvulling door eerdere overschotten op die plaats. Toepassing van deze normering op de Nederlandse mestproductie c.q. mesttoediening geeft duidelijk aan dat er overschotgebieden en tekortgebieden bestaan.

Luesink heeft voor het Landbouw Economisch Instituut een inventarisatie gemaakt van de mogelijkheden en de kosten van beperking van de fosfaatoverdosering in de landbouw (Luesink 1987). Hij rekent voor dat in 1984 de totale dierlijke mestproductie zo'n 97 mln ton mest bedroeg. Dit komt overeen met \pm 235 mln kg P_2O_5 , waaruit een gemiddeld P_2O_5 -gehalte van 2,4 kg/ton mest volgt. Deze 235 mln kg P_2O_5 is omgerekend gelijk aan 51,3 mln kg P. Doordat er vele soorten mest zijn met verschillende droge stof en fosfaatgehalten, mag bij een verdeling van een mestoverschot over heel Nederland niet zomaar met deze gemiddelde waarde worden gerekend. De droge fosfaatrijke mest is namelijk meer geld waard dan natte fosfaatarme mest en zal dan ook eerst worden verplaatst. Om het overschot te kunnen berekenen moet alleen nog de maximaal toelaatbare hoeveelheid P die op het land wordt gebracht bekend zijn. Hier ontstaat nu een probleem, daar deze waarde afhankelijk is van de gekozen norm. De zogenaamde milieunorm ligt op een gemiddelde mesttoediening van 70 kg P_2O_5 /ha/jaar, wat ongeveer overeenkomt met de gemiddelde gewasopname. De meer vanuit landbouwkundig oogpunt gewenste normen liggen voor bouwland op 125 kg P_2O_5 /ha/jaar, voor grasland op zo'n 200 kg P_2O_5 /ha/jaar en voor snijmaïs zelfs op 350 kg P_2O_5 /ha/jaar (Van der Baan, 1987). Aannemende dat bij de norm van 70 kg P_2O_5 /ha/jaar geen

uitspoeling optreedt, valt de gewasopname te berekenen uit het verschil tussen produktie van mest (= 51,3 mln kg P in dierlijke mest + 36,0 mln kg P in kunstmest = 87,3 mln kg P totaal) en het overschot volgens Luesink (= 36,0 mln kg P ; zie tabel 9) (Luesink, 1987). Hieruit volgt dan een gemiddelde gewasonttrekking van 51,3 mln kg P per jaar voor heel Nederland. Op deze wijze kan de uitspoeling van P worden berekend bij andere mestdoseringnormen door de waarde van de produktie van mest te verminderen met het overschot en de gewasopname, ervan uitgaande dat het mestoverschot op dusdanige wijze wordt verwerkt of op het land gebracht dat geen uitspoeling naar het grondwater optreedt. Hierbij is uitgegaan van 100% verzadiging van de bodem met P. Overigens was daarvan in 1984 geen sprake. Bij doorgaan op het huidige niveau van bemesting zal volledige verzadiging wel realiteit kunnen worden. Onderzoek van de Stichting voor Bodemkartering in Wageningen bevestigt deze uitspoelingshoeveelheden in de toekomst (Breeuwsma, 1986). Feitelijk moet bij deze waarden nog een "natuurlijke" uitspoelingshoeveelheid worden opgeteld, maar deze is echter niet relevant. Wel is belangrijk dat het uitgespoelde P in het grondwater terecht komt. Hieruit wordt het oppervlaktewater namelijk gevoed met nieuw water. Schattingen van Breeuwsma en Schoumans wijzen er op dat een percentage van zo'n 10% van het P in het grondwater ook daadwerkelijk in het oppervlaktewater terecht zal komen (Breeuwsma, 1986). Dit alles is weergegeven in tabel 9.

Tabel 9: Mestoverschotten, op het land gebrachte hoeveelheden mest, gewasopname, uitspoeling naar het grondwater en belasting van het oppervlaktewater in Nederland bij de verschillende doseringsnormen in 1984.

Norm	Mestover- schot	Op het land gebracht	Uitspoeling naar gr.water	P-belasting opp.water
(kg P ₂ O ₅ / ha/jaar)		(mln kg P/jaar)		
70	36,0 ¹	51,3	0	0
125	21,7	65,6	14,3	1,4
200	19,3	68,0	16,7	1,7
350	17,1	70,2	18,9	1,9

¹ Uit Wijnands, 1984

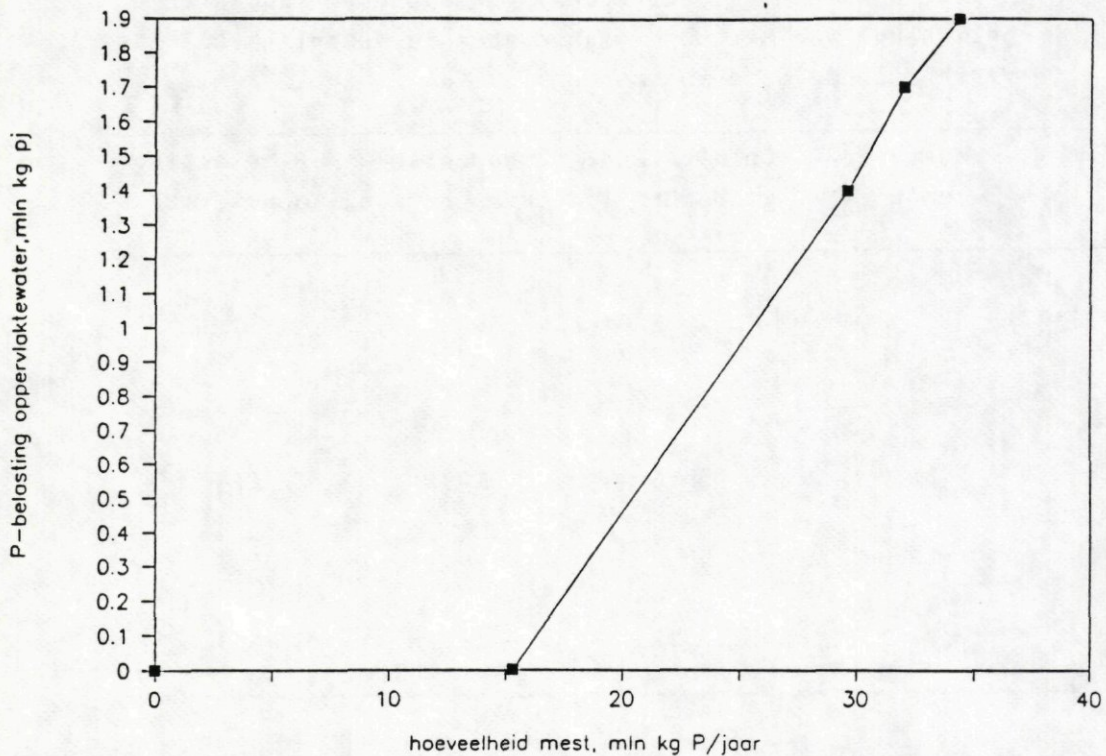
Bron : Luesink, 1987 en Wijnands, 1984

Uit bovenstaande tabel blijkt dat bij de op korte termijn haalbare normen van 200-350 kg P₂O₅/ha/jaar zo'n 18 mln kg P dient te worden opgeslagen of op enig andere wijze te worden verwerkt. Dit is zo'n 35% van de totale mestproduktie.

Tot slot dient nog te worden vermeld dat de waarden voor de uitspoeling waarschijnlijk nog met zo'n 20% verhoogd moeten worden omdat door desorptie (=vrijkomen) van P uit de bodem in de loop van de tijd meer P vrijkomt dan verwacht (persoonlijke mededelingen Breeuwsma ; Stiboka Wageningen).

Uit de gegevens van tabel 9 is nu een grafiek samen te stellen waarin het verband tot uiting komt tussen de hoeveelheid op het land gebrachte mest en de belasting van het oppervlaktewater. Dit is in figuur 2 weergegeven.

fosforbelasting door mest



Figuur 2: Verband tussen de op het land gebrachte hoeveelheid dierlijke mest (mln kg P/j) en de P-belasting van het oppervlaktewater (mln kg P/j), 1984.

