

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord

1 INLEIDING

1.1 Algemeen

1.2 Het stoffenstroomschema

1.3 Stoffenre: cadmium en polycyclische aromatische koolwaterstoffen

2 CADMIUMSTROMEN EN -ACCUMULATIE IN NEDERLAND EN ZUID-HOLLAND

2.1 Stoffenstroomschema's voor cadmium in Nederland en Zuid-Holland

2.1.1 Stoffenstroomschema's voor cadmium in Nederland

2.1.2 Stoffenstroomschema's voor cadmium in Zuid-Holland

2.2 Cadmiumstroom en -accumulatie in Nederland en Zuid-Holland

Stroomschema's voor stoffen in economie en milieu van Nederland en Zuid-Holland

deel I : Samenvatting en conclusies

3.1 Stoffenstroomschema's voor PAK in Nederland en Zuid-Holland

3.2 PAK-stromen in Nederland en Zuid-Holland

3.3 Exponeringsstromen

3.4 Gevoelbaarheidspunten

3.5 Ontwikkeling in PAK-belasting van het milieu tot 2000

3.6 Conclusies met betrekking tot de bruikbaarheid van stoffenstroomschema's voor het PAK-beleid

4 TECHNISCHE EVALUATIE

4.1 Cadmium

4.1.1 Economische gegevens

4.1.2 Milieugegevens

4.2 PAK

4.2.1 Economische gegevens

4.2.2 Milieugegevens

4.2.3 Gevoelheidsanalyse

CML

W.G.H. van der Naald, E. van der Voet, I.Rijsdorp, J.B. Guinée en G. Huppes

IVM

P.C. Koppert, M.A.F.P. van Rooij en J.F. Feenstra

Bijlage 1

Leiden/Amsterdam, 8 mei 1989

CENTRUM VOOR MILIEUKUNDE
DER RIJKSUNIVERSITEIT LEIDEN

CIP-gegevens:

Stroomschema's

Stroomschema's voor stoffen in economie en milieu van Nederland en Zuid-Holland. - Leiden : Centrum voor Milieukunde ; Amsterdam : Instituut voor Milieuvraagstukken

ISBN 90-5191-021-5

Dl. I: Samenvatting en conclusies / W.G.H. van der Naald

Met lit. opg.

ISBN 90-5191-022-3

SISO 614.6 UDC [351.77:504.054](492)

Trefw.: stofstroomschema's ; Nederland.

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord	
1	INLEIDING
1.1	Algemeen 3
1.2	Het stofstroomschema 4
1.3	Stofkeuze: cadmium en polycyclische aromatische koolwaterstoffen 6
2	CADMIUMSTROMEN EN -ACCUMULATIE IN NEDERLAND EN ZUID-HOLLAND 7
2.1	Stofstroomschema's voor cadmium in Nederland en Zuid-Holland 7
2.1.1	Stofstroomschema's voor cadmium in Nederland 7
2.1.2	Stofstroomschema voor cadmium in Zuid-Holland 9
2.2	Cadmiumstromen en -accumulatie in Nederland en Zuid-Holland 9
2.3	Probleemstromen 12
2.4	Beleidsaangrijpingspunten 13
2.5	Voorgenomen overheidsbeleid 16
2.6	Conclusies met betrekking tot de bruikbaarheid van stofstroomschema's voor het cadmiumbeleid 17
3	PAK-STROMEN EN ACCUMULATIE IN NEDERLAND EN ZUID-HOLLAND 19
3.1	Algemeen 19
3.2	Stofstroomschema's voor PAK in Nederland en Zuid-Holland 19
3.3	PAK-stromen in Nederland en Zuid-Holland 20
3.4	Probleemstromen 22
3.5	Beleidsaangrijpingspunten 2k
3.6	Ontwikkeling in PAK-belasting van het milieu tot 2000 26
3.7	Conclusies met betrekking tot de bruikbaarheid van stofstroomschema's voor het PAK-beleid 27
4	TECHNISCHE EVALUATIE 29
4.1	Cadmium 29
4.1.1	Economische gegevens 29
4.1.2	Milieugegevens 30
4.2	PAK 31
4.2.1	Economische gegevens 31
4.2.2	Milieugegevens 32
4.2.3	Gevoeligheidsanalyse 34
4.3	Conclusies 34
5	EVALUATIE VAN DE STOFSTROOMSCHEMA-BENADERING 36
5.1	Evaluatie van de gebruikte methode 36
5.2	Beleidsgerichte toepassingsmogelijkheden 37
5.3	Generalisatie naar andere stoffen 38
5.4	Conclusies 39

Literatuur

Bijlage 1	NADERE UITWERKING VAN DE SCHEA'S
1.1	Nadere uitwerking van het stofstroomschema cadmium
1.2	Nadere uitwerking van het stofstroomschema PAK

VOORWOORD

De Provincie Zuid-Holland verleende in januari 1988 aan het Centrum voor Milieukunde, Rijksuniversiteit te Leiden (CML) en het Instituut voor Milieu-vraagstukken, Vrije Universiteit te Amsterdam (IVM) de opdracht tot uitvoering van het onderzoek "Nationale en provinciale stofstroom-schema's voor PAK en Cadmium". Het onderzoek is voortgekomen uit een workshop over stofstroomanalyses die in 1987 op initiatief van de provincie Zuid-Holland, en mede door het CML georganiseerd is. Dit onderzoek is mogelijk geworden mede dankzij een subsidie van het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer.

Het onderzoek is uitgevoerd door drs. W.G.H. van der Naald, drs. E. van der Voet, drs. I. Rijsdorp, Ir. J.B. Guinee, drs. G. Huppes (projectcoördinator) bij het CML en door Ir. P.C. Koppert, drs. M.A.F.P. van Rooij en drs. J.F. Feenstra (projectcoördinator) bij het IVM. Het CML heeft met name het milieudeel van het onderzoek en de beleidsanalyse uitgevoerd; het IVM heeft met name het economisch deel van het onderzoek uitgevoerd. Gedurende het onderzoek is intensief contact onderhouden met de begeleidingscommissie bestaande uit:

Mr. M. Burggraaf	Min. VROM (agendalid)
Ir. J. Cornet	Min. VROM (tot 1-1-1989)
Ir. B. Eshuis (plv. ir. A. Sedée)	Min. VROM vanaf 1-1-1989)
Prof. Dr. H.A.J. Govers	IVM-VU (tot 26-8-1988)
Dr. C.S.M. Olsthoorn	CBS
Ir. W.A. Postema	Prov. Noord-Holland
Dr. W. Slooff	RIVM
Prof. Dr. H.A. Udo de Haes	CML-RUL
Ir. J.Tj. van Vliet	Prov. Zuid-Holland
Ir. A. Wijbenga (voorzitter)	Prov. Zuid-Holland

De onderzoekers danken de leden van de begeleidingscommissie en de geraadpleegde deskundigen voor hun bijdrage aan dit onderzoek.

1 INLEIDING

1.1 Algemeen

In dit rapport zijn de resultaten **weergegeven** van het onderzoek naar de **stromen** van cadmium en polycyclische aromatische **koolwaterstoffen** (PAK) in de economie en het milieu in **Nederland** en **Zuid-Holland**. Het onderzoeksdoel was **tweeledig**:

1. Verkrijgen van inzicht in **kwantiteit** en **kwaliteit** van cadmium en PAK in de **Nederlandse** en **Zuidhollandse** economie en het milieu ten **behoef** van
 - de analyse van het cadmium- en het **PAK-probleem**
 - de **ontwikkeling** van beleidsmaatregelen op nationaal en provinciaal niveau
 - de voorspelling van effecten van beleidsmaatregelen
 - de sturing van nader onderzoek.
2. Verkrijgen van inzicht in de mogelijke **rol** van **stofstroomschema's** in het algemeen, op verschillende niveaus van gebiedsgrootte, bij
 - het **signaleren** en **analyseren** van milieuproblemen
 - de ontwikkeling van stofgericht beleid
 - de voorspelling van de effecten van beleid
 - de sturing van nader onderzoek.

De **stofstroomanalyse** in dit onderzoek is uitgevoerd volgens de **zogenaamde stofstroomschema-benadering**. De kern van deze benadering is dat een **samenhangende** analyse van stromen in economie en milieu wordt uitgevoerd volgens een bepaalde systematiek (Udo de Haes e.a. 1988). In de volgende paragraaf **zal** verder op deze benadering worden **ingegaan**.

Het conceptuele kader van deze benadering is in principe niet nieuw, **maar** bouwt voort op **andere balansbenaderingen** zoals de eerder **ontwikkelde** en toegepaste **balansen** van het IVM (Feenstra en Copius Peereboom 1978, Feenstra en Anzion 1980), het CBS (Olsthoorn 1986), en meer recentelijk in de **Basisdocumenten** van het RIVM. Wat **aan** de hier gevolgde benadering **wel** nieuw is, is dat dit kader **als methode** is uitgewerkt.

Een **stofstroomschema** geeft een overzicht van het totaal aan stromen en **accumulaties** in economie en milieu. Om een beter **beeld** te krijgen van de feitelijke milieuproblemen en om een meer concrete ondersteuning te leveren voor de formulering van milieubeleid is een nadere **differentiatie** en detaillering nodig. Deze nadere detaillering **kan langs** verschillende assen **plaatsvinden**.

In dit onderzoek heeft de nadruk gelegen op een verdere detaillering van het stroomschema naar kleinere ruimtelijke eenheden: Nederland als geheel; de Provincie Zuid-Holland; Zuidhollandse deelgebieden (**waterschappen**); en (fictieve) eenheden ter grootte van een hectare binnen Zuid-Holland (**bodem- en watersystemen**). Deze verdere detaillering geeft inzicht in de **differentiatie** in stromen en accumulaties binnen Zuid-Holland. Daarmee kan het dienen als ondersteuning voor het in **samenhang** met het nationale beleid te formuleren provinciaal beleid **inzake** PAK en **cadmium**.

Naast de analyse van stromen en accumulaties op deze ruimtelijke niveaus is ook de bruikbaarheid van de **stofstroomschema's** getoetst voor het doorrekenen van **beleidsmaatregelen**. Als **uitgangspunt** voor de analyse is 1985 **genomen**. De ontwikkelingen van de Cd- en PAK-stromen in de tijd worden geschetst aan de hand van **schattingen** van stromen en accumulaties

in het jaar 2000 met en zonder sturend beleid. Daarbij is aandacht besteed aan het totale overheidsbeleid, maar ook afzonderlijke maatregelen zijn op effectiviteit doorgerekend.

1.2 Het **stofstroomschema**

In **figuur 1.1** is de opzet van een stofstroomschema weergegeven. De **stofstromanalyse** in dit onderzoek is volgens deze systematiek uitgevoerd. Bij de "**invulling**" van het schema worden per **totaal-post** in het schema de onderliggende **deel-posten** geïnventariseerd en **gekwantificeerd**. De feitelijke analyse vindt op het niveau van de deel-posten plaats: het relateren van **specifieke probleemstromen** aan economische processen; en het doorrekenen van de effectiviteit van ingrepen in economische processen. In de onderzoeksrapporten worden **daarom** naast de schema's met totaalstromen en **accumulaties** de onderliggende deel-posten in tabellen gegeven. Deze gegevens zijn voor een goed begrip van de conclusies **noodzakelijk** en daarom voor een **deel als** bijlage bij deze **samenvatting** opgenomen. Voor het totaal aan gegevens wordt echter **verwezen** naar de deelrapporten "**cadmium**" en "**PAK**".

De **buitenste omlijning** van het schema geeft de **stysteemgrens** weer. Dit **systeem** kan een ruimtelijke eenheid zijn, maar ook **bijvoorbeeld** een sociaal-economisch systeem, **zoals** de **landbouwsector**. Binnen dit systeem kunnen twee deelsystemen onderscheiden worden; een **economisch-** en een **milieudeelsysteem**. Tussen deze beide deelsystemen vindt interactie plaats in de vorm van emissies naar, en onttrekking aan het milieu. De **accumulatie** is gedefinieerd als het verschil tussen totale in- en **uitstroom** van het **(deel)systeem**. **Onderstaand** worden de verschillende stofstromen en -accumulaties in het schema besproken. Hierbij is er van **uitgegaan** dat de begrenzing van het systeem de **landsgrenzen** aangeeft.

Economisch gedeelte

Naast een instroom in de economie door invoer uit het **buitenland** (1) is er een instroom in de economie via **primaire** produktie of winning (2). Naast de economische uitvoer (5) wordt een post vernietiging en retour naar substraat onderscheiden (6)¹. Een deel van de stof zal uiteindelijk in de economie accumuleren (11). De **accumulatie** in de economie kan worden opgedeeld in materialen (**ma**), produkten (**pr**) en te **verwerken afval** (**af**).

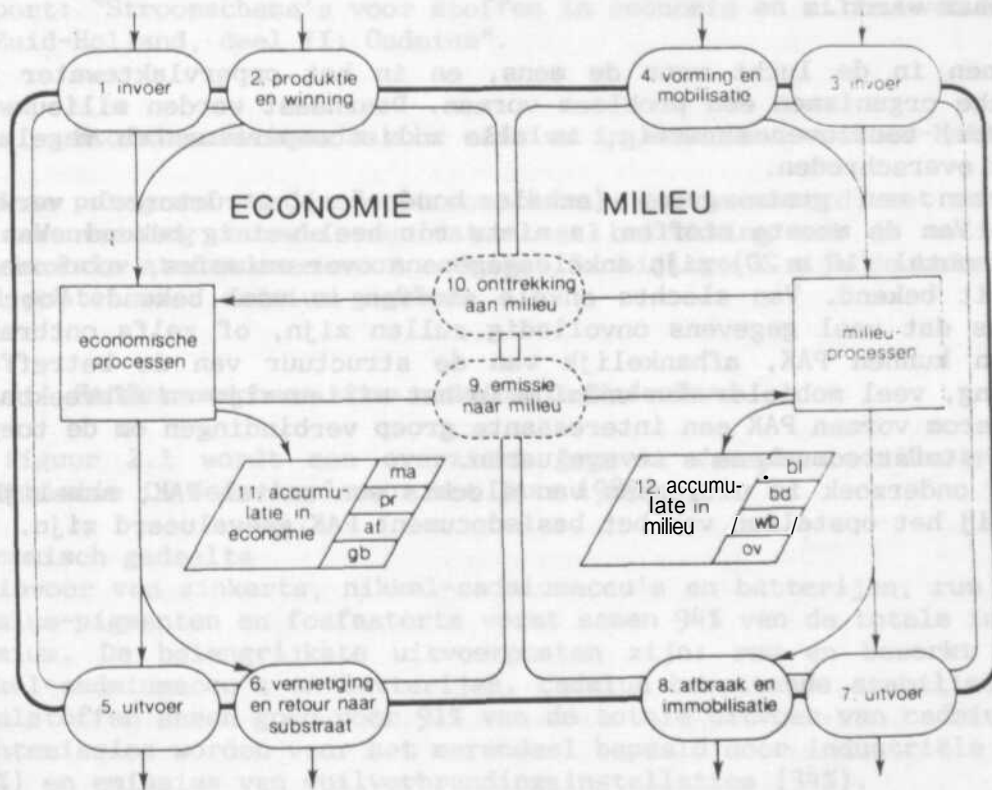
Milieugedeelte


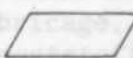

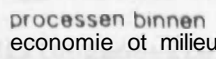
Naast de **grensoverschrijdende** invoer via het milieu (3) is een post 'vorming en **mobilisatie**' (bijvoorbeeld beschikbaar **komen** door **verwerking**) opgenomen (4). Bij de uitstroom uit het milieu wordt, naast de grensoverschrijdende uitvoer (7), ook **afbraak** in het milieu en immobilisatie gerekend (8). Accumulatie in het milieu kan worden onderscheiden in **bodem lokaal** (**bl**), bodem diffuus (**bd**), waterbodem (**wb**) en overig (**ov**).

1 In feite gaat het hierbij om **verantwoorde verwijdering**. Dit kan in principe meer omvatten dan vernietiging en retour naar substraat zoals bijvoorbeeld immobilisatie in produkten en gecontroleerde berging van **afvalstoffen**. In een recentere versie van het **stofstroomschema** wordt voor post 6 "verantwoorde verwijdering" gebruikt (Van der Voet e.a., 1989).

Interacties tussen deelsystemen

Tenslotte zijn er **stromen** tussen economie en milieu. Enerzijds zijn er emissies vanuit de economie naar het milieu (9), anderzijds onttrekking aan het milieu door de economie (10). Tot dit laatste kan worden gerekend het baggeren en vervolgens gecontroleerd storten van havenslib, en onttrekking door het oogsten van plantaardige en dierlijke producten.