5.4.2. VASTLEGGEN VAN DE PERIODE VAN UITRIJDEN

De mesttoediening dient voornamelijk in het groeiseizoen plaats te vinden. Hiervoor zijn twee redenen aan te voeren. Ten eerste is het wenselijk de mest juist dan toe te dienen wanneer deze optimaal kan worden gebruikt door de gewassen. Dit geldt zeker voor die bodems waar de opslagcapaciteit reeds is opgebruikt, want daar zal een kleine mestdosering in het verkeerde jaargetijde direct leiden tot uitspoeling van P naar het grondwater. De tweede reden die spreekt tegen een mesttoediening in de winter, is het verschijnsel dat bij uitrijden van mest op een harde (bevroren of uitgedroogde) ondergrond de afspoeling sterk toeneemt. Dit levert in het groeiseizoen geen problemen op.

Over de effectiviteit van deze maatregel zijn niet zo veel getallen beschikbaar. Wel is door het LEI een schatting gemaakt van de te verwachten extra opslagcapaciteit door een uitrijverbod (zie tabel 10).

Tabel 10: Te bouwen extra opslagcapaciteit in mln m³ mest/jaar, in mln kg P₂O₅/jaar en in mln kg P/jaar bij een mestnormering van 350 kg P₂O₅/jaar voor verschillende duren van het uitrijverbod.

Duur	Extra opslagcapaciteit		
	(mln m ³ mest/j)	(mln kg P ₂ O ₅ /j)	(mln kg P/j)
1,5 maand	5,30 ¹	12,9 ²	2,8 ³
2,5 maand	10,17 ¹	24,4 ²	5,3 ³
3,5 maand	15,77 ¹	37,8 ²	8,3 ³

¹ Bron: Luesink, 1987

² De eigen omrekening van m³ mest naar kg P₂O₅ gebeurt m.b.v. de factor 2,4.

³ Bij eigen omrekening van kg P₂O₅ naar kg P is gedeeld door 4,58.

Door het vaststellen van een uitrijverbod wordt de mest alleen in gunstiger perioden uitgereden waardoor de af- en uitspoeling wordt beperkt. Om een schatting te kunnen maken van de beperking van de belasting van het oppervlaktewater wordt de tijdelijke opslag van mest afgetrokken van de op het land te brengen hoeveelheid mest. Deze is reeds vermeld in tabel 9. Aan de precieze juistheid van deze rekenwijze mag echter niet teveel waarde worden gehecht, aangezien uiteindelijk de "tijdelijk opgeslagen hoeveelheid mest" toch op het land wordt gebracht.

Doorrekenen van de nu ontstane lagere uitrijhoeveelheden op dezelfde manier als in tabel 9 is geschied, levert een verlaging van de belasting van het oppervlaktewater op zoals is te zien bij vergelijking van de uiteindelijke P-belastingen in de tabellen 9 en 11.

Tabel 11: Op het land gebrachte hoeveelheid mest (mln kg P/j) en de uiteindelijke P-belasting van het oppervlaktewater (mln kg P/j) bij uitrijverboden van resp. 1,5 , 2,5 en 3,5 maand.

Norm	Op het land gebracht na uitrijverbod van			P-belasting opp. water na uitrijverbod van		
	1,5 maand	2,5 maand	3,5 maand	1,5 maand	2,5 maand	3,5 maand
(kg P ₂ O ₅ /ha/jaar)	(mln kg P/jaar)					
70	12,5	10,0	7,0	0	0	0
125	26,8	24,3	21,3	1,15	0,90	0,60
200	29,2	26,7	23,7	1,40	1,15	0,80
350	31,5	29,0	26,0	1,60	1,35	1,05

5.4.3. VERLAGING VAN HET FOSFORGEHALTE IN VEEVOEDER

Uit publikaties van het Landbouw Economisch Instituut (Wijnands, 1984 en Luesink, 1987) blijkt dat een verlaging van het P-gehalte in veevoeder met 15% een verlaging van het mestoverschot van ongeveer 20% tot gevolg kan hebben.

Bovengenoemde auteurs laten zien dat de 15% daling van het P-gehalte in krachtvoer een verlaging van het mestoverschot van zo'n 15,5 mln kg P₂O₅ tot gevolg kan hebben bij een doseringsnorm van 200 kg P₂O₅/ha/jaar. De verlaging van het fosforgehalte in veevoer kan bij een norm van 125 kg P₂O₅/ha/jaar zelfs een vermindering van het mestoverschot van 17,8 mln kg P₂O₅ tot gevolg hebben. De reducties bij 70 en bij 350 kg P₂O₅/ha/jaar zijn nu op basis van rechtevenredigheid berekend. Hierbij dient wel de nodig voorzichtigheid in acht te worden genomen. In tabel 12 staat achtereenvolgens het mestoverschot bij de verschillende doseringsnormen zonder en met de reductie door beperking van het fosfor gebruik in veevoerders.

Tabel 12: Mestoverschotten in Nederland (mln kg P₂O₅/j en mln kg P/j) bij de verschillende doseringsnormen, inclusief en exclusief een verlaging van het P-gehalte in mengvoeders, in 1984.

Norm	Overschot (excl. P-reductie in veevoeder)		Overschot (incl. P-reductie in veevoeder)	
(kg P ₂ O ₅ / ha/jaar)	(mln kg P ₂ O ₅ / jaar)	(mln kg P/ jaar)	(mln kg P ₂ O ₅ / jaar)	(mln kg P/ jaar)
70	± 165	36,0	± 145	31,7
125	99,6	21,7	81,8	17,9
200	88,3	19,3	72,8	15,9
350	78,1	17,1	± 65	14,2

Bron : Wijnands, 1984 en Luesink, 1987.

5.4.4. WIJZE VAN MESTTOEDIENING VERANDEREN

Door bijvoorbeeld het injecteren van de mest in de bodem kan men voorkomen dat de mest afspoelt of verdamppt. Verdamping van mest is eigenlijk voornamelijk van belang voor NH₃ en zal bij de bestrijding van de P-belasting van het milieu geen rol spelen. De vermindering van de afspoeling door mestinjectie is van meer belang, maar ook hier van zijn geen feitelijke hoeveelheden bekend.

5.4.5. CONCLUSIES

Uit het bovenstaande blijkt het volgende. Het invoeren van mestdoseringsnormen resulteert in mestoverschotten welke op de een of andere manier dienen te worden verwerkt. Verlaging van het P-gehalte in veevoeders kan dit overschot beperken, maar heeft geen gevolgen voor de uiteindelijke P-belasting van het oppervlaktewater. Ook kan worden overwogen de veestapel te verkleinen.

Invoering van een uitrijverbod zal uiteindelijk de hoeveelheid mestoverschot niet beïnvloeden, maar door het toedienen van de mest in gunstigere perioden zal de P-belasting van het oppervlaktewater wel kunnen verminderen.

5.5. INTERNATIONAAL OVERLEG

Aangezien het aandeel van de grensoverschrijdende rivieren zo'n 40% van de totale P-belasting van het Nederlandse zoete oppervlaktewater beslaat, zullen de gevolgen van maatregelen ter beperking van deze bron zeer aanzienlijk kunnen zijn. Zoals blijkt uit hoofdstuk 3 komt het grootste deel voor rekening van de Rijn. Daar Nederland als delta van de Rijn de meeste gevolgen van een verhoogde P-concentratie ondervindt, is het verstandig dat Nederland deze problematiek voorlegt aan de andere Rijnstaten. Tot nu toe is dit nog maar nauwelijks gebeurd.

De andere Rijnstaten kunnen met de eerder vermelde maatregelen de fosfaatbelasting van het oppervlaktewater aanzienlijk reduceren. Wat de precieze resultaten kunnen zijn en wie dan voor de kosten zal moeten opdraaien, dient in een afzonderlijk onderzoek te worden bekeken.

5.6. OPBAGGEREN VAN WATERBODEMS

Het opbaggeren van waterbodems kan ook een aanzienlijke reductie teweeg brengen in de P-belasting van het oppervlaktewater. Uit onderzoeken is namelijk gebleken dat de P-nalevering van het sediment een factor is die ondanks alle genomen maatregelen nog vele jaren voor een P-belasting van het oppervlaktewater kan zorgen. Het opbaggeren van deze bodems zou dus een goede maatregel zijn. Helaas is nog niet goed bekend hoe belangrijk de nalevering is in de P-belasting en over eventuele kosten van opbaggeren van het bodemsediment zijn dan ook nog geen schattingen gemaakt.

5.7. INTENSIEVERE DOORSPOELING VAN BINNENWATEREN

Eutrofiëring van het Nederlandse binnenwater komt vooral voor in de langzaam doorstroomde of stilstaande wateren. Juist bij deze langzaam doorstroomde wateren is het in principe mogelijk het inkomende water van fosfaten te ontdoen of te zorgen dat er

ander, minder P-rijk water instroomt.

Het actief verwijderen van fosfaat uit toeleveringswateren van langzaam doorstroomde meren wordt in de praktijk in Nederland op twee plaatsen toegepast, namelijk bij de inlaat van de Loosdrechtse plassen en die van het Naardermeer. Hier wordt een chemisch vlokmiddel aan het water toegevoegd waardoor alle fosfaat direct neerslaat. Dit precipitaat dient te worden opgebaggerd, omdat anders nalevering vanuit dit sediment een belangrijk gevolg zal zijn.

Een tweede mogelijkheid om het langzaam doorstroomde water te ontzien van de met het water meegevoerde P-belasting is het tijdelijk of regelmatig inlaten van kalk-rijk, P-arm water, als dat beschikbaar is. Over de effectiviteit van deze maatregel zijn helaas ook geen getallen bekend, evenals over de daarmee samenhangende eventuele kosten.

5.8. BIOMANIPULATIE

Naast de reeds eerder vermelde maatregelen zijn er natuurlijk ook enkele maatregelen waarbij direct wordt ingegrepen in het ecosysteem. Deze biologische ingrepen kunnen o.a. zijn :

- Het aanleggen van riet- of biezenvelden in de mondingen van de meren;
- Het uitzetten van roofvissen zoals snoeken, zodat het aantal witvissen afneemt, waardoor de hoeveelheid zoöplankton toeneemt, waardoor de hoeveelheid phytoplankton (=algen) afneemt.
- Het uitzetten van gras- en zilverkarpers die respectievelijk de lagere planten en de algen uit het meer verwijderen. In dit opzicht is de bevordering van de groei van driehoeksmosselen ook gewenst.

Over de effectiviteit van de verschillende bovenbeschreven maatregelen is weinig bekend, evenals over de eventuele kosten. Deze zouden in een volgende studie verder moeten worden onderzocht.

HOOFDSTUK 6 DE KOSTENCALCULATIE VAN DE AFZONDERLIJKE MAATREGELLEN

6.1. INLEIDING

De in het vorige hoofdstuk beschreven maatregelen zijn alleen nog maar natuurwetenschappelijk benaderd. De daarbij vermelde effectiviteit zegt nog niet direct iets over de toepasbaarheid van de maatregel. Naast enkele praktische problemen rijst natuurlijk de

vraag in hoeverre het ook economisch verantwoord is de betreffende maatregel te nemen. Hoe hoog zijn de vereiste investeringen en de jaarlijkse lasten?

Dit hoofdstuk geeft enig inzicht in de jaarlijkse kosten van de verschillende maatregelen. Alleen de maatregelen waarvan kosten of schattingen van kosten bekend waren, zijn opgenomen in dit hoofdstuk. Zo worden in 6.2. de kosten van defosfatering besproken. In 6.3. komen de kosten van reductie van het P-gehalte in wasmiddelen aan de orde en in 6.4. wordt een kostencalculatie van de verschillende maatregelen in de landbouw uiteengezet.

6.2. DEFOSFATERING

Uit hoofdstuk 5 is gebleken dat defosfatering een belangrijk aandeel kan hebben in de vermindering van de P-belasting van het milieu. Wat de kosten zullen zijn als er defosfatering op alle zuiveringsinstallaties in Nederland zal plaatsvinden, is door verscheidene onderzoeksinstanties doorgerekend. Zo heeft een subgroep van de Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging (KNCV, 1976) al in de jaren zeventig de kosten van defosfatering berekend. Daarna heeft de Nederlandse Vereniging van Zeepfabrikanten (De Oude en De Jong, 1982) in 1982 een aantal te verwachte kosten gepubliceerd. De meest recente cijfers van biologische defosfatering met behulp van een korrelreactor zijn door Van Dijk en Eggers (Van Dijk en Eggers, 1987) bekend gemaakt en komen neer op zo'n 5 @ 10 gulden per i.e.. De kosten van chemische defosfatering liggen in dezelfde orde van grootte (persoonlijke mededeling Tessel, Zuiveringsschap de Veluwe). Tabel 13 geeft een beknopt overzicht van de resultaten van deze onderzoeken.

Tabel 13: De gemiddelde kosten (in guldens, 1983) van extra defosfatering op zuiveringsinstallaties per i.e. per jaar en per kg P-totaal.

bron	kosten	
	(gld/i.e./jaar)	(gld/kg P-totaal/j)
K.N.C.V. (=1976)	4,99 ¹	6,20
N.V.Z. (=1982)	8,94 (6,68) ²	11,11 (8,30)
van Dijk/Eggers (=1987)	15,79	19,61

¹ = Berekend als gewogen gemiddelde van de prijzen van voorverwijdering, simultaan verwijdering en naverwijdering.

² = Tussen haakjes de prijs indien men er van uit gaat dat alle wasmiddelen fosfaatvrij zijn.

Bron: KNCV, 1976; De Oude en De Jong, 1982; Van Dijk en Eggers, 1987.

De waarden in tabel 13 zijn gecorrigeerd voor het prijspeil van 1983 omdat dit als standaardjaar wordt bekeken. Verder zijn de kosten per kg P-totaal berekend uit de kosten per i.e. door middel van omrekening met een factor 1/0,805. Deze factor komt voort uit het verband tussen i.e. en gemiddeld P-totaalgehalte in het te zuiveren afvalwater (zie paragraaf 5.2.).

Hierna wordt gerekend met de meest waarschijnlijke gemiddelde kosten van f 9,90 per i.e. per jaar voor extra defosfatering op zuiveringsinstallaties. Per kg P-totaal komt dit neer op f 12,30. Met de in hoofdstuk 5 berekende aanvoer van 17,3 mln kg P-totaal kan nu berekend worden dat defosfatering op alle zuiveringsinstallaties ruim 210 mln gulden per jaar gaat kosten. Hiermee kan echter de P-belasting van het oppervlaktewater met 6,66 mln kg P worden verlaagd (zie tabel 6, paragraaf 3.2.). Deling van de 210 mln gulden door deze 6,66 mln kg vermeden P-belasting levert een kosten-effectiviteitsrelatie voor defosfatering van afvalwater op van 31,53 gld/kg vermeden P-belasting.

6.3. WASMIDDELEN FOSFAAT-VRIJ

De invoering van P-vrije of P-arme wasmiddelen kan leiden tot een aanzienlijke reductie van de P-belasting van zuiveringsinstallaties en dus van het oppervlaktewater. Uit het vorige hoofdstuk is gebleken dat met deze maatregel 8,5 mln kg P/jaar uit het milieu kan worden geweerd, daar dit de totale hoeveelheid gebruikt fosfaat in wasmiddelen is. In deze paragraaf worden alleen de kosten berekend van de invoering van P-vrije wasmiddelen en er wordt dus geen rekening gehouden met eventuele veranderingen bij de defosfatering van afvalwater. Deze onderlinge interactie komt in het volgende hoofdstuk aan de orde.

De schattingen van de kosten van het fosfaatvrij maken van wasmiddelen lopen sterk uiteen. Deze zijn namelijk afhankelijk van de verschillende factoren die worden meegeteld. Zo berekent Thio dat de extra kosten tussen de 134 en 225 mln gld/jaar zullen liggen, waarbij alleen de extra produktiekosten worden meegeteld (Thio, 1984). Deze kosten zouden volledig op de consument worden doorberekend die dan zo'n 10% meer voor zijn wasmiddel moet gaan betalen. In het bovenvermelde artikel van Thio wordt deze berekening onderbouwd met praktijkvoorbeelden uit de Verenigde Staten. Deze geven een kostenverhoging van ongeveer 8% aan. De Nederlandse Vereniging van Zeepfabrikanten rekent echter naast deze prijsverhogende kosten ook nog kosten mee voor extra slijtage van de wasmachines (Hellema, 1984). Deze extra kosten zullen in de buurt van de 125 mln gld/jaar liggen waardoor de totale kosten van de invoering van P-vrije wasmiddelen tussen de 260 en 350 mln gld/jaar zullen bedragen. De overleggroep 'fosfaatreductie in wasmiddelen' van de Tweede Kamer schat de gemiddelde extra kosten op ongeveer 100 mln gld/jaar (Tweede Kamer, 1983).