-  instroom of uitstroom
-  accumulatie (netto)
-  stroom tussen economie en milieu
-  processen binnen economie of milieu
- a** - materialen
- pr** = produkten
- af** = afval
- gb** = gecontroleerde berging
- bl** = bodem lokaal
- bd** = bodem diffuus
- wb** = waterbodem
- ov** = overige

Figuur 1.1 Algemene opzet van een stofstroomschema

1.3 Stofkeuze: cadmium en polycyclische aromatische koolwaterstoffen

De **stofkeuze** van cadmium en polycyclische aromatische koolwaterstoffen is gebaseerd op de **overweging** dat beide een **aktuele probleemstof(groep)** zijn. Daarnaast zijn juist deze **stoffen** gekozen omdat zij sterk verschillen in **stofeigenschappen**, in economische toepassingen en in beschikbaarheid van **gegevens**.

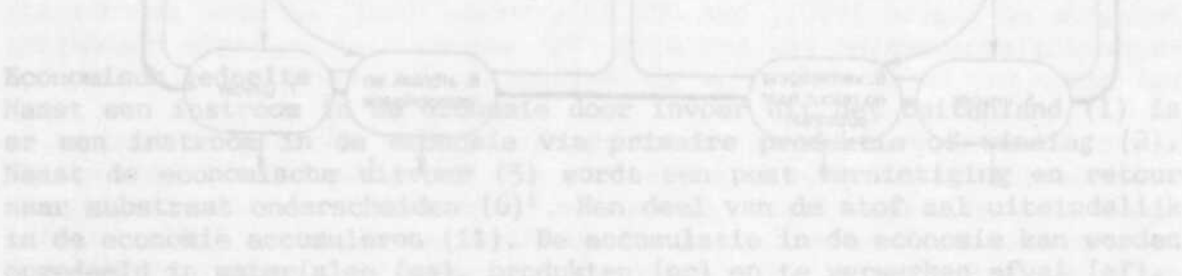
Cadmium is een **zwaar** metaal dat met name problemen **veroorzaakt** doordat het **accumuleert** in de voedselketen. In de huidige situatie blijkt dat de voor cadmium geldende **ADI-waarde** vaak al dicht benaderd of zelfs overschreden worden. Over cadmium is veel bekend zodat gegevens "**maximaal**" beschikbaar waren.

PAK kunnen in de lucht voor de mens, en in het oppervlaktewater voor **aquatische organismen** een probleem vormen. Daarnaast worden milieukwaliteitseisen, voorzover **aanwezig**, in alle milieucapartimenten regelmatig tot vaak overschreden.

PAK vormen een grote groep (**enkele** honderden) structureel **verwante stoffen**. Van de meeste **stoffen** is niets tot heel weinig bekend. Van een beperkt **aantal** (10 a 20) zijn enkele gegevens over emissies, **voorkomen** en toxiciteit bekend. Van slechts enkele **stoffen** is veel bekend. Voor PAK **geldt** dus dat veel gegevens onvolledig zullen zijn, of zelfs **ontbreken**. Bovendien kunnen PAK, **afhankelijk** van de structuur van de betreffende verbinding, veel mobieler dan cadmium in het milieu zijn en afbreekbaar. Juist hierom vormen PAK een **interessante** groep verbindingen om de toepassing van **stofstroomschema's** te evalueren.

Voor dit onderzoek is **uitgegaan** van slechts een aantal PAK, **namelijk** de 10 die bij het opstellen van het basisdocument PAK **geëvalueerd** zijn.

De afbeelding toont een algemeen opzet van een stofstroomschema. Het bestaat uit een aantal onderdelen die in de volgende paragrafen worden beschreven.



De afbeelding toont een algemeen opzet van een stofstroomschema. Het bestaat uit een aantal onderdelen die in de volgende paragrafen worden beschreven.

1. In feite gaat het hierbij om verantwoorde verwijdering. Dit kan in principe zeer eenvoudig door verwijdering en retour naar substrate worden bereikt. Het is belangrijk om te weten dat de verwijdering van afvalstoffen in een reactieve vertice van het stofstroomschema wordt voor post 5 'verantwoorde verwijdering' gebruikt. (Van der Voet o.a., 1983).

2 CADMIUMSTROMEN EN -ACCUMULATIE IN NEDERLAND EN ZUID-HOLLAND

De belangrijkste resultaten en conclusies van het onderzoek met betrekking tot cadmiumstromen worden in dit hoofdstuk besproken. In § 2.1 worden de cadmiumstromen en -accumulaties voor Nederland en de provincie Zuid-Holland weergegeven. In § 2.2 worden de stromen in milieu en economie besproken. De probleemstromen worden behandeld in § 2.3; in § 2.4 de daaruit af te leiden aangrijpingspunten voor het beleid. In § 2.5 wordt het voorgenomen overheidsbeleid besproken. In § 2.6 staan de belangrijkste conclusies vermeld.

Voor de volledige rapportage m.b.t. cadmium zij verwezen naar het deelrapport: "Stroomschema's voor stoffen in economie en milieu van Nederland en Zuid-Holland, deel II: Cadmium".

2.1 Stofstroomschema's voor cadmium in Nederland en Zuid-Holland

In deze paragraaf worden de stroomschema's gepresenteerd, met een beknopte samenvatting van de resultaten met betrekking tot de nationale en provinciale stofstromen voor cadmium. In bijlage 1 zijn de belangrijkste deel-posten voor cadmium gegeven.

2.1.1 Stofstroomschema voor cadmium in Nederland

In figuur 2.1 wordt een overzicht gegeven van de cadmiumstromen en-accumulatie in Nederland voor het jaar 1985.

Economisch gedeelte

De invoer van zinkerts, nikkel-cadmiumaccu's en batterijen, ruw cadmium, cadmium-pigmenten en fosfaaterts vormt samen 94% van de totale invoer van cadmium. De belangrijkste uitvoerposten zijn: ruw en bewerkt cadmium, nikkel-cadmiumaccu's en batterijen, cadmium bevattende stabilisatoren en afvalstoffen samen goed voor 91% van de totale uitvoer van cadmium.

Luchtemissies worden voor het merendeel bepaald door industriële emissies (57%) en emissies van vuilverbrandingsinstallaties (34%).

De wateremissies worden overheerst door de industriële lozingen 86% (voornamelijk kunstmestindustrie).

Emissie naar bodem kent als belangrijkste posten: industriële afvalstoffen (afval zinkfabricage, opslag op eigen terrein) 66%, huisvuil 10%, baggerspecie 11%, meststoffen (kunstmest + dierlijke mest) 7%.

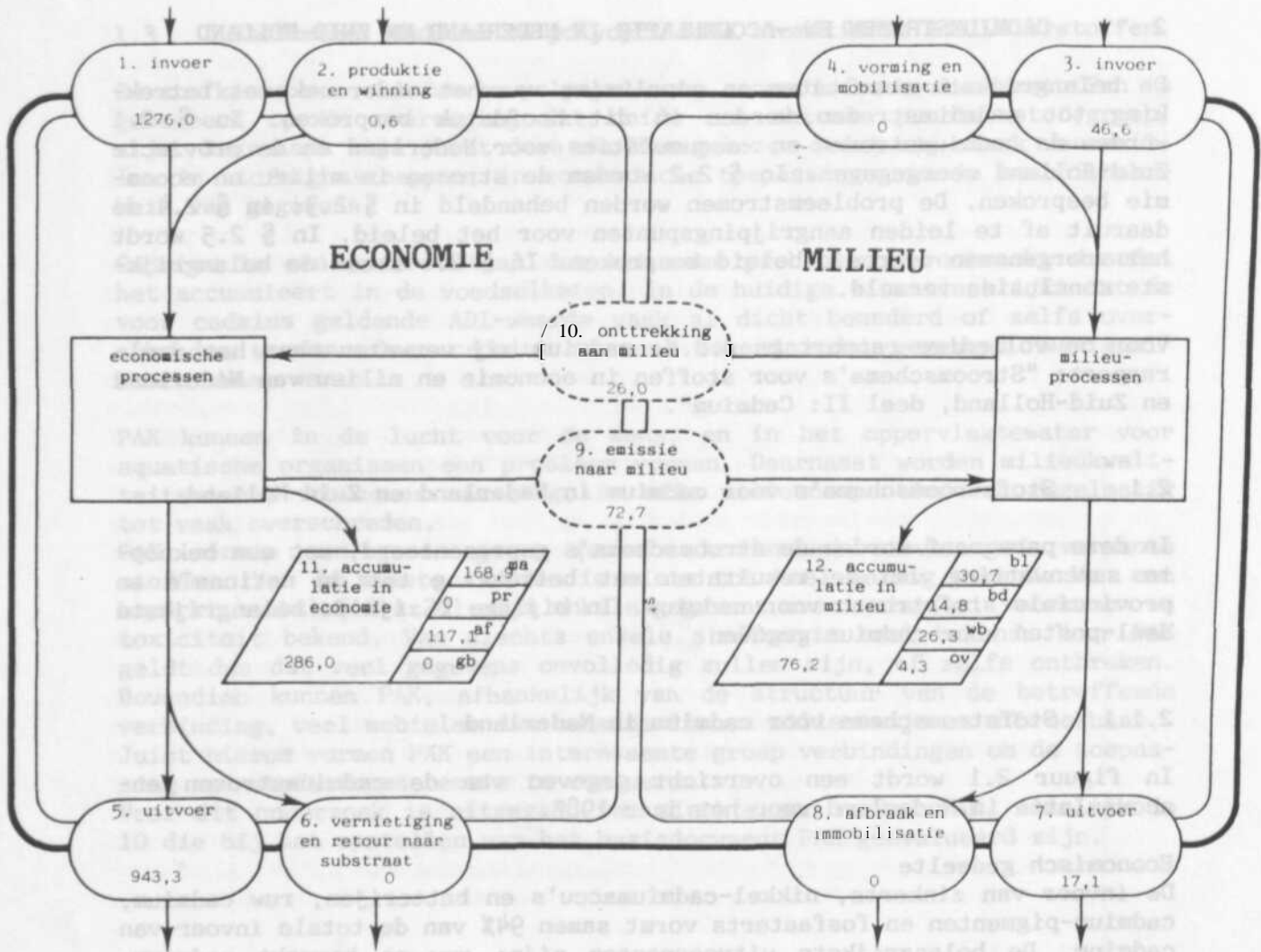
Milieugedeelte

De invoer van cadmium via het milieu wordt gedomineerd door de aanvoer met Rijn, Maas en Schelde (65%) en via grensoverschrijdende luchtverontreiniging (16%).

De uitvoer vindt in zijn geheel plaats via de grote rivieren en grensoverschrijdende luchtverontreiniging.

De term "onttrekking aan het milieu" wordt voor het merendeel gevormd door baggerspecie (91%).

Naast de belasting van het milieu via industriële activiteiten (lucht,-water en bodememissies) en de grensoverschrijdende vervuiling via de



Figuur 2.1 Cadmiumstromen en -accumulatie in Nederland in 1985 in ton per jaar

lucht en de grote rivieren dient, binnen het milieu, de diffuse bodembelasting als belangrijkste probleemstroom gezien te worden. Deze diffuse belasting wordt voor het grootste deel veroorzaakt door depositie uit lucht (7,8 ton/jaar), kunstmestgebruik (7,7 ton/jaar) en gebruik van dierlijke mest (4,7 ton/jaar). dit laatste is ten dele uit kunstmest, ten dele uit ingevoerd voeder afkomstig. Het moge duidelijk zijn dat verlagings van het cadmiumgehalte in kunstmest en dierlijke mest een belangrijke bijdrage kan leveren in de vermindering van de diffuse belasting. Voor verlaging van de depositie is vermindering van de luchtmissies noodzakelijk. De emissies van vuilverbrandingsinstallaties vormen een substantieel deel van deze luchtmissies.

De producten in het afval die deze emissies via VVI's veroorzaken zijn momenteel de cadmiumhoudende kleurstoffen en stabilisatoren in kunststof. Een afvalstroom die in de toekomst een belangrijke bijdrage aan het cadmium in het huishoudelijke afval kan gaan leveren wordt gevormd door de nikkel/cadmium batterijen (jaarlijkse accumulatie in de economie 44 ton in 1985, oplopend tot 60 ton in 2000).

2.1.2 Stofstroomschema voor cadmium in Zuid-Holland

In figuur 2.2 wordt een overzicht gegeven van de **cadmiumstromen** en **accumulatie** in de provincie Zuid-Holland voor het jaar 1985.

Economisch gedeelte

De invoer van **nikkel-cadmiumaccu's** en batterijen, **ruw en bewerkt cadmium**, **aardolie** en **aardolieprodukten**, **cadmium-pigmenten** en **fosfaaterts** vormt **samen 88%** van de totale invoer van cadmium.

De **belangrijkste** uitvoerposten zijn: **bewerkt cadmium**, **nikkel-cadmiumaccu's** en **batterijen**, **fosfaatkunstmest** en **aardolie** en **aardolieprodukten** samen goed voor **74%** van de totale uitvoer van cadmium.

Luchtemissies (**2,3 ton/jaar**) worden voor het merendeel bepaald door **industriële emissies (45%)** en emissies van **vuilverbrandingsinstallaties (52%)**.

De **wateremissies (15.8 ton/jaar)** worden overheerst door de **industriële lozingen 95*** (voornamelijk **kunstmestindustrie op Rijkswateren**). Slechts **0,1 ton** wordt op de provinciale wateren geloosd.

Emissies naar bodem kent **als belangrijkste posten**: **baggerspecie 66%**, **afval vuilverbrandingsinstallaties 25%** (storting op eigen terrein), **huisvuil 3%**, **meststoffen (kunstmest + dierlijke mest) 4***.

Milieugedeelte

De invoer van cadmium via het milieu vindt in zijn geheel plaats via de grote rivieren (**90%**) en via grensoverschrijdende luchtverontreiniging (**10%**).

De uitvoer vindt eveneens in zijn geheel plaats via de grote rivieren (**86%**) en grensoverschrijdende luchtverontreiniging (**14%**).

Onttrekking **aan** het milieu wordt voor het merendeel gevormd door **baggerspecie afkomstig uit rijkswateren (98%)**.

Naast de belasting van het milieu via **industriële activiteiten (lucht- en wateremissies)** en de grensoverschrijdende vervuiling via de lucht en de grote rivieren dient de diffuse **bodembelasting** als belangrijkste probleemstroom gezien te worden. Deze diffuse belasting (**3,1 ton/jaar**) wordt voor het grootste **deel veroorzaakt** door depositie (**2,1 ton/jaar**), **kunstmestgebruik (0,6 ton/jaar)** en gebruik dierlijke mest (**0,2 ton/jaar**).

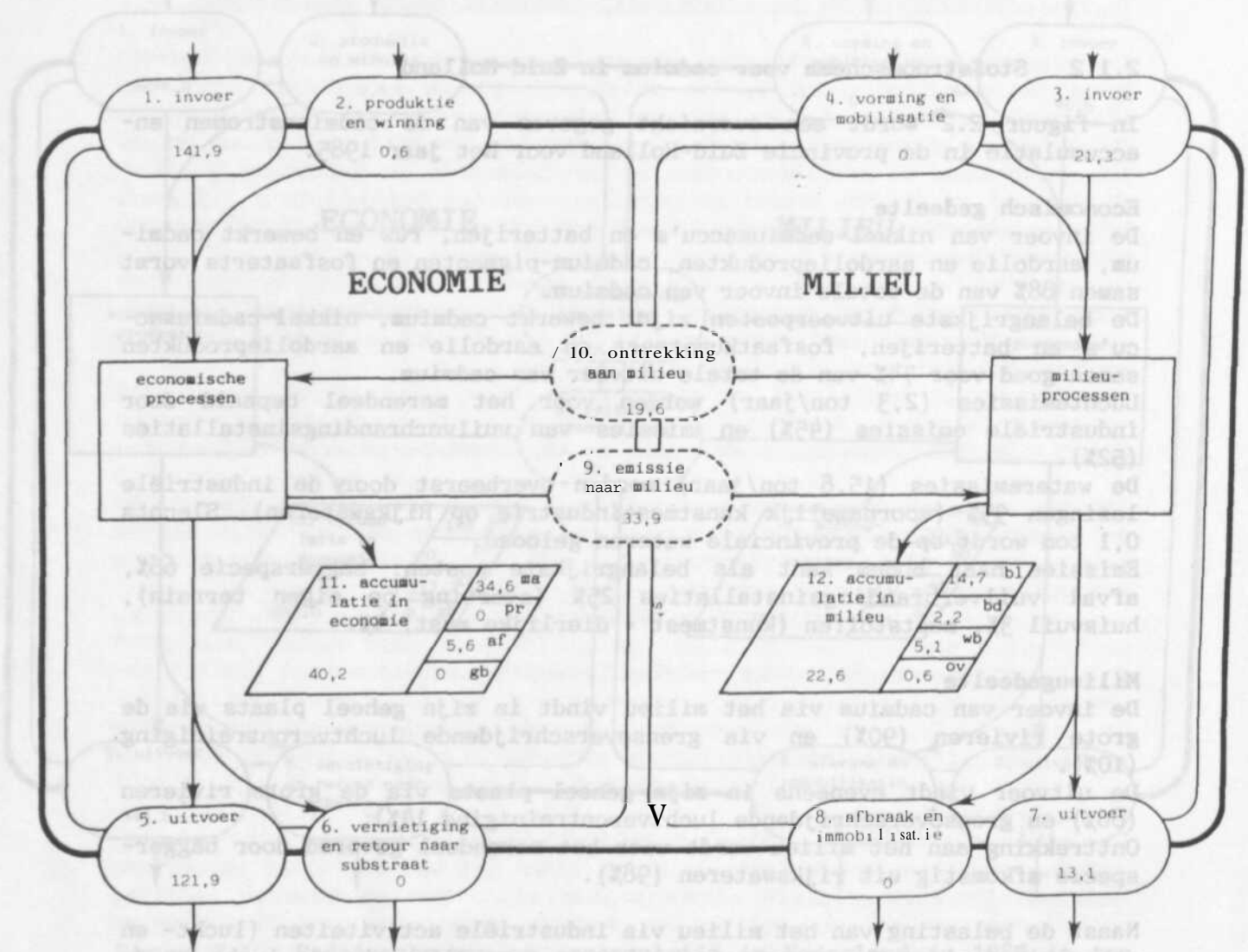
2.2 Cadmiumstromen en -accumulatie in Nederland en Zuid-Holland

Stromen in de economie

Invoer via de economie

De invoer van cadmium in de **Nederlandse economie** betreft slechts voor **ca.30%** intentionele import. Voor Zuid-Holland is dat **ca. 50%**, waarvan **nikkel-cadmiumbatterijen** en **-accu's** het grootste **aandeel** vormen. In principe zijn er voor het intentionele gebruik **alternatieven**. Beperking van de cadmiuminvoer binnen Nederland en Zuid-Holland is daardoor technisch mogelijk.

Voor **ca.70%** (Nederland) betreft het **niet-intentionele** import waarvan zinkerts bijna **90*** voor zijn rekening neemt. Die import is niet te beperken zonder het **doel** van die import, **zinkproductie**, te schaden.



Figuur 2.2 Cadmiumstromen en -accumulatie in Zuid-Holland in 1985 in ton per jaar

Dit legt beperkingen op aan een principiële streven naar zo laag mogelijke import. In Zuid-Holland komt de niet-intentionele import vooral op naam van de fosfaatmestindustrie: beperking van deze stroom bij gegeven ertsimport is mogelijk door cadmium-arm fosfaaterts te gebruiken.

Uitvoer via de economie

Bij de uitvoer van cadmium vormt de export van ruw cadmium uit de zinkproduktie het grootste aandeel (60%). Dit betekent dat een verminderde afzetmogelijkheid tot een grote afval cq. opslagpost kan leiden.

Voor Zuid-Holland speelt de export van ruw cadmium geen rol, de export van fosfaatkunstmest is hier belangrijk.

Accumulatie in de economie

De accumulatie van cadmium in de economie komt wat betreft afvalberging op eigen terrein vrijwel geheel op rekening van het jarosietafval bij de zinkproduktie. Voor de accumulatie in producten en materialen zijn min of

meer duurzame goederen als nikkel-cadmiumbatterijen en kunststofproducten verantwoordelijk. Voor beide geldt dat ze op den duur tot afval worden, bij de verwerking waarvan grote emissies naar het milieu kunnen ontstaan.

Voor Zuid-Holland speelt het jarosietafval geen rol, de slakken en vliegassen van de vuilverbranding zorgen hier voor een aanzienlijke accumulatie in de economie.

Stromen tussen economie en milieu

Emissie

Bij de emissie naar het milieu spelen voor het compartiment lucht de vuilverbranding en olieraffinage de grootste rol, de waterlozing wordt vooral veroorzaakt door de kunstmestindustrie en de waterzuiveringsinstallaties. Het storten van huishoudelijke en bedrijfsafvalstoffen en de opslag van baggerspecie nemen het grootste aandeel in de lokale bodememissie in, de diffuse bodememissie wordt vrijwel volledig veroorzaakt door bemesting met kunstmest, dierlijke mest en zuiverings-slib. Ditzelfde beeld geldt voor Zuid-Holland met dien verstande dat de stort van afvalstoffen daar een veel kleinere rol speelt, en dat de stort van baggerslib relatief veel belangrijker is.

De emissies naar het milieu komen landelijk globaal voor een kwart voort uit intentionele toepassingen, in Zuid-Holland slechts voor een tiende.

Onttrekking

De onttrekking van cadmium uit het milieu wordt bijna geheel door baggespecie gevormd. In 1985 werd een groot deel weer in het milieu gebracht. (zie 6.2). De onttrekking via oogst van gewassen is een veel kleinere, maar wel potentieel schadelijker stroom.

Stromen in het milieu

Nationaal en provinciaal niveau

De belasting van het milieu door emissies binnen Nederland bedraagt globaal gesproken het dubbele van de belasting door invoer vanuit het buitenland via water en lucht. Dit geldt ook voor Zuid-Holland. Voor de regionale en lokale situaties is de relatieve bijdrage van de emissies vaak nog groter.

De cadmiumstromen in het milieu van Zuid-Holland zijn ten opzichte van die voor Nederland hoog. Per oppervlakte- of inwoner-eenheid zijn invoer via het milieu, emissies, onttrekking, uitvoer en accumulatie enkele malen hoger dan voor Nederland als geheel. Voor een niet onaanzienlijk gedeelte hiervan zijn Rijn en Maas verantwoordelijk, die met hun grote cadmiumvrachten door Zuid-Holland stromen. Daarnaast is er in Zuid-Holland veel industriële activiteit. Met name de fosfaaterts-verwerkende industrie leidt tot grote cadmium-emissies. Tenslotte vormt de baggerspecie uit havens en vaargeulen een belangrijk deel van de omvang van cadmium-stromen en accumulaties. In alle drie de gevallen is in feite sprake van nationale stromen op provinciaal niveau.

Regionaal en lokaal niveau

Uit de stroomschema's op regionaal niveau blijkt, dat de cadmiumbelasting van het landelijk gebied voornamelijk afkomstig is van bemesting en

atmosferische depositie. De relatieve aandelen hiervan kunnen per gebied sterk verschillen, afhankelijk van ligging, grondgebruik en aanwezigheid van luchtmissiebronnen. De invloed van de grote (Rijks-)wateren blijkt in de deelgebieden relatief beperkt te zijn. Aangezien het belastingpatroon van de grote wateren (buitenland en industriële lozingen) ook sterk verschilt van dat van de polderwateren (depositie, uit- en afspoeling van bemesting) kan geconcludeerd worden dat deze categorieën door het beleid gecheiden kunnen worden behandeld.

Voorts is gebleken, dat de totale cadmiumaccumulatie per oppervlakte-eenheid sterk uiteenloopt voor de verschillende deelgebieden: van 5 g/ha (Rijnland, Vijfheerenlanden) tot 35 g/ha (Brielse Dijkring). Deze verschillen bieden duidelijke aanknopingspunten voor het gebiedsgericht beleid van de provincie Zuid-Holland, en ook voor het meetnet PIMM.

De meest gedetailleerde niveau's, de regionale en lokale schema's, bieden zinvolle aanknopingspunten naar cadmiumconcentraties in het milieu. De jaarlijkse bodem-accumulatie kan worden omgerekend naar een jaarlijkse concentratietoename. Daaruit blijkt, dat in bepaalde in Zuid-Holland voorkomende situaties binnen enkele tientallen jaren overschrijding van bodem- en voedselnormen te verwachten is. In dat geval moet de bodem ongeschikt worden geacht voor landbouwkundig gebruik.

2.3 Probleemstromen

Diffuse bodembelasting

De diffuse bodemaccumulatie kan vanuit oogpunt van zowel de menselijke gezondheid als welvaartsgerichte overwegingen als grootste probleemstroom worden beschouwd. Uit een hoog cadmium-gehalte in de bodem volgt immers een hoog cadmium-gehalte in gewassen. Bij consumptie kan dit tot overschrijding van de ADI-waarde leiden (die voor cadmium toch al vaak dicht wordt genaderd). In het andere geval moet het gewas worden afgekeurd en de bodem ongeschikt verklaard worden voor landbouwkundig gebruik. Daarbij is de diffuse bodembelasting tevens de moeilijkst beheersbare stroom. Ook dit pleit voor een extra grote beleidsaandacht.

Het blijkt, dat er op de vier niveau's verschillen zijn in de stromen die deze accumulatie veroorzaken. Op nationaal niveau neemt de bemesting, en met name de kunstmest, een centrale plaats in. Maatregelen hierop gericht zijn daarmee vanzelfsprekend uiterst zinvol.

Voor de provincie Zuid-Holland levert de depositie vanuit de lucht het voornaamste aandeel van de diffuse bodembelasting. Dit wordt met name veroorzaakt door de grote hoeveelheid cadmium die via vvi's naar de lucht wordt geëmitteerd. In de toekomst wordt een verdergaande stijging van deze emissies verwacht, waardoor de diffuse bodembelasting in Zuid Holland nog aanzienlijk sterker toe zal nemen dan op nationaal niveau. Op regionaal niveau kan het depositie-aandeel nog veel groter zijn: tot meer dan 80%! Aanpak van meststoffen is daarom voor de provincie niet voldoende. In sommige deelgebieden blijkt een doorvoering van de in het Basisdocument genoemde maatregelen m.b.t. cadmium in meststoffen zelfs maar 5% verbetering op te leveren, tegenover meer dan 30% gemiddeld over Nederland. In de provincie Zuid-Holland zal met name de emissie van cadmium uit vvi's tegengegaan moeten worden. De betekenis van de emissie van cadmium

door **raffinaderijen** is niet duidelijk doordat gegevens **hieromtrent** onzeker zijn.

Op lokaal niveau doet plotseling een heel **nieuwe probleemstroom** zijn intrede: het **zuiveringsslib**. Zuiveringsslib **als** stroom valt op de hogere **niveaus** in het niet vergeleken bij de **andere stromen**. Op lokaal niveau is dat echter zeker niet het **geval**. Bij **landbouwkundig gebruik** van **toegestaan** zuiveringsslib in **toegestane** hoeveelheden kan op het niveau van een hectare een zeer **aanzienlijke accumulatie** van cadmium optreden. Voor de provincie is dit een relevant gegeven, dat de vraag oproept naar de meest **wenselijke verwerkingsvorm** van dit **slib**. Het overheidsbeleid is nu gericht op het meer **gaan verbranden ervan**, in combinatie met rookgasreiniging. Dat dit ook niet altijd een **gewenst** resultaat oplevert is gebleken uit het voorbeeld van de **vvi** Gevudo, **waarin** een combinatie **vvi/rwzi** zorgde voor het **rondgaan** van cadmium van de ene installatie naar de andere met een beperkte netto **milieuwinst**.

Belasting **oppervlaktewater**

Bij een voortzetting van de trend **wordt** (geheel los van **binnenlands** beleid) een verder **afname** van de invoer van cadmium via Rijn en Maas **verwacht**, met positieve gevolgen voor de bezinking in **waterbodems**. Deze stroom **zal**, **wanneer** de trend zich inderdaad doorzet, als probleemstroom in de toekomst dan ook **aan betekenis verliezen**.

De **fosfaatmest-industrie** is momenteel **verantwoordelijk** voor zeer grote cadmiumlozingen op het oppervlaktewater. Deze relatief **gemakkelijk** en zeer effectief te **saneren** stroom wordt door het beleid nu ook **al aangepakt**. Effectieve doorvoering ervan **leidt** tot een halvering van de **cadmi-umbelasting** van de Noordzee **vanuit Nederland**. Daarnaast valt een (wat betreft cadmium) zeer **aanzienlijke verbetering** van de **baggerslib-kwaliteit** te **verwachten**. De accumulatie in **Nederlandse** waterbodems neemt echter nauwelijks af als gevolg van deze maatregel: de **profiterende** waterbodems worden grotendeels opgebaggerd of liggen buiten Nederland. Bovendien is het waarschijnlijk dat deze **emissie-afname** leidt tot een **toename** van het op bedrijfsterrein opgeslagen **cadmium-houdend afval**. Hierbij vindt dus geen vermindering maar een verschuiving (die overigens toch **gunstig** beoordeeld mag worden) plaats van **cadmiumstromen**.

Baggerslib

In het baggerslib gaan buitengewoon grote hoeveelheden cadmium om. Het beleid tot nu toe is gericht op het **creëren** van **stortlokaties**. In de toekomst is een verschuiving naar een meer preventief beleid toch meer **gewenst**: over 10 jaar zijn de **huidige** stortlokaties ook weer vol. Uit **bovenstaande** blijkt al dat voor wat betreft cadmium effectieve maatregelen te nemen zijn. De **noodzaak** tot stort van dit slib wordt echter ook door andere verontreinigingen bepaald.

2.4 **Beleidsaanrijpingspunten**

nikkel-cadmiumbatterijen

In de toekomst wordt (in Nederland en Zuid Holland) een zeer **omvangrijke** toename verwacht van het gebruik van nikkel-cadmiumbatterijen, die bij

Tabel 2.1. Probleemstromen van cadmium op vier **schaalniveau's**

	Neder- land	Zuid- Holland	deel- gebied	Perceels- niveau*
Diffuse bodembelasting (ton/j)	14,8	2,2		
% uit bemesting	57	32	max. 70	max. 80
uit achtergronddepositie	8	15	x	x
uit lokale depositie	13	50	max. 84	max. 42
uit zuiveringslib	3	3	?	max. 70
Belasting oppervlaktewater (ton/j)	52,1	35,0	x	
% uit invoer via rivieren	54	55	x	
uit industr. lozingen	28	42	0	
Lokale bodemaccumulatie (ton/jaar)	30,7	14,7		
% uit baggerspecie	44	95		
uit afvalstort	54	5		

het ontbreken van sturend beleid zal gaan leiden tot een sterke verhoging van de emissies naar het milieu. Door het gebruik van nikkel-cadmiumbatterijen wordt een groot potentieel milieuprobleem in Nederland geïntroduceerd. Het verbruik zal in de toekomst met nog zeker 25% toenemen, hetgeen een afvalstroom van 60 ton per jaar gaat opleveren. Zonder een sluitend **inzamelsysteem** komt dit afval voor naar schatting 50% in het huishoudelijk en **bedrijfsafval** terecht. Door het **verbranden** en storten van dit afval betekent dit bijna een verdubbeling van de **luchtemissies**, een verdubbeling van de emissie naar bodem lokaal en een verdrievoudiging van de **cadmiumgehalten** in **vvi-slak** en **-vliegias**. De verdubbeling van de luchtemissies resulteert in een 6% **toename** van de diffuse bodemaccumulatie in Nederland en **zelfs 25%** in Zuid-Holland!

Om dit te voorkomen dient **aanvullend** beleid gevoerd te worden, bijvoorbeeld in de **richting** van een verplicht **statiegeldsysteem** of beter een alternatief voor de **nikkel-cadmiumbatterij**. Bij een sluitende **inzameling** worden bovenstaande milieueffecten voorkomen.

Een apart **probleem** is dan nog, **wat** er na inzameling met de batterijen gebeurt. In de huidige situatie worden de **ingezamelde** batterijen naar het **buitenland** getransporteerd waar het **nikkel** eruit wordt **teruggewonnen**. Het cadmium zal vermoedelijk **als** afval **beschouwd** worden, zodat hier in feite een export van het milieuprobleem plaatsvindt. Mogelijk **kan** dat **veranderen** bij een verder stijgen van de **cadmiumprijs**, waardoor ook terugwinnen van cadmium **aantrekkelijk** wordt. Het totale **aanbod** van cadmium **neemt** dan echter toe. **Wanneer** ook **andere landen** tot export van cadmium **overgaan** is het netto-effect gering.