Al met al lopen de schattingen nog enigszins uiteen, doch uit de bovenvermelde gegevens valt te concluderen dat de directe kosten van de invoering van deze maatregel tussen de 100 en 200 mln gld per jaar zullen liggen. Hierbij dient niet uit het oog te worden verloren dat indirecte kosten als extra slijtage van wasmachines, de totale kosten kunnen verhogen tot 200 @ 300 mln gld/jaar.

Met deze totale kosten van het P-vrij maken van wasmiddelen kan, zoals vermeld, de P-belasting van het oppervlaktewater met 2,5 mln kg P/jaar worden gereduceerd. Delen van de totale kosten door de te bereiken P-reductie levert dan een kosten-effectiviteitsrelatie op van 80 tot 120 gulden per kg vermeden P-belasting.

6.4. BEPERKING VAN DE EMISSIE VANUIT DE LANDBOUW

Zoals in hoofdstuk 5 is besproken, is er een viertal mogelijkheden om de P-belasting van het milieu door de landbouw te beperken. In deze paragraaf zullen alleen de kosten worden besproken van a) een normering voor de mesttoediening, b) het vastleggen van de periode van uitrijden en c) het verlagen van het P-gehalte in veevoer. Verandering in de wijze van mesttoediening wordt, zoals reeds in hoofdstuk 5 vermeld, niet verder in de analyse meegenomen.

6.4.1. NORMSTELLING VOOR MESTTOEDIENING

Een normering voor de hoeveelheid mest die op het land mag worden gebracht, leidt in Nederland tot het ontstaan c.q. uitbreiden van het mestoverschot. Verspreiding over Nederland is, afhankelijk van de zwaarte van de norm, wel of niet meer mogelijk. In ieder geval leidt dit overschot tot extra kosten die gemaakt moeten worden om de mest tijdelijk op te slaan, te transporteren naar tekortgebieden of te verwerken d.m.v. verbranden, vergisten etc. Daarnaast kunnen bij normen die verder gaan dan de maximale gewasonttrekking eventueel produktieverliezen optreden in de landbouw.

Reeds meerdere personen en instanties hebben zich over het kostenaspect van mestnormering gebogen. Ook hier zijn grote variaties in de schattingen aanwezig, mede omdat niet iedereen alle te verwachten kosten meerekent. De meest recente berekeningen komen van Luesink, medewerker van het Landbouw-Economisch Instituut. Hij berekent de kosten per m^3 niet plaatsbaar mestoverschot, afhankelijk van de gestelde doseringsnorm (Luesink, 1987). Dit overschot kan verwerkt worden door export of inkrimping van de veestapel. Om een vergelijking van de kosten van de verschillende maatregelen ter vermindering van de P-belasting in Nederland mogelijk te maken, moeten ook de door Luesink berekende kosten worden omgerekend naar gld per kg vermeden P-belasting. De vermeden P-belasting wordt berekend uit de maximale belasting (= 2,25 mln kg P/j) (zie tabel 6, hoofdstuk 3) verminderd met de belasting bij de verschillende normen. Bij deze omrekening wordt uitgegaan van tabel 9 (zie hoofdstuk 5.4.1.). Een overzicht van de kosten wordt gegeven in tabel 14. Hierin zijn alleen de getallen opgenomen bij een hoge acceptatiegraad van de ontvangende boeren. Dit is dus nog een redelijk positieve situatie.

Tabel 14: Totale afzetkosten van de mestoverschotten bij de verschillende mestdoseringsnormen gerelateerd aan de vermindering van de P-belasting van het oppervlaktewater in Nederland, 1984.

Norm	Vermeden P-belasting van het opp.water	Totale kosten	Gem. kosten per kg vermeden P
(kg P ₂ O ₅ /ha/j)	(mln kg P/j)	(mln gld)	(gld/kg P/j)
70	2,25	3500	1550,-
125	0,85	872	1025,-
200	0,55	261	475,-
350	0,35	167	477,-

Bron: Luesink, 1987 en eigen berekeningen.

Uit deze tabel blijkt dat de kosten voor de verspreiding van het mestoverschot over Nederland afhankelijk van de gehanteerde norm, variëren van ± f 500,- tot ruim f 1500,- per kg vermeden P-belasting.

Een verklaring voor de sterke toename van de kosten bij de lage mestdoseringsnormen, is het feit dat het aandeel van de niet-plaatsbare mest toeneemt in het totaal overschot. Opslag en export maken het veel duurder.

Verder dient opgemerkt te worden dat deze gemiddelde kosten gelden voor de eerste 5 jaren na instelling van de normering. Dit komt omdat juist dan de investeringen van grote opslagtanks en transportcombinaties gemaakt moeten worden (persoonlijke mededelingen De Boo, CBS). Vervangingsinvesteringen na 5 jaar dienen echter ook te worden meegenomen.

Er dient hierbij opgemerkt te worden dat de kosten niet alleen een reductie van de P-belasting van het Nederlands milieu met zich mee brengen, maar dat ook ammoniakemissie en nitraatuitspoeling met deze kosten zullen worden beperkt.

6.4.2. VASTLEGGEN VAN DE PERIODE VAN UITRIJDEN

Het invoeren van een volledig of een beperkt uitrijverbod in een bepaalde periode van het jaar heeft, zoals is gebleken in hoofdstuk 5, gevolgen voor de benodigde opslagcapaciteit van het mestoverschot. De kosten voor de extra silo's bij centrale opslag en bij opslag op het eigen bedrijf, zijn door het L.E.I. berekend (Luesink, 1987). De door Luesink berekende kosten beslaan alleen die voor extra opslag. De kosten voor verspreiding van het mestoverschot staan hier geheel los van.

Tabel 15 geeft een overzicht van de kosten van extra opslag op eigen bedrijf naar eigen berekeningen en op basis van de studie van Luesink.

Tabel 15: Jaarlijkse kosten (mln gld/j) van extra mestopslag op de eigen bedrijven bij de verschillende mestdoseringnormen voor verschillende perioden van uitrijverbod.

Duur	Jaarlijkse kosten		
	Bij de mestdoseringnormen (kg P ₂ O ₅ /ha/j)		
	125	200	350
(mnd)	(mln gld)		
1,5	59	62	63
2,5	112	120	122
3,5	161	171	178

Bron: Luesink, 1987 en eigen berekeningen

Bij deze kosten van opslag op het eigen bedrijf komen ook nog de kosten van de benodigde centrale opslag. De investeringskosten hiervoor worden geraamd op ongeveer 250 mln gulden en de jaarlijkse kosten op zo'n 16 mln gulden bij een uitrijverbod van 3,5 mnd.

Bij de lagere doseringnormen wordt minder mest op het eigen bedrijf opgeslagen en meer centraal. Dit komt tot uiting in de totale jaarlijkse kosten van centrale mestopslag. Dit is wederom berekend uit de gegevens van Luesink en op grond van eigen bere-

keningen. Tabel 16 geeft de resultaten weer.

Tabel 16: Totale jaarlijkse extra kosten (mln gld/j) voor centrale mestopslag ten gevolgen van een uitrijverbod van respectievelijk 1,5, 2,5 en 3,5 mnd bij de verschillende mestdoseringnormen.

Duur	Jaarlijkse kosten		
	Bij de mestdoseringnormen (kg P ₂ O ₅ /ha/j)		
	125	200	350
(mnd)	(mln gld)		
1,5	13,4	9,4	8,7
2,5	18,3	13,1	11,3
3,5	24,5	19,2	16,0

Bron: Luesink, 1987 en eigen berekeningen.

Door tabel 15 en 16 te sommeren verkrijgen we de totale jaarlijkse kosten van extra mestopslag ten gevolge van de drie verschillende uitrijverboden (zie tabel 17).

Tabel 17: Totale jaarlijkse extra kosten (mln gld/j) voor mestopslag ten gevolgen van een uitrijverbod van resp. 1,5, 2,5 en 3,5 mnd bij de verschillende mestdoseringnormen.

Duur	Jaarlijkse kosten		
	Bij de mestdoseringnormen (kg P ₂ O ₅ /ha/j)		
	125	200	350
(mnd)	(mln gld)		
1,5	72,4	71,4	71,7
2,5	130,3	133,1	133,3
3,5	185,5	190,2	194,0

Uit tabel 17 kan een overzicht worden samengesteld, waarin de gemiddelde jaarlijkse kosten worden weergegeven per kg vermeden P-belasting van het oppervlaktewater. Deze vermeden belasting komt voort uit het verschil tussen de maximum belasting t.g.v. mest (= 2,25 mln kg/j) en de P-belasting bij de verschillende uitrijverboden en mestdoseringsnormen (tabel 11, paragraaf 5.4.2.). Het resultaat hiervan is weergegeven in tabel 18.