Zinkproduktie

De directe **milieu-emissies** bij de zinkproduktie zijn relatief gering. Echter de opslag van cadmium-houdend afval op eigen terrein vormt niet alleen een grote accumulatie in de economie maar tevens een **potentiële**

emissie naar het milieu in de toekomst. Op dit moment is nog **onduidelijk** hoe de **verwerking** van dit **afval** moet **gaan** plaatsvinden en het probleem wordt steeds nijpender door het continue, structurele **karakter** van deze **afvalstroom**. Een indringende bezinning op deze afvalpost is **noodzakelijk**.

Huishoudelijk en Bedrijfsafval

Deze afvalstromen bevatten **voornamelijk** cadmium door **cadmium-houdende kunststoffen** en in de nabije toekomst **wellicht** door **nikkel-cadmiumbatterijen**. Bij de verwerking van dit afval **middels** storten of **verbranden** ontstaan emissies naar het milieu. Op nationale schaal spelen storten en verbranden beide een **rol**, in Zuid-Holland wordt bijna **alles verbrand**. Aangegeven is **al welke** milieugevolgen het toevoegen van **nikkel-cadmiumbatterijen** aan deze afvalstromen **heeft**. **Autonome** ontwikkelingen **t.a.v.** de **omvang** van de afvalstromen doen die emissies met nog eens **25%** toenemen.

Voor het cadmium in kunststofprodukten is beleid in voorbereiding, **zoals aangegeven** in het ontwerp-cadmiumbesluit. Een **maximaal** effectief **cadmiumbesluit** doet de **cadmium-vracht** in het afval met **80%** afnemen. Hierdoor zullen de totale **luchtemissie** en de emissie naar bodem lokaal met ca. **30%** afnemen waardoor de diffuse bodemaccumulatie met **5%** voor **Nederland** en zelfs **20%** voor Zuid-Holland **kan** afnemen. Bij een beperkt effectief **cadmiumbesluit** neemt de reductie **meer** dan evenredig af. Slechts een effectieve doorvoering van het cadmiumbesluit **zal** de milieu-emissies **substantieel** doen afnemen. Het **ontwerp-besluit** leidt tenslotte nauwelijks tot **vervangende cadmium-stromen**, **althans** op nationaal niveau. Het probleem wordt **daarmee** dus **buiten** de grenzen gehouden en afgewenteld op het **buitenland**.

In Zuid-Holland dient men rekening te houden met een **toename (10%)** van het te verwerken afval door een uitvoer-stop naar de **VAM** in Drente. Dit zal leiden tot een toename van de **luchtemissie** en van de **vvi-slakken** en vliegassen. Een beleid gericht op de vermindering van de afvalstromen en **gescheiden inzameling** cq. verwerking van cadmiumafvalstromen kan hiervoor een oplossing zijn.

Kunstmestproduktie en gebruik

De kunstmestproduktie is **verantwoordelijk** voor het overgrote **deel** van de lozingen op het oppervlaktewater. Door een **schoon fosforzuurproces** kan de totale wateremissie met **70%** dalen voor heel Nederland en zelfs met **90%** voor Zuid-Holland. Dit heeft vooral een **aanzienlijke** verlaging tot gevolg van het **cadmium-gehalte** in baggerspecie en op de uitstroom naar de Noordzee. De **accumulatie** in de **waterbodems** neemt echter, zoals vermeld, nauwelijks af. Er ontstaat dan **wel** een extra stroom van **cadmiumhoudend** afval dat op **bedrijfsterreinen** komt te liggen of gestort moet worden.

Ook de diffuse bodembelasting zal door het gebruik van cadmium-arm **fosfaatkunstmest** sterk kunnen dalen (ca. **40%**). Hierdoor neemt de accumulatie in de bodem in Nederland met bijna **30%** en in **Zuid-Holland** met bijna **20%** af.

Door het gebruik van **cadmium-arme** fosfaatertsen neemt de import van cadmium eveneens af.

Indien de emissiereductie gerealiseerd wordt door zuiveringstechnieken bij de huidige produktiewijze (end-of-pipe) dan treedt er, evenals bij een **schoon fosforzuurproces**, een grote vervangende emissie naar bodem

lokaal op. Bovendien zal het cadmium-gehalte van de kunstmest niet dalen, waarmee deze optie de minst gunstige lijkt.

Zuiveringsslib

Door autonome toename van de hoeveelheid zuiveringsslib zal de emissie naar bodem diffuus door slibbemesting in de landbouw toenemen. Het beleid is erop gericht dit te ondervangen door slibverbranding. Nationaal gezien zal dit een toename van de totale luchtmissie geven van 7% en daardoor een toename van de diffuse accumulatie in de bodem van 1% naast een afname van 4% in de landbouw. Op Zuid-Hollandse schaal zijn de effecten nog matiger, hier wordt ten aanzien van de diffuse bodemaccumulatie enerzijds 2% gewonnen, maar door de extra luchtmissie 1% verloren. Het milieu-rendement van de slibverbranding is dus zeer beperkt.

In Zuid-Holland bestaat een probleemsituatie ten aanzien van de slibverbranding bij Gevudo. In de situatie van 1985 werd 50-65% van het cadmium in het slib direct naar het milieu (lucht en water) geëmitteerd. In de nabije toekomst zal dit ca. 15% gaan bedragen.

2.5 Voorgenomen overheidsbeleid

Effectiviteit voorgenomen beleid

Met betrekking tot het voorgenomen overheidsbeleid kunnen de volgende, samenvattende conclusies worden getrokken:

Uit de berekeningen blijkt dat het voorgenomen overheidsbeleid, wanneer de doorvoering probleemloos en maximaal effectief zou geschieden, in een aanmerkelijke vermindering van de cadmiumbelasting van het milieu in Nederland en Zuid-Holland resulteert. Deze vermindering zou zich met name voordoen bij de lokale bodemaccumulatie, maar ook bij de diffuse bodemaccumulatie is een afname te constateren. Alleen voor de waterbodems levert het beleid, zelfs bij maximale doorvoering, erg weinig op. Dit geldt voor een vergelijking met de situatie in 2000 zoals die zich zonder sturend beleid ontwikkeld zou hebben, en bovendien met de situatie in 1985. Wel moet steeds in het oog gehouden worden, dat er ook bij dit beleid nog steeds een niet onaanzienlijke accumulatie plaatsvindt, en dus een verhoging van de cadmiumconcentraties in het milieu.

Bij een meer realistische aanname over de haalbaarheid van genoemde beleidsmaatregelen is de afname van de cadmium-belasting veel kleiner. Ten opzichte van de autonome ontwikkeling is er nog duidelijk sprake van een verbetering, zij het dat deze aanzienlijk minder groot is dan bij een maximaal effectieve doorvoering. Ten opzichte van 1985 is er echter zelfs nog sprake van een stijging van de jaarlijkse cadmiumaccumulatie, zodat het beleid op deze manier ingeschat onvoldoende effectief geacht mag worden.

Voor Nederland als geheel is, bij een realistische inschatting van de doorwerking van het voorgenomen overheidsbeleid, een afname te zien van de diffuse bodembelasting dankzij de mindere cadmium-toevoeging via kunstmest, maar voor Zuid-Holland wordt deze winst grotendeels tenietgedaan door een hogere depositie via de verhoogde vvi-luchtmissies.

Aanvullende maatregelen

De diffuse bodemaccumulatie kan als voornaamste milieuprobleem genoemd worden. Gezien bovengenoemde uitkomsten verdient het aanbeveling om ter bestrijding hiervan aanvullende maatregelen te formuleren, die met name betrekking hebben op de binnenlandse, resp. binnen-provinciale luchtmissies. Dit geldt nadrukkelijk ook voor de in de toekomst te verwachten emissies die het gevolg zullen zijn van het voornemen meer afval via verbranding te verwerken.

Tenslotte kan ten aanzien van de te nemen maatregelen zelf vanuit een meer bestuurlijk oogpunt het volgende worden opgemerkt:

Beleidsmaatregelen met een algemeen karakter, waaronder de meeste financiële maatregelen maar ook het gehele produktbeleid vallen, kunnen het best op Rijksniveau genomen worden. Specifiek provinciale taken bij de cadmiumbestrijding zijn gelegen in de vergunningverlening, met name in verband met de grote hoeveelheid luchtmissies van cadmium, en in de aanwijzing van bijzondere gebieden, waardoor plaatselijk strengere milieukwaliteits-eisen kunnen worden gesteld en daarmee ook strengere eisen aan de belasting. Ook in het afvalstoffenbeleid kan de provincie een specifieke taak hebben, bijvoorbeeld ten aanzien van de inzameling van batterijen.

Bij veel probleemstromen ligt de uiteindelijk meest gewenste oplossing in de richting van een beperking van import van cadmium en cadmiumhoudende grondstoffen en produkten. Deze is, naast het verbieden van de import, het meest effectief te bestrijden via financiële instrumenten zoals een importheffing of een uitwerking van een stofstatiegeld-systeem. De eerstgenoemde heeft een relatief gemakkelijke inpasbaarheid als voordeel, de tweede een brede werkingssfeer zodat ook direct ingegrepen wordt in emissies of in hergebruiksmogelijkheden.

Er zijn ook allerlei maatregelen denkbaar op het gebied van de economische processen zoals hergebruik, en op het gebied van de emissiebeperking, die zeer effectief kunnen ingrijpen op de stromen waarvoor ze bedoeld zijn. Bij een niet-vernietigbare stof als cadmium, waarvan bovendien de instroom voor een belangrijk deel ongewild is en daarom moeilijk voorkomen kan worden, moet er echter zorgvuldig voor gewaakt worden, dat dan niet een andere even ongewenste afvalstroom ontstaat. Gecontroleerde berging lijkt dan uiteindelijk de enige zinvolle oplossing voor de emissies die op een andere manier niet voorkomen kunnen worden.

2.6 Conclusies met betrekking tot de bruikbaarheid van stofstroom-schema's voor het cadmium-beleid

Beschikbaarheid en **betrouwbaarheid** van de gegevens

Voor het economisch deel was een aantal gegevens van cadmium niet beschikbaar. Voor het opstellen van de stroomschema's en het uitvoeren van de analyse waren echter ruim voldoende gegevens voorhanden. Ook de gegevens over het milieudeel waren in het algemeen in voldoende mate aanwezig. Zie verder hst 4.

Betekenis van de analyse van cadmium voor het milieubeleid

Voor cadmium konden op verschillende gebiedsniveaus andere probleemstromen als primair belangrijk aangewezen worden. Voor de bodem is dat op

nationaal niveau het gebruik van **meststoffen**, op provinciaal niveau depositie, op lokaal niveau **zuiveringsslib**. De verschillen kunnen vrij **aanzienlijk** zijn, en voor cadmium kan dan ook geconcludeerd worden dat er specifieke provinciale **probleemstromen** uit de analyse naar voren zijn gekomen. Deze probleemstromen zijn op nationaal niveau minder **belangrijk** en krijgen daar dan ook minder **aandacht**. De **signalering** hiervan, en de stimulering van beleid op deze punten wordt daardoor primair een provinciale **taak**.

Voor de provincie geeft de gebiedsdifferentiatie die in dit onderzoek is **aangebracht** aanknopingspunten voor gebiedsgericht beleid. Ook geeft de analyse **aanknopingspunten** voor **afvalstoffenbeleid**, in **samenhang** met het nationale beleid. Wat dit laatste betreft is duidelijk geworden dat het voor de provincie van groot **belang** is om **emissies** uit **vvi's** te beperken via rookgasreiniging, **maar** ook door een goed **inzamelsysteem** voor **nikkel/cadmiumbatterijen** op te zetten. Bij een gedeeltelijk effectief inzamelsysteem zal het cadmium in **huishoudelijk** en bedrijfsafval in de nabije toekomst enorm **toenemen** door de **nikkel-cadmiumbatterijen**.

Bij een conservatieve stof **als** cadmium blijkt bovendien uit de analyse dat **afwenteling** van **cadmiumstromen** in de ruimte of de tijd als gevolg van een genomen maatregel **welhaast** onvermijdelijk is. Zeker als bovendien geldt dat het **aanbod**, zoals voor cadmium **geldt**, inelastisch is. Dit heeft consequenties voor mogelijke **beleidsmaatregelen**. Een maatregel als het **ontwerp-cadmium** besluit kan voor Nederland bijvoorbeeld best **wel** effectief zijn, maar verplaatst het probleem naar het **buitenland**; en **ingezamelde** nikkel-cadmiumbatterijen kunnen beter gecontroleerd worden opgeslagen dan worden hergebruikt.

3 PAK-STROMEN EN ACCUMULATIE IN NEDERLAND EN ZUID-HOLLAND

3.1 Algemeen

Voor dit onderzoek is **uitgegaan** van de 10 PAK die bij het opstellen van het basisdocument PAK onderzocht zijn. Deze 10 PAK zijn:

Lage PAK

Naftaleen
Antraceen
Fenantreen
Fluoranteen

Hoge PAK

Benz(a)antraceen
Chryseen
Benzo(k)fluoranteen
Benzo(a)pyreen
Benzo(ghi)peryleen
Indeno(1,2,3-cd)pyreen

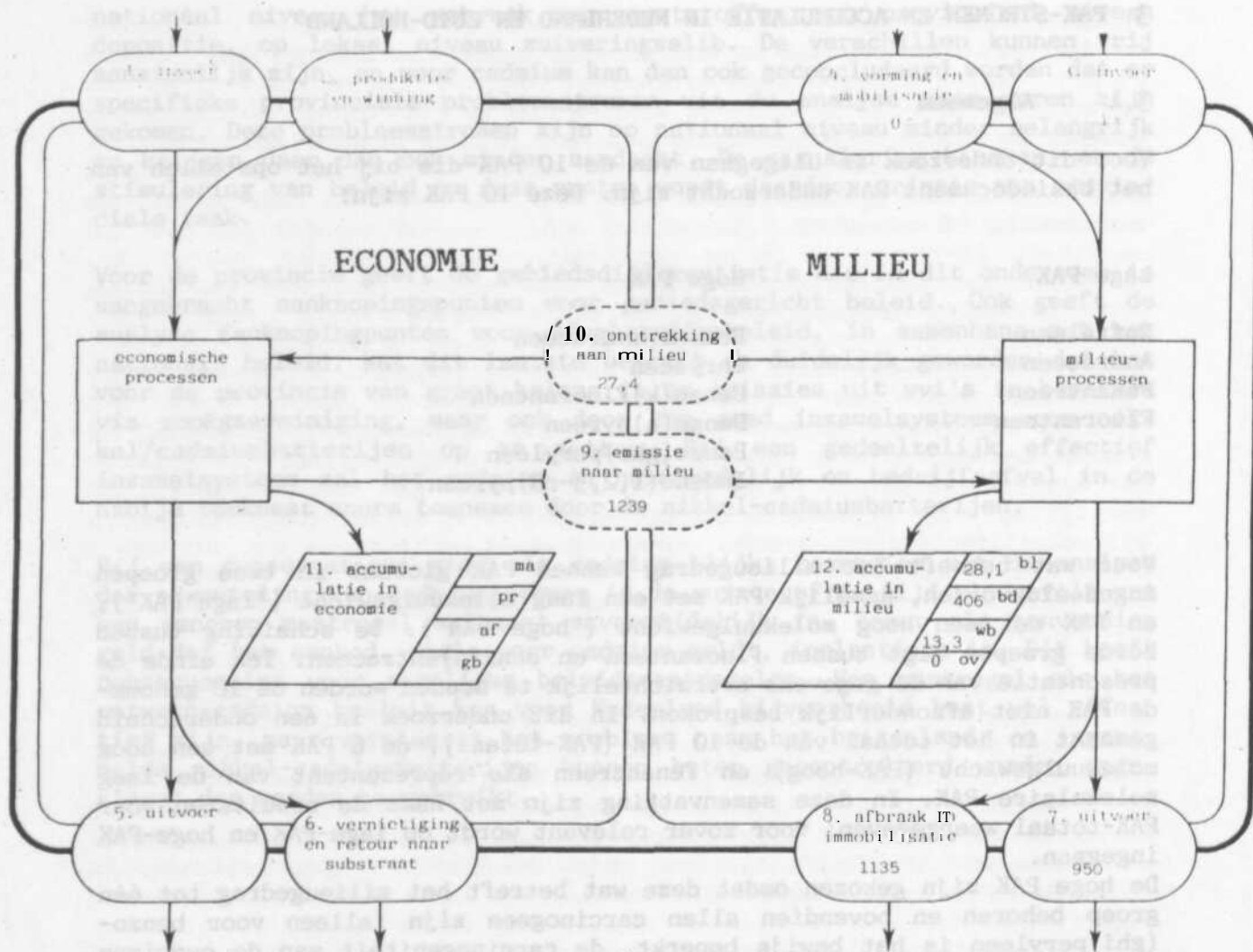
Voor **wat** betreft het **milieugedrag** kunnen PAK globaal in twee groepen ingedeeld worden, namelijk PAK met een laag molekuulgewicht ("lage PAK"), en PAK met een hoog molekuulgewicht ("hoge PAK"). De scheiding tussen beide groepen ligt tussen fluoranteen en benz(a)antraceen. Ten einde de presentatie van de gegevens overzichtelijk te houden worden de 10 genoemde PAK niet afzonderlijk besproken. In dit onderzoek is een onderscheid gemaakt in het totaal van de 10 PAK (PAK-totaal), de 6 PAK met een hoog molekuulgewicht (PAK-hoog) en fenantreen als representant van de laag moleculaire PAK. In deze **samenvatting** zijn met name de resultaten voor PAK-totaal weergegeven; voor zover relevant wordt op **lage-PAK** en **hoge-PAK** ingegaan.

De hoge PAK zijn gekozen omdat deze wat betreft het milieugedrag tot een groep behoren en bovendien alien carcinogeen zijn (alleen voor benzo(ghi)peryleen is het bewijs beperkt, de carcinogeniteit van de overigen wordt als voldoende bewezen **beschouwd**). De **laagmoleculaire** PAK kunnen wat betreft het milieugedrag eveneens als een groep beschouwd worden. Het totaal **aan** laagmoleculaire PAK is het verschil tussen PAK-totaal en PAK-hoog, en **kan** dus eenvoudig afgeleid worden. De gegevens van **PAK-laag** worden **daarom** niet apart besproken. In plaats **daarvan** wordt fenantreen als voorbeeldstof besproken. De keuze van fenantreen is gemaakt omdat fenantreen in grote hoeveelheden **geëmitteerd** en in **veel meetcampagnes gemeten** wordt. Bovendien wordt fenantreen in sommige provinciale waterbodems in grote hoeveelheden **aangetroffen**.

Alle gegevens zijn voor zover mogelijk **wel** gebaseerd op de gegevens van de afzonderlijke 10 **stoffen**.

3.2 Stofstroomschema's voor PAK in Nederland en Zuid-Holland

In **figuur 3.1** en **3.2** zijn **stroomschema's** voor **totaal-PAK** in Nederland en de provincie Zuid-Holland weergegeven.



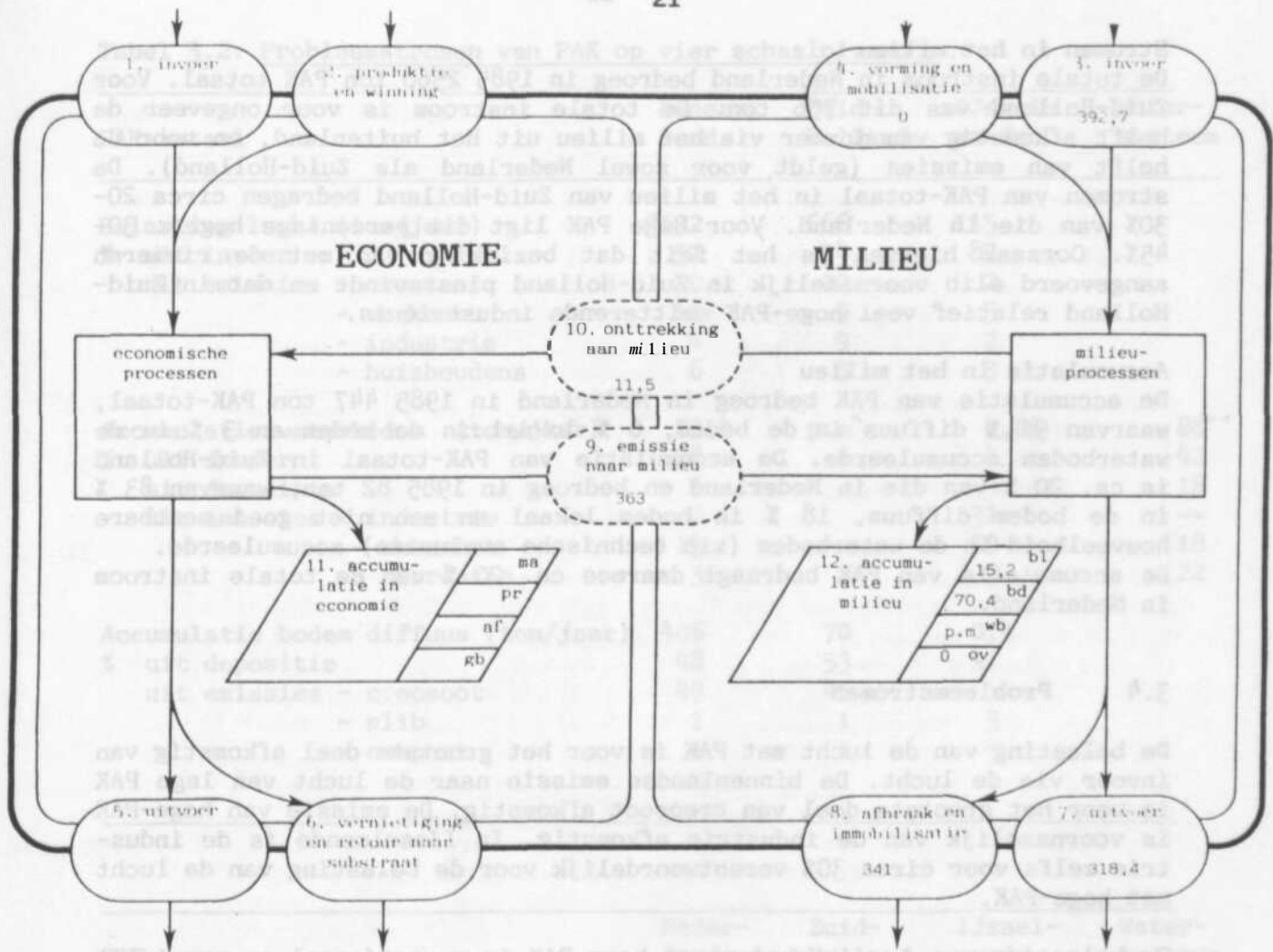
Figuur 3.1 PAK-stromen en accumulatie in Nederland in 1985 in ton per jaar

3.3 PAK-stromen in Nederland en Zuid-Holland

In- en uitvoer in de economie

De PAK in- en uitvoer via de economie is niet goed vast te stellen. Van een aantal PAK-houdende produkten wordt geen afzonderlijke PAK-registratie bijgehouden. Wel kan een globale ondergrens gegeven worden. De ondergrens voor de invoer in Nederland bedraagt voor PAK-totaal circa 18.000 ton. Voor Zuid-Holland bedraagt de invoer-ondergrens 8.200 ton. De ondergrens voor de uitvoer uit Nederland bedraagt 28.000 ton PAK-totaal; voor Zuid-Holland 300 ton.

De stromen in de economie worden m.n. gevormd door steenkoolteer en (koolteer-)pek. Andere grote posten zijn solventnafta en creosootolie, beide steenkoolteerprodukten. Daarnaast zijn er een aantal grote stromen waarvan PAK-gehalten niet bekend zijn, m.n. diverse oliën. Totale omvang van de invoer van PAK-houdende produkten is ca. 700.000 ton in Nederland en 175.000 ton in Zuid-Holland.



Figuur 3.2 PAK-stromen en accumulatie in Zuid-Holland in 1985 in ton per jaar

Accumulatie in de economie

Voor PAK kon de accumulatie in de economie niet als sluitpost in het economische deel van het stofstroomschema berekend worden. Wel is een schatting gemaakt van de accumulatie in steenkoolteer en -produkten. De accumulatie van PAK-totaal in steenkoolteerprodukten in Nederland bedroeg in 1985 ca. 17.000 ton. Circa 20% van de accumulatie van PAK in de economie komt tot stand in de provincie Zuid-Holland.

Omdat bovengenoemde accumulatie in de economie plaatsvindt, vormt deze een potentiële bron van langdurige diffuse emissies naar het milieu.

Stromen tussen economie en milieu

De PAK-emissie naar het milieu bedroeg in 1985 ca 1240 ton. Het grootste deel hiervan werd naar de lucht geëmitteerd, nl. 76%. De emissie in Zuid-Holland bedroeg in 1985 363 ton PAK-totaal.

De grootste emissies treden op tijdens opslag en gebruik van verduurzaam hout. Andere grote bronnen zijn de industrie (m.n. cokesproductie, anodebakkerijen en raffinaderijen), verkeer en ruimteverwarming (m.n. open haarden en allesbranders).

Stromen in het milieu

De totale instroom in Nederland bedroeg in 1985 2560 ton PAK totaal. Voor Zuid-Holland was dit 756 ton. De totale instroom is voor ongeveer de helft afkomstig van invoer via het milieu uit het buitenland, en voor de helft van emissies (geldt voor zowel Nederland als Zuid-Holland). De stromen van PAK-totaal in het milieu van Zuid-Holland bedragen circa 20-30% van die in Nederland. Voor hoge PAK ligt dit percentage hoger: 30-45%. Oorzaak hiervan is het feit dat bezinking van met de rivieren aangevoerd slib voornamelijk in Zuid-Holland plaatsvindt en dat in Zuid-Holland relatief veel hoge-PAK emitterende industrie is.

Accumulatie in het milieu

De accumulatie van PAK bedroeg in Nederland in 1985 447 ton PAK-totaal, waarvan 91 % diffuus in de bodem, 6 % lokaal in de bodem en 3 % in de waterbodem accumuleerde. De accumulatie van PAK-totaal in Zuid-Holland is ca. 20 % van die in Nederland en bedroeg in 1985 82 ton, waarvan 83 % in de bodem diffuus, 18 % in bodem lokaal en een niet goed meetbare hoeveelheid in de waterbodem (zie technische evaluatie) accumuleerde. De accumulatie van PAK bedraagt daarmee ca. 20 % van de totale instroom in Nederland.

3.4 Probleemstromen

De belasting van de lucht met PAK is voor het grootste deel afkomstig van invoer via de lucht. De binnenlandse emissie naar de lucht van lage PAK is voor het grootste deel van creosoot afkomstig. De emissie van hoge-PAK is voornamelijk van de industrie afkomstig. In IJsselmonde is de Industrie zelfs voor circa 30% verantwoordelijk voor de belasting van de lucht met hoge-PAK.

De belasting van de waterbodem met hoge PAK is op nationaal en provinciaal niveau voornamelijk van invoer uit het buitenland afkomstig; op regionaal en lokaal niveau kunnen plaatselijke emissies belangrijk zijn. Ook depositie en recreatievaart kunnen dan een rol spelen.

De diffuse accumulatie van hoge PAK in de bodem is voor het grootste deel van depositie en uitloging van PAK uit verduurzaamd hout afkomstig. De herkomst van de depositie volgt uit de belasting van de lucht. Daarnaast vindt diffuse belasting van de bodem plaats door het gebruik van compost en zuiveringsslib. De bijdrage van deze laatste posten kan op lokaal niveau uiteraard groot zijn.

De diffuse accumulatie van fenantreen in de bodem is in ongeveer gelijke mate afkomstig van depositie en het gebruik van gecreosoteerd hout.

In tabel 3.2 zijn de probleemstromen op de 4 onderzochte gebiedsniveaus weergegeven.

Tabel 3.2. Probleemstromen van PAK op vier schaalniveau's

PAK-totaal	Neder- land	Zuid- Holland	IJssel- monde	Water- systeem
Belasting lucht (ton/jaar)	2192	666	115	
% uit invoer	57	54	87	
uit emissies - creosoot	20	22	2	
- verkeer	11	9	5	
- industrie	4	9	2	
- huishoudens	6	5	3	
Accumulatie waterbodem (ton/jaar)	23,4	p.m*	0,06	88**
% uit invoer	78		4	42
uit depositie	6		4	18
uit emissies - industrie	2		31	
- creosoot	13		59	18
- recreatie	3		2	22
Accumulatie bodem diffuus (ton/jaar)	406	70	0,4	
% uit depositie	48	53	97	
uit emissies - creosoot	49	45		
- slib	1	1	3	
- compost	1	1		

PAK-hoog	Neder- land	Zuid- Holland	IJssel- monde	Water- systeem
Belasting lucht (ton/jaar)	105	33	8,4	
% uit invoer	74	70	68	
uit emissies - creosoot	1	0	-	
- verkeer	6	5	1	
- industrie	12	20	28	
- huishoudens	6	4	2	
Accumulatie waterbodem (ton/jaar)	13	2,4	0,05	63,7*
% uit invoer	85	93	3	77
uit depositie	1	2	4	9
uit emissies - industrie	3	2	84	
- creosoot	4	2	8	-4
- recreatie	2	-	-	10
Accumulatie bodem diffuus (ton/jaar)	12	3,5	0,4	
% uit depositie	60	64	98	
uit emissies - creosoot	7	5	2	
- slib	11	10	-	
- compost	21	20	-	

Fenantreen	Neder- land	Zuid- Holland	IJssel- monde	Water- systeem
Belasting lucht (ton/jaar)	684	217	38	
% uit invoer	67	63	90	
uit emissies - creosoot	21	24	3	
- verkeer	2	2	1	
- industrie	3	4	1	
- huishoudens	7	6	4	
Accumulatie waterbodem (ton/jaar)	p.m.*	p.m.*	2,2	4,1**
% uit invoer			3	17
uit depositie			14	36
uit emissies - industrie			28	--
- creosoot			53	15
- recreatie			2	31
Accumulatie bodem diffuus (ton/jaar)	129	20	659	
% uit depositie	52	54	44	
uit emissies - creosoot	47	45	56	
- slib	1	1	-	
- compost	-	-	-	

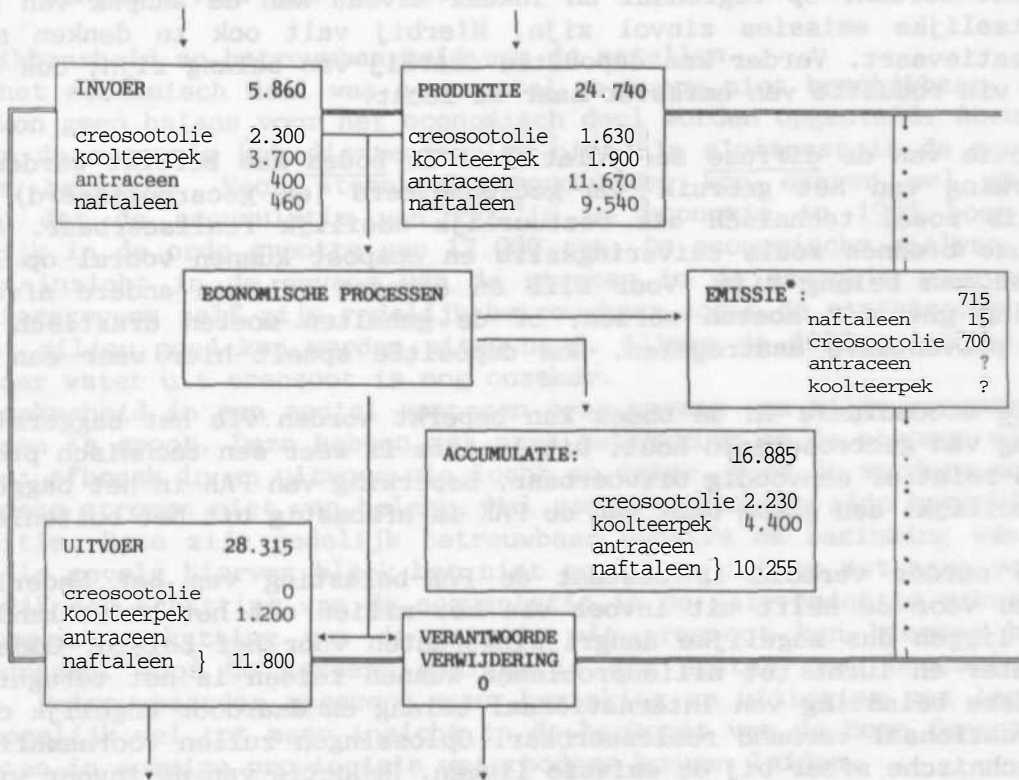
* De accumulatie in de waterbodem bleek met name voor de lage PAK niet goed te schatten; zie verder de technische evaluatie, hst 4

** in g/ha

3.5 Beleidsaangrijpingspunten

Van de emissies binnen Nederland is een groot deel afkomstig van productie, opslag en gebruik van creosootolie als houtimpregneermiddel, namelijk 50% van de emissie naar de lucht en 70% van de emissie op de Rijkswateren. Creosootolie is een produkt van de steenkoolteerverwerking. Ook een aantal andere PAK-emitterende produkten als carbolineum, antracene, wegenteer, teerlakken, etc zijn van de steenkoolteerverwerking afkomstig. Steenkoolteerverwerking zit dus aan de basis van de grootste PAK-emissies vanuit produkten, en van binnenlandse emissies in het algemeen. Ongeveer 75% van de steenkoolteer ontstaat in Nederland bij de cokesproduktie, de rest wordt ingevoerd. Ook worden steenkoolteerprodukten voor een deel ingevoerd (zie figuur 3.3). Als de hoeveelheid te verwerken steenkoolteer constant verondersteld wordt, wat op mondiaal niveau zeker zo zal zijn, zal beperking van de creosootproduktie een andere PAK-stroom kunnen veroorzaken. PAK zijn afbreekbaar, zodat beheersing van PAK-stromen gericht moet zijn op stromen waarin PAK afgebroken worden. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan het gebruik van steenkoolteer als brandstof: mits onder de juiste omstandigheden, worden PAK afgebroken bij verbrandingsprocessen.