Tabel 18: Vermeden P-belasting van het oppervlaktewater bij de verschillende mestdoseringsnormen bij verschillende perioden van uitrijverbod.

Duur	Vermeden jaarlijkse P-belasting oppervlaktewater		
	Bij de mestdoseringsnormen (kg P ₂ O ₅ /ha/j)		
	125	200	350
(mnd)	(mln kg P/j)		
1,5	1,10	0,85	0,65
2,5	1,35	1,10	0,90
3,5	1,65	1,45	1,20

Uit tabel 17 en 18 kan nu een tabel worden samengesteld waarin de gemiddelde jaarlijkse kosten van deze maatregel worden weergegeven per kg vermeden P-belasting (zie tabel 19).

Tabel 19: Gemiddelde extra jaarlijkse kosten (gld/kg vermeden P-belasting) van extra mestopslag bij de verschillende mestdoseringsnormen voor verschillende perioden van uitrijverbod.

Duur	Jaarlijkse kosten		
	Bij de mestdoseringsnormen (kg P ₂ O ₅ /ha/j)		
	125	200	350
(mnd)	(gld/kg P/j)		
1,5	66	84	110
2,5	97	121	148
3,5	112	131	162

Bron: Luesink, 1987 en eigen berekeningen.

6.4.3. VERLAGING VAN HET FOSFORGEHALTE IN VEEVOEDER

De verlaging van 15% van het fosforgehalte in veevoeder kan een aanzienlijke reductie van het mestoverschot teweeg brengen. De verlaging gaat gepaard met extra kosten voor de producent, maar levert tevens een kostenverlaging op door de beperking van het mestoverschot.

De extra kosten voor de producent zijn door Borggreve geschat op f 0,50 tot f 1,00 per 100 kg mengvoeder (Borggreve, 1986). Dit is dus gemiddeld zo'n f 7,50 per ton mengvoeder. Aangezien er jaarlijks ongeveer 15 mln ton mengvoeder (als droge stof) wordt geproduceerd, levert dit een totale kostenpost op van zo'n 112,5 mln gulden voor heel Nederland. Omrekening van droge stof naar kg P is noodzakelijk daar alle kosten zijn uitgedrukt in gld per kg P-reductie. Aangezien het fosforgehalte van het mengvoeder gemiddeld zo'n 6,5 kg P/ton is, komt een produktie van 15 mln ton mengvoeder overeen met een produktie van zo'n 97,5 mln kg P. Omrekening levert dan een kostenverhoging voor de producent op van f 1,15 per kg geproduceerd fosfaat.

De opbrengst van deze maatregel laat zich uitdrukken in een vermindering van het mestoverschot. Volgens Luesink kan dit de in tabel 20 weergegeven besparingen opleveren.

Tabel 20: Besparingen op de afzetkosten van de mestoverschotten in Nederland door de beperking van het P-gehalte in veevoeder met 15% (bij hoge acceptatie) in 1984.

Norm	Primaire besparing	Extra kosten	Totale besparing
(kg P ₂ O ₅ /ha/j)		(mln gld)	
70	1000	112,5	887,5
125	634	112,5	521,5
200	120	112,5	7,5
350	100	112,5	-12,5

Bron: Luesink, 1987.

De werkelijke afzetkosten van het mestoverschot na beperking van het P-gehalte in veevoeder is te berekenen door het verschil van tabel 14 en tabel 20 te nemen. In tabel 21 is dit weergegeven en ook wat de gemiddelde kosten per kg vermeden P-belasting van het oppervlaktewater zijn. Hierbij is aangenomen dat de belasting niet verandert, omdat deze maatregel alleen invloed heeft op het overschot aan mest, welke dus niet op het land wordt gebracht.

Tabel 21: Afzetkosten van de mestafzet bij 15% reductie van het P-gehalte in mengvoeder inclusief de extra produktiekosten.

Norm	Vermeden P-belasting van het opp.water	Totale kosten	Gem. kosten per kg vermeden P
(kg P ₂ O ₅ /ha/j)	(mln kg P/j)	(mln gld)	(gld/kg P/j)
70	2,25	2613	1161,-
125	0,85	351	412,-
200	0,55	254	461,-
350	0,35	180	513,-

Bron: Luesink, 1987.

Uit de bovenstaande tabel blijkt dus dat de kosten van de afzet van het mestoverschot vermeerderd met de extra produktiekosten variëren van f 400,- tot f 1000,- per kg vermeden P-belasting van het oppervlaktewater.

6.5. OVERIGE MAATREGELLEN

Naast de bovenvermelde maatregelen is uit hoofdstuk 5 nog een viertal andere mogelijkheden naar voren gekomen. Deze zullen niet verder worden besproken, omdat een kostenschatting van deze maatregelen met te grote onzekerheid is omgeven. Zij zullen verder "pro memoria" worden vermeld.

HOOFDSTUK 7: DE KOSTEN-EFFECTIVITEITSVERGELIJKING VAN DE VERSCHILLENDE BELEIDSALTERNATIEVEN

7.1. INLEIDING

Tot nu toe zijn alleen individuele onderdelen, maatregelen, effecten en kosten van maatregelen aan de orde gekomen. Toch is het van groot belang om deze schijnbaar onsamenhangende onderdelen aaneen te koppelen om een doelmatig beleid te kunnen voeren tegen de verontreiniging van het milieu door fosfaten.

Bij het samenstellen van dit beleid staat een aantal maatregelen ter beschikking, namelijk:

- a) defosfatering van afvalwater;
- b) fosfaat uit wasmiddelen verwijderen;
- c) beperken van af- en uitspoeling van fosfaat t.g.v. landbouwactiviteiten door invoeren van een mestdoseringsnorm, een periode van uitrijverbod of een verlaging van het P-gehalte in veevoeder;
- d) internationaal overleg;
- e) opbaggeren van waterbodems;
- f) intensievere doorspoeling van binnenwateren;
- g) biomanipulatie.

Bij het te voeren beleid heeft men dus de keuze uit dit zevental van maatregelen. Daarnaast is het mogelijk de maatregelen gedeeltelijk, volledig of misschien wel geheel toe te passen. Een derde aandachtspunt bij het vaststellen van het beleid, is de bepaling

van de volgorde van invoering. Dit is belangrijk in verband met de kostenverschillen van de alternatieve maatregelen.

De aanpak van de overbesteding van het milieu begeeft zich, zoals de meeste problemen, tussen twee uitersten van mogelijke alternatieven. Tussen deze twee uitersten bevindt zich een heel scala van mogelijkheden die onderling verschillen in kosten, effectiviteit en toepasbaarheid. In de volgende paragrafen zullen achtereenvolgens het ene uiterste - aangeduid als het continuerings-alternatief -, het andere uiterste - aangeduid als het groene alternatief - en tenslotte het scala van tussenliggende alternatieven met de daarbij behorende kosten worden besproken.

7.2. HET CONTINUERINGS-ALTERNATIEF

Het ene uiterste is een alternatief waarbij niet wordt ingegrepen in de huidige gang van zaken. Hierbij wordt alleen defosfatering van afvalwater gecontinueerd op het huidige niveau. Het fosfaat blijft in wasmiddelen aanwezig en er komt geen mestdoseringsnorm. Dit "continuerings-alternatief" zal tot de reeds eerder beschreven nadelige gevolgen leiden door een continue accumulatie van zo'n 16 mln kg P/jaar in het oppervlaktewater en het daaronder aanwezige sediment en een verdere opvulling van het bodemreservoir tot of voorbij het maximum. De kosten van deze maatregel blijven beperkt tot zo'n 14 mln gulden/jaar (uitgaande van 1983 als indexjaar) die nodig zijn voor de continuering van de defosfatering. Verder is de technische vooruitgang bepalend voor de mogelijkheden die de mens heeft het milieu te gebruiken en zullen de eventuele kosten van dit "dweilen met de kraan open"-alternatief hier dus sterk van afhankelijk zijn.

7.3. HET GROENE ALTERNATIEF

Het andere uiterste is het zgn. "groene" alternatief. Hierbij is het uitgangspunt te streven naar een minimale P-belasting van het milieu. Dit komt neer op het aanwenden van alle mogelijke maatregelen ter vermindering van de belasting, onafhankelijk van de kosten en de effectiviteit. De totale kosten van dit alternatief zouden voor Nederland liggen tegen de **3,0 miljard gulden per jaar**, exclusief de p.m. kosten van enkele maatregelen en exclusief de kosten die het buitenland dient te maken. Dit bedrag is opgebouwd uit de volgende individuele kostenposten:

1. Volledige defosfatering op alle zuiveringsinstallaties en het

invoeren van P-vrije wasmiddelen. Ondanks het feit dat deze twee submaatregelen elkaar beïnvloeden, is in dit groene alternatief gekozen voor gebruik van beiden. Hierdoor kan de P-belasting van het oppervlaktewater met maximaal 6,66 mln kg P/jaar worden beperkt (zie tabel 6, hoofdstuk 3). De jaarlijkse kosten hiervan bedragen :

* 250 mln gld voor invoering P-vrije wasmiddelen (zie 6.3)

* 131 mln gld voor defosfatering van het resterende P in het afvalwater (= 4,16 mln kg P * f 31,53/kg P).

Totaal kost deze maatregel jaarlijks 381 mln gld waarmee 6,66 mln kg P-belasting kan worden vermeden. De kosten-effectiviteitsrelatie bedraagt f 57,21/kg vermeden P-belasting.

2. Mestdoseringsnorm van 70 kg P₂O₅/ha/jaar en een verlaging van het P-gehalte in veevoeders met 15%. Dit resulteert in een maximale beperking van de P-belasting (namelijk 2,25 mln kg P). De kosten hiervan bedragen ruim 2600 mln gld (zie tabel 21, hoofdstuk 6), wat een kosten-effectiviteitsrelatie oplevert van ongeveer f 1160,-/kg vermeden P-belasting.

Sommering van de kosten van deze twee maatregelen resulteert in de totale kostenlast van dit "groene alternatief" van 3,0 mrd gld/jaar. Dit is alleen nog maar het Nederlandse aandeel, want ook het buitenland (voornamelijk Duitsland) zal veel geld moeten reserveren om de verontreinigingen met P te bestrijden. Het voert echter te ver om in deze studie de precieze bronnen in het buitenland op te sporen en een schatting van de te maken kosten te geven. Ook de maatregelen "opbaggeren van waterbodems", "intensievere doorspoeling van binnenwateren" en "bio-manipulatie" worden in de verdere berekeningen slechts pro memoria vermeld.

7.4. TUSSENLIIGENDE ALTERNATIEVEN

Tussen deze twee uiterste vormen van beleid met betrekking tot de beperking van de fosfaatbelasting is natuurlijk een heel scala van mogelijkheden, gradaties en wijzen van prioriteiten mogelijk. Zo kan elke maatregel wel, niet of slechts gedeeltelijk worden aangewend. Men kan dus kiezen of men defosfatering voor 100%, voor 80% of bijvoorbeeld voor 50% wil doorvoeren. Hetzelfde geldt voor fosfaatvrije wasmiddelen.

Het aandeel van de landbouw verminderen kan natuurlijk ook in gradaties plaatsvinden, zoals al is gebleken in de hoofdstukken 5 en 6. Gradatie is mogelijk aan de hand van de eerder vermelde criteria, namelijk:

- mestdoseringsnorm (met de varianten 70, 125, 200 en 350 kg P_2O_5 /ha/jaar);
- mestuitrijverbod (met de varianten 1,5 , 2,5 en 3,5 mnd.);
- verlaging van het fosforgehalte in veevoeders (met de varianten 0% en 15%).

De met deze varianten te vormen 24 mogelijke combinaties vormen een soort verdeling tussen de uitersten "wel" en "niet" toepassen van deze maatregel. Deze mogelijkheden lopen van bijna geen ingrijpen (norm = 350 kg P_2O_5 /ha/jaar, 1,5 maand uitrijverbod en geen beperking van het fosforgehalte in veevoeders) tot bijna volledig ingrijpen (norm = 70 kg P_2O_5 /ha/jaar, 3,5 mnd. uitrijverbod en 15% reductie van het P-gehalte in veevoeders). De resterende vier maatregelen blijven verder buiten beschouwing. Wel kan worden opgemerkt dat via internationaal overleg het aandeel van de grensoverschrijdende rivieren natuurlijk ook in procentuele gedeelten is te reduceren. Een overzicht van de mogelijke maatregelen is in tabel 23 weergegeven.

In deze tabel is dus een drietal mogelijkheden opgenomen om de emissie vanuit de huishoudelijke en industriële bronnen te beperken. "Alleen defosfatering" komt uit de vergelijking van deze drie als efficiëntste naar voren. De gemiddelde kosten bedragen zo'n f 31,50 per kg vermeden P-belasting van het oppervlaktewater. De aanpak van wasmiddelen is in vergelijking met defosfatering van het afvalwater duur.

Wat betreft de emissie vanuit de landbouw zijn 26 mogelijkheden doorgerekend. Hierin is gevarieerd in mestdoseringsnormen (70, 125, 200 en 350 kg P_2O_5 /ha/jaar), in wel of niet 15% verlaging van het P-gehalte in veevoeders en in uitrijverboden (1,5 , 2,5 en 3,5 mnd). Zoals reeds in paragraaf 5.4.5. werd geconcludeerd, heeft de 15% verlaging van het P-gehalte in veevoeders alleen tot gevolg dat de kosten van verwerking van het mestoverschot toenemen terwijl de belasting van het oppervlaktewater gelijk blijft. De invoering van een uitrijverbod heeft wel gevolgen voor de P-belasting. De totale kosten zijn samengesteld uit de kosten voor verwerking van het gewone mestoverschot plus de extra kosten voor opslag van de mest in de perioden van uitrijverbod.

Uit tabel 23 zijn de gemiddelde kosten per kg vermeden P-belasting van de "landbouwmaatregelen" te schatten op zo'n f 260,- tot f 1550,-. Dit is dus aanzienlijk duurder dan defosfatering in waterzuiveringsinstallaties. Volledige defosfatering dient dan ook als eerste maatregel te worden uitgevoerd. Welke "landbouwmaatregel" daarna de voorkeur geniet is afhankelijk van de gewenste beperking van de P-belasting van het oppervlaktewater. De

26 mogelijkheden uit tabel 23 bevatten een aantal kosten-inefficiënte maatregelen. Dat wil zeggen dat hetzelfde resultaat ook tegen minder kosten kan worden bereikt. Tabel 24 geeft een overzicht van de efficiënte maatregelen oplopend van minst vermeden P-belasting van het oppervlaktewater tot meest vermeden belasting.

Tabel 23: Vermeden P-belasting van het oppervlaktewater en totale jaarlijkse kosten van de maatregelen ter vermindering van de P-belasting van het Nederlandse oppervlaktewater, 1983.

Maatregel	Vermeden P-belasting van het opp. water	Totale jaarl. kosten
	(mln kg P/j)	(mln gld/j)
Emissie vanuit huishoudens en industrie:		
a) Defosfateren in 3 ^e trap	6,66	210,-
b) P-vrije wasmiddelen	2,50	250,-
c) Defosfateren in 3 ^e trap + wasmiddelen	6,66	381,-
Emissie vanuit de landbouw:		
Norm ¹⁾	P-reductie in veevoer	Uitrij- verbod
a) 70		
b) 70	15%	
c) 125		
d) 125	15%	
e) 125		1,5 mnd
f) 125		2,5 mnd
g) 125		3,5 mnd
h) 125	15%	1,5 mnd
i) 125	15%	2,5 mnd
j) 125	15%	3,5 mnd
k) 200		
l) 200	15%	
m) 200		1,5 mnd
n) 200		2,5 mnd
o) 200		3,5 mnd
p) 200	15%	1,5 mnd
q) 200	15%	2,5 mnd
r) 200	15%	3,5 mnd
s) 350		
t) 350	15%	
u) 350		1,5 mnd
v) 350		2,5 mnd
w) 350		3,5 mnd
x) 350	15%	1,5 mnd
y) 350	15%	2,5 mnd
z) 350	15%	3,5 mnd

1) kg P₂O₅/ha/jaar.

Tabel 24: Kosten-efficiënte landbouwmaatregelen gerangschikt naar oplopende vermeden P-belasting van het oppervlaktewater en de totale kosten van deze maatregelen, 1983.