Als toepassingen van PAK-houdende produkten beperkt worden, moet voor die produkten vervanging gevonden worden. Voor creosootolie is dit niet eenvoudig. In dit bestek zal daar niet verder op worden ingegaan.



De emissie is exclusief 15 ton PAK-emissie uit carbolineum

Figuur 3.3 Stroomschema voor PAK in koolteerpek en -produkten in Nederland in 1985 in ton per jaar

De overige emissies bestaan vrijwel geheel uit PAK die bij de emissie ontstaan als gevolg van onvolledige verbranding.

Reductie van de emissie van PAK naar de lucht zal leiden tot een verlaging van de gehalten in de lucht; maar ook tot een verlaging van met name de diffuse accumulatie in de bodem. Een belangrijke beperking van emissies uit lokale bronnen kan gerealiseerd worden in de industrie en bij de opslag van gecreosoteerd hout. Een beperking van diffuse emissies kan bereikt worden via met name het verkeer en huisverwarming (allesbranders en open haarden) bereikt worden. Andere kleinere reducties kunnen gerealiseerd worden bij het vliegverkeer en door het gebruik van naftaleen in kassen te beperken (deze mogelijkheden zijn in dit verslag niet uitgewerkt). Het gaat hier in alle gevallen, behalve het gebruik van naftaleen, om technische oplossingen bij de emissie. Deze zijn in meer of mindere mate realiseerbaar.

Reductie van de belasting van de waterbodem kan eigenlijk op nationaal en provinciaal niveau alleen bereikt worden door beperking van het gebruik van gecreosoteerde paaltjes. Hiervoor moet een alternatief voor gecreosoteerd hout gevonden en geïntroduceerd worden, zoals bijvoorbeeld hardhout of (gerecycled) kunststof. Deze alternatieven hebben echter eveneens (milieu-)technische nadelen. Een nadere afweging zal hier verder niet gemaakt worden. Op regionaal en lokaal niveau kan de aanpak van kleine plaatselijke emissies zinvol zijn. Hierbij valt ook te denken aan de recreatievaart. Verder kan depositie daarbij van belang zijn; dus beperking via reductie van emissies naar de lucht.

Reductie van de diffuse accumulatie in de bodem kan bereikt worden door beperking van het gebruik van gecreosoteerd (en gecarbolineerd) hout. Dit is zowel technisch als bestuurlijk moeilijk realiseerbaar. Andere diffuse bronnen zoals zuiveringsslib en compost kunnen vooral op lokaal niveau van belang zijn. Voor slib en compost zal een andere afvalverwerking gevonden moeten worden, of de gehalten moeten drastisch dalen door preventieve maatregelen. Ook depositie speelt hier weer een grote rol.

Lokale accumulatie in de bodem kan beperkt worden via het baggerslib en opslag van gecreosoteerd hout. Dit laatste is weer een technisch probleem en is relatief eenvoudig uitvoerbaar. Beperking van PAK in het baggerslib is moeilijk: een groot deel van de PAK is afkomstig uit het buitenland.

Zoals eerder vermeld is bestaat de PAK-belasting van het Nederlandse milieu voor de helpt uit invoer via het milieu uit het buitenland. Ook daar liggen dus mogelijke aangrijpingspunten voor het beleid. Omdat PAK in water en lucht tot milieuproblemen kunnen leiden is het terugdringen van deze belasting van internationaal belang en daardoor mogelijk ook in internationaal verband realiseerbaar. Oplossingen zullen voornamelijk in de technische sfeer bij de emissie liggen. Reductie van de invoer via het milieu zal met name een beperking van de accumulatie in de waterbodem en de bodem-diffuus tot gevolg hebben.

3.6 Ontwikkeling in PAK-belasting van het milieu tot 2000

In het PAK-rapport zijn 3 beleidsvarianten doorgerekend: autonome ontwikkeling (zonder sturend beleid); 100% effectief beleid (emissiebeperking in industrie, huisverwarming, verkeer en gebruik en opslag gecreosoteerd hout); en reductie van de invoer via lucht en grensoverschrijdend water met 20%.

Uit de gemaakte analyse blijkt dat de autonome ontwikkeling voor zowel Nederland als de provincie Zuid-Holland leidt tot een geringe reductie van de belasting van de lucht. De accumulatie in de waterbodem blijft ongewijzigd en de accumulatie in de bodem-diffuus neemt zelfs toe. Dit laatste is een gevolg van het feit dat de diffuse emissies uit verkeer en huisverwarming zullen toenemen. De belasting van het milieu blijft dus min of meer ongewijzigd.

Een aanzienlijke reductie van de belasting van de lucht, en ook van de accumulatie in de bodem diffuus kan bereikt worden via beperking van de emissie naar de lucht. Hierbij is rekening gehouden met een aanzienlijke reductie van de emissie door verkeer en ruimteverwarming. Deze zullen relatief moeilijk realiseerbaar zijn. Reductie van de belasting van de waterbodem van de Rijkswateren kan eigenlijk alleen effectief bereikt worden door verlaging van de invoer via grensoverschrijdende wateren.

Voor provinciale wateren geldt dit in mindere mate: deze worden slechts voor een zeer klein deel beïnvloed door Rijkwateren. Emissiebeperkend provinciaal beleid is voor deze wateren juist heel zinvol.

3.7 Conclusies met betrekking tot de bruikbaarheid van stofstroom-schema's voor het PAK-beleid

Beschikbaarheid en betrouwbaarheid van de getallen

Voor het economisch deel was een aantal gegevens niet beschikbaar. Hierdoor kon geen balans voor het economisch deel worden opgesteld. Accumulatie in de economie kon diensgevolge niet als sluitpost in de economie worden berekend. Voor steenkoolteerprodukten kon echter wel geschat worden dat de accumulatie van PAK in de economie in 1985 hoog was, namelijk in de orde grootte van 17.000 ton. De economische analyse heeft verder inzicht in de omvang van de stromen in de economie gegeven. De emissiegegevens zelf zijn redelijk betrouwbaar zodat de stofstroomanalyse in het milieu goed kon worden uitgevoerd. Alleen de diffuse emissie van PAK naar water uit creosoot is nog onzeker.

De onzekerheid in een aantal aannamen over omvang van milieuprocessen en -stromen is groot. Deze hebben met name betrekking op de stromen uit het milieu: afbraak in en uitvoer via lucht en water. Voor de verdere analyse zijn deze stromen niet van belang. Wel van groot belang zijn bezinking en depositie. Deze zijn redelijk betrouwbaar behalve de bezinking van lage PAK. Als gevolg hiervan bleek het niet goed mogelijk om met name voor de lage PAK een schatting van de accumulatie in de waterbodem te maken. Ook de onzekere schatting van de emissie uit creosoot kan hieraan hebben bijgedragen. Voor de verdere analyse is dit echter geen beperking geweest. Betrouwbaarder gegevens over bezinking en uitloging van lage PAK zou mogelijk wel tot meer inzicht in de herkomst van de hoge fenantreengehalten in sommige provinciale waterbodems kunnen leiden.

Betekenis van de analyse van PAK voor het railieubeleid

Door het plaatsen van de beschikbare gegevens in het in dit rapport gebruikte analysekader is duidelijk geworden waar nog kennishiaten zitten: economische stromen; emissie naar water uit creosoot; bezinking lage PAK in (provinciale) wateren en afbraak in en uitvoer via het milieu.

Voor het signaleren van probleemstromen en het formuleren van beleid op nationaal niveau zijn deze gegevens echter niet per se nodig. Voor een probleemstroomanalyse op het niveau van een watersysteem zouden betrouwbaarder gegevens wel een duidelijke meerwaarde kunnen hebben.

Evenals voor cadmium konden voor PAK op verschillende gebiedsniveaus deels andere probleemstromen als primair belangrijk worden onderscheiden. Voor het water is dat op nationaal en provinciaal niveau de instroom uit het buitenland; op regionaal en lokaal niveau emissies en depositie. Voor de lucht geldt dat op nationaal niveau creosoot de belangrijkste binnenlandse emissies veroorzaakt, terwijl dat op regionaal niveau verkeer en/of industrie kan zijn. Voor de bodem is nationaal creosoot een belangrijke bron voor diffuse belasting; op regionaal niveau depositie.

In het algemeen betreft het hier glijdende overgangen, afhankelijk van de gebiedssituatie. Voor PAK geeft de niveaubenadering dus vooral een verdere detaillering.

Beperking van de belasting van het milieu met PAK zal via drie wegen bereikt moeten worden: beperking van de invoer via het milieu; emissiebe-

perking - met name daar waar PAK bij het emissiepunt ontstaan - en beperking van de toepassing van PAK-houdende produkten. Dit laatste is van belang met het oog op de huidige (diffuse) emissie; maar ook met het oog op de grootschalige accumulatie in materialen en produkten en toekomstige emissies daaruit.

De afname van de PAK-gehalten in de laatste jaren is een gevolg van de maatregelen die zijn genomen om de PAK-gehalten in de lucht te verminderen. Dit is vooral te danken aan de afname van de PAK-gehalten in de uitlaatgassen van auto's en vrachtwagens. Ook de afname van de PAK-gehalten in de uitlaatgassen van fabrieken en andere industriële bedrijven heeft tot een afname van de PAK-gehalten in de lucht geleid. Dit is vooral te danken aan de afname van de PAK-gehalten in de uitlaatgassen van fabrieken en andere industriële bedrijven. Ook de afname van de PAK-gehalten in de uitlaatgassen van auto's en vrachtwagens heeft tot een afname van de PAK-gehalten in de lucht geleid. Dit is vooral te danken aan de afname van de PAK-gehalten in de uitlaatgassen van fabrieken en andere industriële bedrijven.

4 TECHNISCHE EVALUATIE

In dit hoofdstuk wordt **ingegaan** op de hiaten en onzekerheden in de gegevens die gebruikt zijn bij de **invulling** van de **stofstroomschema's** op de verschillende **niveau's**, en de mate waarin deze de betrouwbaarheid van de conclusies kunnen **beïnvloeden**. In § 4.1 komt cadmium aan de **orde**, in § 4.2 PAK.

4.1 Cadmium

4.1.1 Economische gegevens

Nederland

Voor de in- en uitvoer via de economie zijn **veel** gegevens beschikbaar in de CBS-statistieken, echter niet **alle cadmiumbevattende grondstoffen, materialen** en produkten worden apart geregistreerd. Daarnaast is in **sommige** gevallen het cadmiumgehalte van deze goederen niet bekend of onnauwkeurig. De in- en uitvoer via de economie zijn met een marge van ca. 30% in het algemeen redelijk betrouwbaar. De hoeveelheid cadmium in **nikkel/cadium-batterijen** en **kunststoffen** is vrij groot (faktor 2), maar vooral het cadmiumgehalte in ruwe aardolie is erg onnauwkeurig (max. een faktor 15). In dit laatste **geval** gaat het echter om relatief kleine hoeveelheden.

De emissies naar lucht en water zijn goed bekend en beschikbaar, alleen de kleine emissiebronnen zijn waarschijnlijk onvolledig. De nauwkeurigheid **laat** vooral te wensen over bij de olieraffinage door spreiding in het **Cd-gehalte** en bij de staalproduktie door spreiding in de **emissiefactoren** waardoor de totale luchtmissie 15% **kan** afwijken. Verder **sluiten** de verschillende gegevens met betrekking tot de **verbranding** van huishoudelijk afval niet goed op elkaar aan. In het algemeen **ligt** de onnauwkeurigheidsmarge van de emissiegetallen echter binnen grenzen van 20%.

Zuid-Holland

Met betrekking tot de **Zuidhollandse** situatie dient opgemerkt te worden dat er geen gegevens **aanwezig** zijn over de in- en uitvoer via de economie. Deze zijn **geraamd** op basis van de nationale in- en uitvoer. Daarbij is rekening gehouden met geografische **factoren zoals** lokaties van industriële **aktiviteiten**. De betrouwbaarheid **zal** wellicht wat minder zijn dan voor de nationale in- en uitvoer, maar zeker wat betreft het netto resultaat van in- en uitvoer wordt verwacht dat de onnauwkeurigheid niet meer dan 50% bedraagt.

De emissies in Zuid-Holland zijn over het algemeen op betrouwbare gegevens gebaseerd. Dit **geldt** niet voor de luchtmissie van de olieraffinerijen, **welke** een faktor 15 hoger kunnen zijn. Daardoor zou de totale luchtmissie in Zuid-Holland met 34% stijgen, maar de totale emissie naar het milieu slechts 2%.

Voor de waterzuiveringsinstallaties en de **vuilverbrandingsinstallaties** is **zelfs** zeer gedetailleerde informatie beschikbaar. De **aanwezigheid** en beschikbaarheid van gedetailleerde gegevens omtrent **industriële** emissies **liet** soms te wensen over zodat voor Zuid-Holland nauwelijks een gedetailleerder **beeld** dan voor Nederland verkregen kon worden. Voor de emissies

geldt ook voor Zuid-Holland dat ze als redelijk nauwkeurig beschouwd kunnen worden.

4.1.2 Milieugegevens

Nationaal niveau

Op nationaal niveau zijn de meeste gegevens wel aanwezig. De beschikbaarheid en toegankelijkheid van de gegevens die er zijn is in het algemeen goed. De gegevens m.b.t. de uitvoer via het oppervlaktewater vormen hierop een uitzondering. Oorzaak hiervan is dat het extrapoleren van gegevens van gemengd zout/zoet water naar zoet water moeilijk is.

De nauwkeurigheid van de gegevens is redelijk. Uitzondering hierop vormen de uitvoergegevens en de milieuprocessen (onttrekking door gewassen en uit- en afspoeling; de depositie is redelijk nauwkeurig). De oorzaak hiervan is dat deze parameters moeilijk direct meetbaar zijn en voornamelijk modelmatig benaderd worden. Er moet bij alle gegevens met een zekere marge rekening worden gehouden. Deze zal makkelijk in de orde grootte van een faktor 2 of zelfs meer kunnen liggen.

Met betrekking tot de gegevens op het niveau van het nationale cadmium-stroomschema kan geconcludeerd worden dat er geen ernstige knelpunten zijn. Dit ligt in de lijn der verwachting daar er recent diepgaande studies naar cadmium in Nederland zijn uitgevoerd (CCRX en Basisdocument).

Provinciaal niveau

Op provinciaal niveau zijn minder gegevens aanwezig. Dit levert in het algemeen geen grote problemen op omdat ze kunnen worden afgeleid uit de landelijke gegevens.

De toegankelijkheid van de gegevens is minder goed dan op landelijk niveau. Dit is niet verwonderlijk daar op provinciaal niveau niet eerder een cadmium-studie is uitgevoerd. Met name de toegankelijkheid van sommige provinciale emissiegegevens is niet optimaal. Dit heeft enerzijds met de diffuse verspreiding van de gegevens te maken (awzi's, vvi's, etc.), anderzijds met de slechte documentatie van gegevens (bedrijfsemisies). De beschikbaarheid van gegevens op provinciaal niveau levert geen problemen op.

De nauwkeurigheid van de gegevens op provinciaal niveau is vergelijkbaar met die op landelijk niveau. Hierbij moet er wel op gewezen worden dat de nauwkeurigheid van gegevens afgeleid uit landelijke gegevens kan afnemen.

Deelstromen

Op het niveau van de deelstromen geldt dat de beschikbaarheid van gegevens specifiek voor dit niveau beperkter is. De wel beschikbare gegevens zijn voor een deel slecht toegankelijk. De gegevens met betrekking tot in- en uitvoer via het milieu kunnen worden afgeleid uit de gegevens m.b.t. de waterbalansen in combinatie met kwaliteitsgegevens van de waterschappen. Dit is zeer bewerkelijk. Datzelfde geldt voor de bemesting en de onttrekking door gewassen: ook hiervan zijn basisgegevens beschikbaar maar kost de uitwerking zeer veel tijd.