Kosten-efficiënte maatregelen			Vermeden P-belasting van het oppervlaktewater	Totale jaarlijkse kosten
Mest-norm ¹⁾	P-reductie veevoeder	Uitrijverbod	(mln kg P/j)	(mln gld/j)
A 350	--	--	0,35	167,-
B 200	15%	--	0,55	254,-
C 350	--	1,5 mnd	0,65	239,-
D 200	15%	1,5 mnd	0,85	325,-
E 350	--	2,5 mnd	0,90	300,-
F 200	15%	2,5 mnd	1,10	387,-
G 350	--	3,5 mnd	1,20	361,-
H 125	15%	2,5 mnd	1,35	481,-
I 200	15%	3,5 mnd	1,45	444,-
J 125	15%	3,5 mnd	1,65	537,-
K 70	15%	--	2,25	2613,-

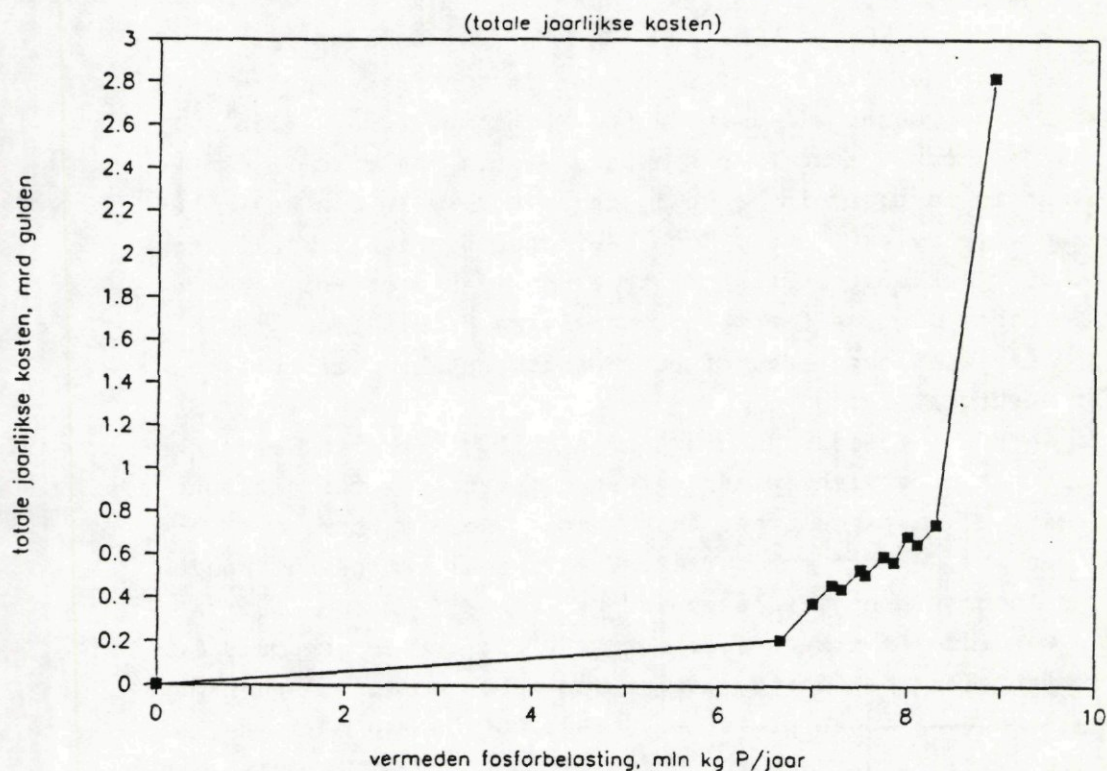
1) kg P₂O₅/ha/jaar.

Uit deze gegevens is vervolgens een figuur samengesteld van de totale jaarlijkse kosten van de mogelijke maatregelen en de vermeden P-belasting van het oppervlaktewater. Zoals reeds vermeld, is "defosfatering in de 3^e zuiveringstrap" het meest efficiënt en deze staat dus als eerste uit te voeren maatregel in de figuur. De kosten en vermeden kg P-belasting van de 11 landbouwmaatregelen zijn vervolgens bij de "defosfatering in de 3^e trap" opgeteld (zie figuur 3). Wegens het niet-lineair verlopen van de stappen in de maatregelenreeks zijn afwijkingen in positieve en negatieve zin mogelijk.

Uit de grafiek blijkt een zeer sterke toename van de kosten van de maatregelen in het laatste deel. Hierbij dient echter een opmerking te worden gemaakt over het milieubeleid van de Nederlandse overheid. De hiervoor beschreven mestdoseringnormen en uitrijverboden zijn door de overheid vastgesteld in het kader van de bestrijding van zure regen. In dit verband dienen de in deze studie berekende kosten voor deze landbouwmaatregelen dan ook

niet geheel te worden toegerekend aan de bestrijding van de P-belasting van het Nederlandse milieu. Dit in ogenschouw nemend, zullen de kosten van deze landbouwmaatregelen, die daadwerkelijk aan het fosfaatbeleid moeten worden toegerekend, veel lager zijn.

Kosten van vermeden fosforbelasting



Figuur 3: Cumulatieve jaarlijkse kosten van de maatregelen uitgezet tegen de vermeden P-belasting.

Een tweede aandachtspunt is dat het buitenland als verontreinigingsbron eigenlijk buitenspel is gezet in deze studie. Zo is het goed mogelijk dat het vermijden van de laatste kg P in Nederland zo duur wordt dat een vermindering van de fosfaatbelasting van de Rijn prioriteit vereist. In dit kader kan worden bezien of juridische stappen mogelijk zijn of eventueel gedeeltelijke financiering door Nederland van fosfaatbestrijding in Duitsland.

Totale aanpak van het fosfor-probleem in Nederland gaat de overheid zo'n 3,0 mrd gulden per jaar kosten. Dit is ongeveer 0,75 procent van het Bruto Nationaal Produkt. Dit bedrag betreft voor een groot deel tevens de bestrijding van ammoniakemissies in de landbouw.

Dat het laatste woord over het fosfaatbeleid nog lang niet gesproken is, blijkt wel uit de vernieuwde belangstelling van de overheid voor de fosfaatproblematiek.

HOOFDSTUK 8: CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Onderzoeken van het Centraal Bureau voor de Statistiek geven aan dat fosfor zich voornamelijk in de bodem ophoopt (CBS, 1985a). In getalswaarde komt dit neer op een accumulatie van zo'n 95 mln kg P per jaar in de bodem in vergelijking met ruim 16 mln kg P per jaar in het oppervlaktewater. Toch heeft het overschot aan fosfor in het oppervlaktewater belangrijkere gevolgen voor het ecosysteem. De bodem dient als een soort opslagreservoir voor fosfor, waardoor pas echt negatieve effecten ontstaan als deze opslagcapaciteit verbruikt is.

De fosforhoeveelheid van zo'n 16 mln kg P, die zich jaarlijks ophoopt in het oppervlaktewater en het eronder liggende sediment, is voor 40% afkomstig uit het buitenland. Deze stroom komt ons land binnen via de Rijn en de Maas. Het aandeel van de huishoudelijke en industriële emissies bedraagt ruim 25% en de fosfaathoudende wasmiddelen dragen voor zo'n 15% bij aan de accumulatie. Uit- en afspoeling van fosfor uit of van de bodem vindt voornamelijk bij landbouwgronden plaats en draagt nu voor zo'n kleine 15% bij aan de P-belasting van het oppervlaktewater. Dit aandeel kan echter in de toekomst -door het spoedig opraken van de buffercapaciteit van de bodem- snel toenemen.

De overheid heeft de taak maatregelen te treffen tegen deze vorm van milieuverontreiniging. Realiseerbaarheid en kosten-effectiviteit zijn twee criteria waarop de overheid de beschikbare maatregelen dient te beoordelen. Uit deze studie is naar voren gekomen dat defosfatering van afvalwater op rioolwaterzuiveringsinstallaties de goedkoopste en kosten-effectiefste maatregel is. Op grond van de totale kosten van ongeveer 210 mln gld per jaar en een kosten-effectiviteitsrelatie van f 31,53 per vermeden kg P-belasting (de totaal te vermijden P-belasting door middel van defosfateren bedraagt 6,66 mln kg P/j), dient defosfatering als eerste in de reeks van maatregelen te worden doorgevoerd.

Indien we alleen kijken naar de kosteneffectiviteit, is het fosfaatvrij maken van wasmiddelen niet aanbevelenswaardig. Naast de extra kosten in verband met omschakelen van de producenten op andere produktiesystemen, zal toch defosfatering op zuiveringsinstallaties moeten plaatsvinden. Fosfaatvrij wassen helpt echter

wel om de stroom van fosfaathoudend zuiveringslib te beperken. Fosfaatvrij wassen heeft als pluspunt dat het een brongerichte maatregel is, welke natuurlijk beter in overeenstemming is met de ecologische doelstelling van emissiepreventie dan de effectgerichte "defosfatering in de 3^e zuiveringstrap".

Naast defosfatering op zuiveringsinstallaties dient als tweede verontreinigingsbron de landbouw te worden aangepakt. Deze draagt in totaal voor zo'n 2,25 mln kg P/j bij aan de 16 mln kg P die het Nederlandse oppervlaktewater bedreigt. Afhankelijk van de gewenste "vermeden P-belasting" zijn een aantal maatregelen mogelijk welke in kosten variëren van 200 mln tot 2,5 mrd gulden per jaar. Variaties zijn mogelijk in de mestdoseringsnorm, in een uitrijverbod van mest in de winter en in het verlagen van het P-gehalte in veevoeders.

Voor Nederland zullen de kosten voor het "schoonhouden van het milieu" wat betreft fosfor jaarlijks rond de 3,0 mrd gulden beslaan. Neemt men genoeg met een zekere mate van verontreiniging door de landbouw, dan blijven de kosten beperkt tot zo'n 0,5 mrd gulden per jaar. Aangezien zo'n 40% van de belasting uit het buitenland komt lijkt aanpak van deze bron ook een vereiste. Dit zal echter moeilijk tot stand komen aangezien de Duitse P-belasting geen bedreiging vormt voor het Duitse oppervlaktewater. Verder dient te worden vermeld dat in het kader van de verzuringsproblematiek de landbouw toch ook aangepakt moet worden. De kosten van deze maatregel beslaan dus eigenlijk meerdere probleemgebieden, waardoor de 2 mrd gulden per jaar, die voor de landbouw moet worden uitgetrokken, slechts gedeeltelijk voor rekening van bestrijding van de P-belasting hoeft te komen.

Ondanks dat veel kwantitatieve informatie ontbreekt, lijkt ons deze methodologische aanpak van het P-belastingsprobleem juist. Een meer integrale benadering met andere probleemgebieden in het Nederlandse milieu (ammoniakemissie en nitraatuitspoeling) lijkt zinvol. Toch dient de overheid bij invoering van 'het groene alternatief' rekening te houden met een totale lastenpost van ongeveer 3,0 mrd gld per jaar (exclusief bestrijding van grensoverschrijdende verontreiniging).

Naar mijn persoonlijke mening verdient de aanpak van eutrofiëring in Nederland een grotere mate van aandacht. Mede omdat aanpak van het directe Nederlandse aandeel in deze problematiek met beperkte financiële middelen (0,75 procent van het Bruto Nationaal Produkt) binnen handbereik ligt. Brongerichte maatregelen (zoals het voorschrijven van fosfaatvrije wasmiddelen) verdienen - ondanks ongunstige financiële gevolgen - aanbeveling, omdat zij de stroom van zuiveringslib beperken. Slechts indien

volledige recycling van fosfaat uit het afvalwater mogelijk wordt kan fosfaatvrij wassen achterwege blijven.

Literatuurlijst

1. Baan, P. van der, Utrecht brengt gevolgen van mestgebruik in kaart voor grond- en drinkwater, R.O.M., jrg. 5 (1987), nr 3 (mrt), blz 9-12.
2. Borggreve, G.J., en J.P. Cornelissen, Minder fosfaat in dierlijke mest: veevoedkundige mogelijkheden, G.L.O.-studiedagen, 1986.
3. Breeuwsma, A., en O.F. Schoumans, Fosfaatophoping en uitspoeling in de bodem van mestoverschotgebieden, Stichting voor Bodemkartering, rapport nr. 1866, Wageningen, 1986.
4. Brinkman, A.G., en W. van Raaphorst, De fosfaathuishouding in het veluwemeer, proefschrift, mrt 1986.
5. Centraal Bureau voor de Statistiek, Algemene milieustatistieken 1983-1985, 's-Gravenhage, Staatsuitgeverij, 1985a.
6. Centraal bureau voor de Statistiek, Fosfor in Nederland 1970-1983, 's-Gravenhage, Staatsuitgeverij, 1985b.
7. Centraal Bureau voor de Statistiek, Kwartaalberichten milieustatistieken 1986/2, 's-Gravenhage, staatsuitgeverij, 1986a.
8. Centraal Bureau voor de Statistiek, Milieustatistieken, waterkwaliteitsbeheer, deel b, zuivering van afvalwater 1982-83, 's-Gravenhage, staatsuitgeverij, 1986b.
9. Claasen, T.H.L., Eutrofiëring en algenbloei in het Friese boezemwater, H₂O jrg. 19 (1986), deel 1, blz. 268-275.
10. CUWVO (Coördinatiecommissie Uitvoering Wet Verontreiniging Oppervlaktewater) werkgroep VI, Aanbevelingen voor bestrijding van eutrofiëring van de Nederlandse oppervlaktewateren, 1983.
11. Dijk, J.C. van, en E. Eggers, Defosfatering met een korrelreactor; een Nederlandse ontwikkeling met toekomst, H₂O jrg. 20 (1987), nr 3 (jan 87).
12. Golterman, H.L.(red.), Fosfaten in het Nederlandse oppervlaktewater, Stuurgroep fosfaten van de Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging (KNCV), Sigma Chemie, 1976.
13. Hellema, H., Fosfaatloos wassen ; duur en ondoelmatig, Intermediair, jrg. 20 (1984), nr. 4, blz 35-37.
14. Indicatief Meerjaren Programma - Milieubeheer 1986-1990, Tweede kamer, vergaderjaar 85-86, 19.204 nrs. 1 + 2, 's-Gravenhage, staatsuitgeverij, 1985.
15. Indicatief Meerjaren Programma - Water 1985-1989, Tweede kamer, vergaderjaar 84-85, nr 19.153 nrs. 1 + 2, 's-Gravenhage, staatsuitgeverij, 1985.
16. Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging, Maatregelen tot

- vermindering van de fosfaatbelasting van het Nederlandse oppervlaktewater, subgroep C van de werkgroep fosfaten van de sectie milieuchemie van de Koninklijke Nederlandse Chemische Vereniging (KNCV), febr. 1976.
17. Kouwe, F.A., Fosfaat en eutrofiëring in een laaglandbeek, Gemeenschappelijke technologische dienst Oost-Brabant, box-tel, 1982.
 18. Lint, E.L. van, Uitspoeling en afspoeling van fosfaat uit dierlijke mest, een literatuuranalyse, vakgroep milieubiologie, R.U. Leiden, 1983.
 19. Luesink, H.H., Een kwantitatieve verkenning van de mestoverschottenproblematiek in Nederland, met een uitwerking voor Overijssel, 's-Gravenhage, LEI, 1987.
 20. Ministerie van VROM, L&V en V&W, De fosfaatbelasting van het oppervlaktewater vanuit de landbouw, een eerste inventarisatie van gegevens over het aandeel van de landbouw aan de fosfaatbelasting van de Nederlandse oppervlaktewateren en van mogelijke maatregelen ter vermindering hiervan, rapport van de werkgroep fosfaten uit de landbouw, 's-Gravenhage, staatsuitgeverij, febr. 1985.
 21. Olsthoorn, C.S.M., De relatieve bijdragen van diverse bronnen aan de fosfaatbelasting van het zoete oppervlaktewater, H₂O, jrg 19 (1986), nr. 9, blz. 170-173.
 22. Oude, N.T. De, en A.L. De Jong, Gevolgen van fosfaatverbod in wasmiddelen voor het milieu en de consument, rapport voor de Nederlandse Vereniging van Zeepfabrikanten (NVZ), mrt 1982.
 23. Thio, K.G., De economie van het wassen, ESB, jrg. 20 (1984), blz. 112-115.
 24. Tweede Kamer, Rapport van de overleggroep fosfaatreductie in wasmiddelen II, vergaderjaar 82-83, 17.153, nr. 111, hoofdstuk XI, 's-Gravenhage, staatsuitgeverij, 1983.
 25. Wijnands, J.H.M., en H.H. Luesink, Een economische analyse van transport en verwerking van mestoverschotten in Nederland, 's-Gravenhage, LEI, afdeling landbouw,³ nov 1984.