De beschikbaarheid van de bedrijfsemisatiegegevens is op deelstroomniveau slecht in verband met geheimhouding.

De nauwkeurigheid van de wel aanwezige gegevens is redelijk. Voorzover de gegevens niet beschikbaar zijn moeten extrapolaties vanuit hogere niveaus gemaakt worden. Hierbij geldt ook weer dat bij gebruik van gegevens van nationaal of provinciaal niveau de nauwkeurigheid kan afnemen. Hier staat tegenover dat de nauwkeurigheid van de schattingen van de milieuprocessen juist kan toenemen. Dit komt omdat op deelstroomniveau gedetailleerdere informatie met betrekking tot specificaties van het fysieke milieu aanwezig is. Hierdoor is modellering beter mogelijk. Het uitvoeren van dergelijke berekeningen kost wel veel tijd.

De doorwerking van de onzekerheden in de gegevens op nationaal en provinciaal niveau is doorgerekend met behulp van een gevoeligheidsanalyse. Voor alle ingevoerde posten is berekend wat de procentuele verandering in milieustromen en -accumulatie is als de post 2x zo hoog zou zijn. Een spreiding van een factor 2 is voor de meeste posten redelijk.

Uit de analyse blijkt dat, geheel volgens de verwachting, spreiding in de grootste posten de grootste doorwerking op de totale accumulatie zullen hebben. Verder kan geconcludeerd worden dat de fout in de totale accumulatie landelijk gezien waarschijnlijk kleiner dan 25% zal zijn, ervan uitgaande dat niet alle posten gelijktijdig onder- of overschat zijn. Op provinciaal niveau kan de fout 2x zo groot zijn, nl. 50% (industrie, invoer via de grote rivieren). Voor de diffuse bodemaccumulatie geldt dat de schattingen van afzonderlijke posten op provinciaal niveau waarschijnlijk nauwkeuriger zijn dan op landelijk niveau. Op provinciaal niveau zijn echter meer posten aanwezig waarin de onzekerheid in de gegevens in belangrijke mate (>10%) doorwerkt dan op landelijk niveau. Voor de lokale bodemaccumulatie en de waterbodemaccumulatie geldt dat deze op landelijk niveau nauwkeuriger geschat kunnen worden dan op provinciaal niveau.

4.2 PAK

4.2.1 Economische gegevens

Nederland

Voor de in- en uitvoer via de economie zijn gegevens beschikbaar in de CBS-statistieken, echter lang niet alle PAK-houdende grondstoffen en producten worden apart geregistreerd. Tevens is een aantal gegevens omtrent de uitvoer niet bekend, vanwege de geheimhoudingsplicht van het CBS in het geval het een beperkt aantal exporteurs betreft. Daarnaast is in veel gevallen de gehalten in deze goederen aan de tien VROM-PAK niet of niet nauwkeurig bekend. Vaak is uitgegaan van gehalten in 'verwante' PAK-houdende producten.

Gegevens over de produktie van PAK zijn slecht beschikbaar.

De emissiegegevens zijn redelijk betrouwbaar. Bij de emissiegegevens dienen twee kanttekeningen gemaakt te worden.

Ten eerste bestaat er onzekerheid over de grootste emissie-post, uitloging van gecreosoteerd (en gecarbolineerd) hout. Met name over de emissie naar water is nog veel onzekerheid. Bij het opstellen van het Basisidocument PAK zijn getallen met een spreiding tot een faktor 20 boven tafel

gekomen. De emissie zoals die uiteindelijk in het Basisdocument is opgenomen en in dit rapport is overgenomen is binnen deze onzekerheid een lage schatting.

Ten tweede bestaat vaak wel kennis omtrent de totale emissie aan PAK, maar veel minder vaak is ook het emissieprofiel bekend. Daarom zijn regelmatig aan de hand van gegevens omtrent een of twee PAK-verbindingen met behulp van een profiel de emissies aan de verschillende verbindingen bepaald. Daarbij is dan gebruik gemaakt van het emissieprofiel van een 'verwante' emissie, of van informatie omtrent de samenstelling van de stoffen waaruit de emissie is ontstaan. Indien van geen enkele individuele verbinding de concentratie in de emissie bekend was zijn ook aan de hand van veronderstelde profielen emissies berekend.

In het ideale geval zouden de verschillende in- en uitstromen van de economie in een stofstroomschema onafhankelijk van elkaar bepaald moeten kunnen worden. Dat is voor PAK niet het geval geweest. Een deel van de 'geproduceerde' hoeveelheid PAK is ontleend aan de emissiegegevens. Over het algemeen wordt in stofstroomschema's de accumulatie in de economie berekend als resultante van de verschillende stromen, en indien mogelijk, vergeleken met een schatting van de accumulatie uit gegevens over het ver- en gebruik van de stof. Dit omdat berekening van de accumulatie als restpost meer betrouwbaar wordt geacht dan de schatting uit summier beschikbare ver- en gebruikcijfers. In dit stofstroomschema konden echter de instroom via invoer en produktie en de uitvoer en verantwoorde verwijdering niet vastgesteld worden zodat de accumulatie niet als restpost berekend kon worden. Bij gebrek aan gegevens is een ruwe schatting van de accumulatie gemaakt.

x

Zuid-Holland, deelgebieden en voorbeeldsituaties

Met betrekking tot de Zuidhollandse situatie dient opgemerkt te worden dat er geen gegevens aanwezig zijn over de in- en uitvoer via de economie. Deze zijn geraamd op basis van de nationale buitenlandse handel. Daarbij is onder andere rekening gehouden met geografische factoren zoals lokaties van industriële activiteiten. Hierdoor zal de betrouwbaarheid minder zijn dan die voor de nationale in- en uitvoer.

De emissies in Zuid-Holland, Zuidhollandse deelgebieden en voorbeeldsituaties zijn in het algemeen ontleend aan gegevens omtrent emissies op nationale schaal. Het is echter de vraag in hoeverre dergelijk vaak gegeneraliseerde uitgangspunten doorgetrokken mogen worden naar een veel kleinere schaal. Het was echter niet mogelijk om via andere wegen emissies aan PAK voor de verschillende gebieden en de voorbeeldsituaties te schatten.

4.2.2 Milieugegevens

Nationaal niveau

De voor het milieugedeelte van het PAK-stroomschema benodigde gegevens zijn over het algemeen in voldoende mate aanwezig. De beschikbaarheid van deze gegevens leverde geen problemen op. Een groot gedeelte van de benodigde gegevens is overgenomen uit het 'werkdokument-PAK' (= het concept Basisdocument PAK) en het CCRX-evaluatierapport PAK. De toegan-
lijkheid van de gegevens was waar het al bewerkte gegevens betrof niet altijd even goed. De in- en uitvoer in het 'werkdokument' zijn bijvoorbeeld berekend met behulp van een computermodel. De aan de berekening ten

grondslag liggende gegevens zijn moeilijk te achterhalen. Voor een aantal posten waren helemaal geen **betrouwbare** gegevens **voorhanden**. Het gaat met name om de invoer van PAK via de Noordzee en een aantal milieuprocessen. Voor de af- en uitspoeling van PAK zijn op basis van (onvolledige) gegevens **ruwe** schattingen **gemaakt**. Voor **afbraak** van PAK in water, **lucht** en **(water-)bodem** is een vast percentage **aangenomen**. De **uitvoer** is als sluitpost berekend.

Accumulatie in bodem en waterbodem is niet berekend als het verschil tussen in- en uitstroom, maar gebaseerd op gegevens van stromen **tussen compartimenten**. Het voordeel **hiervan** is dat uitstroom uit het milieudeelsysteem (= uitvoer + afbraak) in feite als geheel een sluitpost is. Onzekerheid in afbraak en **uitvoergegevens** heeft daardoor **nauwelijks** invloed op het **stroomschema**. De afbraak in bodem en waterbodem is **laag** en daardoor nauwelijks van invloed op de accumulatie.

De accumulatie in bodem en waterbodem wordt vrijwel geheel bepaald door resp. depositie en bezinking. De depositiegegevens zijn redelijk betrouwbaar. De schatting van de bezinking van **hoge** PAK is redelijk betrouwbaar. De schatting van de bezinking van **lage** PAK is minder betrouwbaar. Op basis van de **gehanteerde aannamen** werd een negatieve accumulatie in de waterbodem berekend (accumulatie is in dit **geval** gelijk **aan** de bezinking min de hoeveelheid die opgebaggerd **is**). De negatieve accumulatie van lage PAK in de waterbodem van **Zuid-Holland** kan van deze **aanname** een gevolg zijn. Echter, ook de onzekerheid in met name emissie uit creosoot kan hier (mede) **oorzaak** van zijn.

Met betrekking tot de **aanwezigheid** van gegevens op nationaal niveau kan geconcludeerd worden dat er voor de meeste **PAK-verbindingen** voldoende gegevens **aanwezig** zijn. Een uitzondering hierop moet gemaakt worden voor de afbraak en uitvoer. **Daarvan** is weinig bekend, wat de nauwkeurigheid van de accumulatie echter niet beïnvloedt.

Provinciaal niveau

Op provinciaal niveau was de aanwezigheid van gegevens een groter probleem. Bij **afwezigheid** van gegevens kon meestal een schatting gemaakt worden op basis van de **landelijke** gegevens. Evenals op nationaal niveau speelt hier het probleem van de onnauwkeurigheid in de schattingen van afbraak en uitvoer. Bij de toerekening van de milieuprocessen is dezelfde procedure gevolgd als op nationaal niveau.

De beschikbaarheid van de gegevens op provinciaal niveau levert geen problemen op.

De nauwkeurigheid van de gegevens op provinciaal niveau is vergelijkbaar met die op nationaal niveau. Nadere detaillering op provinciaal niveau kon met name in emissiegegevens gemaakt worden; niet met betrekking tot milieustromen als invoer, depositie en bezinking. Voor afbraak en uitvoer zijn dezelfde aannamen als op nationaal en provinciaal niveau gebruikt.

Deelstromen

Specifieke, op de deelgebieden betrekking hebbende, gegevens waren slechts **sporadisch** aanwezig. De **wel** beschikbare gegevens waren over het algemeen slecht **toegankelijk**. In sommige gevallen is een berekening gebaseerd op gegevens uit **andere deelgebieden**. Bij **emissies** van PAK in de deelgebieden gaat het vooral om diffuse emissies. Deze zijn uit landelijke en/of provinciale gegevens **geëxtrapoleerd** op basis van het **inwoneraantal** of het **oppervlak** van het gebied.

Voor het **schatten** van de bezinking en depositie van de PAK-verbindingen is eveneens gebruik gemaakt van de landelijke gegevens. Voor afbraak en

uitvoer zijn dezelfde aannamen gebruikt. De betrouwbaarheid van met name bezinking in en uitvoer via het oppervlaktewater zal beduidend kleiner kunnen zijn omdat provinciale wateren een duidelijk ander karakter hebben met betrekking tot invoer, doorstroom, stroming, etc. dan de Rijkswateren waarvoor de betreffende parameters zijn geschat.

4.2.3 Gevoeligheidsanalyse

Voor de nationale, provinciale en regionale niveaus (alleen IJsselmonde) is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Voor de gevoeligheidsanalyse is een aantal parameters gebruikt: invoer via milieu, de totale emissies naar de milieukompartimenten, wateremissies t.g.v. gebruik creosoot, depositie en bezinking PAK-laag. Gekeken is in hoeverre onzekerheden in invoergegevens en aannamen doorwerken in de conclusies. Als onzekerheidsfactor is een factor 2 aangehouden; alleen voor de wateremissie van PAK uit creosoot is een factor 10 aangehouden en voor de bezinking van lage PAK in water is in plaats van 3,7% een bezinkingspercentage van de instroom van 10% aangehouden.

Uit de gevoeligheidsanalyse kan geconcludeerd worden dat de onzekerheid in de in te voeren gegevens tot een onzekerheid in de accumulatiegetallen tot een factor 2 a 3 kan leiden; in het algemeen is de onzekerheid in de accumulatiegetallen veel kleiner. De conclusies zoals die uit de getallen kunnen worden getrokken zullen ook niet wezenlijk anders worden: wel kunnen accenten op probleemstromen anders komen te liggen.

Op deelgebiedniveau zou bij een grotere zekerheid in de invoergegevens wel meer zekerheid over de herkomst van de accumulatie van PAK in de waterbodem verkregen kunnen worden. Dit zou met name interessant zijn in verband met de verhoogde fenantreen (en pyreen) gehalten in een aantal provinciale waterbodems.

4.3 Conclusies

Bij het opstellen van de stofstroomschema's doen zich op landelijk niveau m.b.t. de beschikbare gegevens enige problemen voor.

- In het economische deel van het schema zijn deze voornamelijk gelegen in:
1. De hoeveelheden van de stof (in dit geval cadmium en PAK) die als verontreiniging in bepaalde goederenstromen worden in- en uitgevoerd. Bijvoorbeeld het cadmiumgehalte van aardolie en aardolieprodukten; PAK-gehalte steenkool e.d..
 2. De in- en uitvoer van cadmium of PAK houdende goederen die niet als zodanig in de statistieken van de buitenlandse handel vermeld staan of aan geheinhouding onderhevig zijn (bijv. nikkel-cadmiumbatterijen in apparatuur; cadmium in kunststoffen; PAK houdende produkten bereid uit steenkool e.d.).

Hoewel schattingen van deze economische stromen in absolute zin een hoge mate van onzekerheid hebben is de doorwerking naar het milieudeel van het stofstroomschema gering. De emissies zijn namelijk grotendeels onafhankelijk van deze stromen vastgesteld en het zijn deze emissies die de relatie met het milieudeel van het schema vormen.

Problemen in het milieudeel van het schema zijn voornamelijk gelegen in uitvoer via het milieu (zowel cadmium als PAK) en afbraak in het milieu (PAK). Voor de schatting van de accumulatie in bodem diffuus en waterbodem zijn vooral depositie- en bezinkingsgegevens van belang. Depositiege-

gevens zijn in het algemeen goed beschikbaar en nauwkeurig. Bezinkingsgevens zijn in het algemeen niet beschikbaar maar kunnen wel uit andere gegevens worden afgeleid. De betrouwbaarheid hiervan kan per stofgroep verschillend zijn.

Op provinciaal niveau zijn geen in- en uitvoergegevens voor het economische deel beschikbaar. De benodigde gegevens moeten uit de landelijke worden afgeleid, of op basis van de aanwezige industrieën of op basis van het aantal inwoners.

De nauwkeurigheid van deze gegevens zal dientengevolge minder zijn dan op landelijk niveau maar heeft geen consequenties voor de rest van het schema.

Beschikbaarheid van milieugegevens op provinciaal niveau is sterk afhankelijk van de stof: van cadmium waren relatief veel gegevens beschikbaar; van PAK relatief weinig. Nadere detaillering van milieugegevens op provinciaal niveau is daardoor per stof verschillend. Op deelgebiedniveau geldt dit laatste in nog sterkere mate.

Gevoeligheidsanalyses uitgevoerd voor zowel PAK als cadmium hebben aangetoond dat de onnauwkeurigheden weinig invloed hebben op de conclusies die uit de schema's getrokken kunnen worden.

5 EVALUATIE VAN DE STOFSTROOMSCHEMA-BENADERING

De **stofstromaanalyse** volgens de **stofstroomschema-benadering** is met name voor beleidsgerichte analyses een bruikbare **onderzoeksmethode**. In dit hoofdstuk worden toepassingsmogelijkheden van de stofstroomschema-benadering **geëvalueerd**. In § 5.1 wordt kort **ingegaan** op de voordelen van de gebruikte methode. In § 5.2 wordt **aangegeven** wat de toepassingsmogelijkheden zijn. In § 5.3 wordt een generalisatie van toepassingsmogelijkheden naar **andere stoffen** dan cadmium en PAK **gemaakt**. In § 5.4 worden enkele algemene **conclusies** getrokken.

5.1 Evaluatie van de gebruikte methode

De **stofstroomschema-benadering** **als** onderzoeksmethode wordt **gekenmerkt** doordat **strome** en **accumulatie** van een stof in **economie** en milieu in onderlinge **samenhang** en volgens een duidelijke systematiek geïnventariseerd en **geanalyseerd** worden. De gevolgde systematiek is **hierdoor** met name geschikt voor het systematiseren van gegevens, het **signaleren** en **analyseren** van **probleemstromen** en het **aangeven** van oplossingen.

Systematiseren van gegevens

Met de stofstroomschema-benadering kunnen **bestaande** gegevens op een systematische **manier** met elkaar in **verband** gebracht worden. Uit een berg **losstaande** gegevens ontstaat zo een volledig **overzicht** van stofstromen binnen een gebied, waarbij geen overlap of dubbeltellingen optreden. Tevens komt **hieruit** naar voren **welke** gegevens ontbreken. Dat **kan** zinvolle **aanknopingspunten** bieden voor bijvoorbeeld het verrichten van **metingen**. Door **alles** in een kader te plaatsen kunnen bovendien interne inconsistenties ontdekt worden, een duidelijk voorbeeld van 'meer dan de som der delen'.

Signaleren van probleemstromen

De stofstromaanalyse geeft een goed inzicht in de **omvang** van verschillende **aktuele stromen**, zowel in economie als in milieu. Als de milieuproblemen die door de stof **veroorzaakt** kunnen worden bekend zijn, kunnen probleemstromen systematisch worden **geïdentificeerd**.

Ook voor het signaleren van **potentiële** probleemstromen is de gebruikte stofstromaanalyse geschikt: het **ontstaan** van nieuwe probleemstromen door **veranderingen** in economie en/of beleid kunnen vroegtijdig onderkend worden.

Een specifieke **rol** bij het voorspellen van **toename** of ontstaan van probleemstromen speelt de stofstromaanalyse ook doordat accumulatie in **grondstoffen**, **materialen** en producten expliciet wordt gemaakt: **wanneer** deze hoog is, betekent dat in de **regel** dat (bij het ontbreken van sturend beleid) de emissies naar het milieu kunnen toenemen.

Analyseren van probleemstromen

Voor het analyseren van probleemstromen naar hun **herkomst** is de methode door de systematische opzet bij uitstek geschikt: bepaalde te hoge belasting van het milieu kan worden teruggevolgd naar emissies, **vandaar** naar de **economische stromen** die de emissies **veroorzaken**, tot **aan** het instroom-punt van produktie of invoer van de **stof**.

Aangeven van oplossingen

Als de probleemstromen eenmaal zijn vastgesteld geeft de **stofstroomanalyse** goede **aanknopingspunten** voor mogelijke **beleidsmaatregelen**.

Beperking van **stofstromen** in het milieu kan **uitgaande** van het stofstroomschema in principe op 2 **manieren**: via beperking van **emissies** uit de economie en via beperking van invoer uit het **buitenland**. Beperking van emissies kan in principe op 3 manieren bereikt worden: technisch ingrijpen bij de **emissie**; beperken van de invoer en verschuiven van **stromen** naar **verantwoorde** berging en/of **verwijdering**. **Welke beleidsingang** het meest zinvol is **hangt** af van economische toepassing en eigenschappen van de stof. Voor PAK geldt dat **technische** ingrepen bij de emissie, verwijdering in de economie (vernietiging) en beperking van invoer via het milieu uit het buitenland **belangrijke** mogelijkheden bieden. Voor cadmium **geldt** dat belangrijke mogelijkheden liggen bij beperking van invoer via de economie en het beheersbaar **maken** van de uitstroom via bijvoorbeeld gecontroleerde berging, dus concentreren en controleren van stromen.

Bepaalde maatregelen **om** een specifiek **probleem** aan te **pakken** kunnen met behulp van het **stroomschema** worden doorgerekend om zo een **indruk** te krijgen van de effectiviteit **ervan**. De **veranderingen** in stofstromen geven **hiervan** een globaal **beeld**. Door de volledigheid in het overzicht van stofstromen wordt dan duidelijk of de **maatregel** werkelijk effectief **zal** zijn, of dat de '**wet van behoud van ellende**' in werking zal treden en er een afwenteling van het probleem plaatsvindt naar een **andere** economische stroom (bijvoorbeeld de awzi-vvi **combinatie** voor **cadmium**), naar een **ander** compartiment, naar een ander gebied, of in de tijd (bijvoorbeeld door het toenemen van **accumulatie** in de economie in de vorm van opgeslagen **afval**).

5.2 Beleidsgerichte **toepassingsmogelijkheden**

De **stofstroomschema-benadering** heeft een aantal **beleidsgerichte** toepassingsmogelijkheden:

- bij het opstellen van Basisdocumenten in het kader van het stofgericht beleid, **als** algemeen overzicht;
- bij het opzetten of **her-inrichten** van milieu-meetnetten, door het **signaleren** van hiaten in de **meetgegevens**;
- bij het formuleren van gebiedsgericht beleid, via het opstellen van regionale **stroomschema's**;
- bij het formuleren van afvalstoffenbeleid;
- bij het formuleren van **beleidsmaatregelen**, via het traceren en voorstellen van **probleemstromen**;
- bij het toetsen van de effectiviteit van voorgenomen maatregelen of **scenario's**, zowel met betrekking tot **specifieke** deelstromen als het signaleren van eventuele ongewenste neven-effecten in de vorm van alternatieve stromen die **ontstaan**. Dit is niet alleen op het niveau van de nationale overheid zinvol, maar ook voor provincies en waterschappen, en **mogelijkerwijs zelfs gemeenten**. Ook toepassing op EG-niveau **lijkt** een goede mogelijkheid.

De getallen in de **schema's** zijn vaak zeer globale schattingen. Een onnauwkeurigheid van een **faktor** twee is heel normaal. Dit wordt veroorzaakt door het onder een **noemer** brengen van allerlei niet op elkaar **afgestemde meetgegevens**, en de zeer grove **aannames** die bij een dergelijke globale benadering noodzakelijkerwijs **gedaan moeten** worden voor de processen in milieu en economie. Het **moge** dan ook duidelijk zijn, dat de

getallen niet gezien moeten worden als absolute waarheden, maar hun belang ontleen aan hun relatie met andere gegevens. Voor bijvoorbeeld het uitvoeren van gedetailleerde modelberekeningen zullen ze dan ook lang niet altijd gebruikt kunnen worden. De onzekerheid in de gegevens is voor de beleidsmaker echter niet zo bezwaarlijk. Voorwaarde is dan wel dat wordt nagegaan of de conclusies niet afhankelijk zijn van de aanwezige onzekerheden. In het onderzoek voor de provincie Zuid-Holland is met behulp van een gevoeligheidsanalyse op dit punt een toetsing uitgevoerd, waaruit bleek dat dit niet het geval was.

5,3 Generalisatie naar andere stoffen

Bij de toepassingsmogelijkheden in relatie tot de stof zijn 2 aspecten van belang: stofeigenschappen en economische toepassingen van de stof.

Verschillende stofeigenschappen

Bij het beoordelen van de invloed van stofeigenschappen kan onderscheid worden gemaakt naar twee aspecten: (1) de mogelijkheid tot het invullen van de stroomschema's; en (2) de zinvolheid van de uitkomsten ervan voor het beleid.

Ad (1). Zoals verwacht is het voor persistente stoffen gemakkelijker het stroomschema in te vullen. Mobiele en afbreekbare stoffen vertonen een veel complexer milieugedrag waardoor meer gegevens nodig zijn, en in de regel met grotere onzekerheden moet worden gewerkt. Dat betekent niet, dat een dergelijke invulling niet mogelijk zou zijn: zelfs voor PAK, een zeer complexe stoffengroep, heeft dit voor invulling van het milieudeel niet tot problemen geleid.

Ad (2). Voor persistente stoffen als cadmium geldt dat de milieuproblemen voor een deel veroorzaakt worden doordat de stoffen in het milieu accumuleren. Voor deze stoffen is accumulatie daarom een belangrijk begrip. Het stofstroomschema geeft hier op een inzichtelijke manier informatie over: waar treedt accumulatie op, waar komt het vandaan.

Mobiele en afbreekbare stoffen accumuleren slechts in beperkte mate in het milieu. Bij deze stoffen is accumulatie een weinig relevant begrip: milieuproblemen ontstaan vaak niet door accumulatie in maar door de stromen door het milieu. Het stofstroomschema zelf geeft in de huidige vorm weinig informatie over stromen van mobiele stoffen omdat de nadruk op accumulatie gelegd wordt. In de onderliggende deel-posten is deze informatie echter wel vervat.

Een probleem bij de interpretatie van de uitkomsten van de schema's betreft de betekenis die aan de getallen gegeven kan worden: de getallen zelf zeggen in feite niets. De getallen krijgen pas betekenis wanneer ze met elkaar vergeleken worden, en/of wanneer ze in absolute zin beoordeeld worden. Ook hier geldt weer dat stromen die tot accumulatie leiden makkelijker beoordeeld kunnen worden: accumulatie vindt in hoofdzaak plaats in de (onderling vergelijkbare) compartimenten bodem en/of waterbodem.

Verschillen in economische toepassingen van de stof

In het algemeen bleken de gegevens aan de economische kant van het schema grotere problemen te leveren dan aan de milieukant. Een duidelijk stofbepaald verschil daarbij had te maken met de economische toepassing van de stof. Wanneer een stof een bijproduct is (zoals meestal voor PAK) of als verontreiniging optreedt (bepaalde cadmium-stromen) zijn in het algemeen de gegevens beperkter en is invulling van het schema moeilijker.

Voor stoffen die bij het ontstaan geëmitteerd worden (geldt gedeeltelijk voor PAK) gaat de stofstroomanalyse over in een emissie-analyse.

5.4 Conclusies

De stofstroomanalyse voor cadmium en PAK op verschillende ruimtelijke niveaus heeft niet alleen geleid tot nadere detaillering van bovenliggende niveaus, maar ook tot nieuwe inzichten in probleemstromen en mogelijke oplossingen op de verschillende niveaus. Hierbij is het duidelijk geworden dat voor de formulering van provinciaal milieubeleid aanvullend onderzoek op de nationale milieuverkenningen moet worden uitgevoerd. Bovendien moeten deze analyses op elkaar afgestemd zijn zodat mogelijke beleidsmaatregelen op verschillende niveaus in onderlinge samenhang kunnen worden beschouwd. De voor dit onderzoek gebruikte benadering is daar heel geschikt voor.

Op nationaal en provinciaal niveau heeft de analyse geresulteerd in nieuwe inzichten. Ten aanzien van de stofstromen blijkt voor cadmium bijvoorbeeld dat de diffuse belasting van de bodem op nationaal niveau voornamelijk van bemesting afkomstig is; op het niveau van de provincie Zuid-Holland via depositie van emissies uit vvi's.

Ook de beleidsanalyse heeft tot nieuwe inzichten geleid. Op nationaal niveau is beleid in voorbereiding in de vorm van het ontwerp-cadmiumbesluit. Dit moet resulteren in een vergaande reductie van het cadmium in huishoudelijk en bedrijfsafval, dus ook van de cadmium-emissies uit vvi's. Uit de beleidsanalyse blijkt echter dat de effectiviteit van het ontwerp-cadmiumbesluit in grote mate bepaald wordt door de effectiviteit van het inzamelen van nikkel-cadmiumbatterijen en -accu's. De provincie kan bij het inzamelen een belangrijke rol spelen. Daarnaast kan op provinciaal niveau de emissie uit wi's door rookgasreiniging sterk gereduceerd worden.

Stofeigenschappen zijn aanzienlijk minder bepalend voor de toepasbaarheid van het stofstroomschema dan werd verwacht. Met de stofstroomschema's in de huidige vorm worden met name stromen die tot accumulatie leiden zichtbaar gemaakt. De schema's zijn daardoor met name voor persistente stoffen als cadmium illustratief. De onderliggende stofstroomanalyse is echter veel uitgebreider en in principe voor alle stoffen geschikt. Stromen van mobiele en afbreekbare stoffen zijn meestal wel moeilijker interpreteerbaar. De toepassingsmogelijkheden verschillen dus niet wezenlijk. Datzelfde geldt ook met betrekking tot de beschikbaarheid van gegevens: de nieuwwaarde die de uitkomsten vertegenwoordigen is voor stoffen waarover al veel bekend is vergelijkbaar met stoffen waarover minder bekend is. Een basisniveau van beschikbaarheid is echter wel vereist om het invullen van het schema mogelijk te maken.

Voor het analyseren van probleemstromen en, daaruit voortvloeiend, het bieden van aanknopingspunten voor beleidsmaatregelen, heeft de stofstroomschema-benadering een duidelijke betekenis. Door de systematische opzet kan elke stroom worden teruggevolgd naar de grenzen van het systeem, en daaruit volgt welke aangrijpingspunten voor het beleid het meest zinvolle zijn.

Probleemstromen kunnen ook vroegtijdig gesignaleerd worden bij veranderingen in de tijd of de ruimte (ander gebied(sniveau) of compartiment).

Voor het **signaleren** van **milieuproblemen** is de **stofstroomanalyse** beperkt geschikt.

Een **andere belangrijke** toepassingsmogelijkheid van het **stofstroomschema** vormt het uitvoeren van gevoeligheidsanalyses en het **doorrekenen** van **maatregelen** en **scenario's**: onzekerheden in gegevens en verschuivingen in milieubelasting kunnen eenvoudig zichtbaar worden gemaakt. Omdat de analyse volgens de stofstroomschema-benadering volgens een vaste systematiek wordt uitgevoerd kan de methode **geautomatiseerd** worden. Automatisering van de methode zou de **bruikbaarheid** voor de **beleidsmaker** aanzienlijk kunnen **vergroten**.

Tabel 5.1: Beleidsrelevantie van het stofstroomschema voor cadmium en PAK.

	PAK	Cadmium
Signaleren: - probleemstromen	+	+
- gebiedsdifferentiatie	+	+
- verschuivingen tussen stromen	-	+
Analyse: - probleemstromen	+	+
- economische mechanismen	-	+
Oplossingen: - aangrijpingsp. nationaal	+	+
provinciaal	+	+
- maatregelen	+	+
- doorrekenen effectiviteit	+	+

+ voldoende
 - gering - afwezig
 n.r. niet relevant

Literatuur

J.F. Feenstra en J.W. Copius Peereboom; Stofbalansen - de 'weg' van een stof door het milieu - dragen bij tot beter inzicht; Project 10, 1978, 375-378

J.F. Feenstra en C.J.M. Anzion; Stofbalansen; Onderzoek in opdracht van de Landelijke Stuurgroep Onderzoek Milieuhygiëne (LaSOM), IVM, Amsterdam, 1980

W.G.H. van der Naald, E. van der Voet, I. Rijsdorp, J.B. Guinee, G. Huppès, P.C. Koppert, M.A.F.P. van Rooij en J.F. Feenstra; Stofstroomschema's voor stoffen in economie en milieu van Nederland en Zuid-Holland. Deel I: Samenvatting en Conclusies; CML/IVM concept rapport, Leiden/Amsterdam, 1989

W.G.H. van der Naald, I. Rijsdorp, J.B. Guinee, G. Huppès, M.A.F.P. van Rooij en J.F. Feenstra; Stofstroomschema's voor stoffen in economie en milieu van Nederland en Zuid-Holland. Deel III: Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen; CML/IVM concept rapport, Leiden/Amsterdam, 1989

C.S.M. Olsthoorn, Fosforbalans voor Nederland, 1983; CBS, Kwartaalbericht Milieustatistiek, 1986-2

H.A. Udo de Haes, G. Huppès en J.B. Guinee; Stofbalansen en Stofstroomschema's: de accumulatie van stoffen in economie en milieu; Milieu 1988, 2, 51-55

H.A. Udo de Haes en G. Huppès; Cadmium: een systeembenadering; Workingpaper no.1 ten behoeve van de Commissie Lange Termijn Milieubeleid, Leiden, 1989

E. van der Voet, W.G.H. van der Naald, J.B. Guinee, G. Huppès, P.C. Koppert en J.F. Feenstra; Stofstroomschema's voor stoffen in economie en milieu van Nederland en Zuid-Holland. Deel II: Cadmium
CML/IVM concept rapport, Leiden/Amsterdam, 1989

E. van der Voet, G. Huppès and W.G.H. van der Naald; Guidelines for Pollutants Policy as a result of Substance Flow Analysis; Paper submitted to the 8-th World Clean Air Congress, sept. 11-16, 1989, The Hague

- materialen en producten	100	99	98	85
- afval op eigen terrein	107	11	8	13
Totaal	207	110	106	98

Bijlage 1: **NADERE UITWERKING VAN DE SCHEMA'S**1.1 Nadere uitwerking van het **stroomschema** cadmium**Economisch deelsysteem**

	Nederland		Zuid-Holland	
	ton/jaar	%	ton/jaar	%
Invoer in economie (1)				
- zinkerts	756	59	0	0
- fosfaaterts, fosforzuur, kunstmest	68	5	37	26
- ruw en bewerkt cadmium	129	10	12	8
- batterijen en accu's	205	16	51	36
- overige produkten (legeringen, pigment, stabilisator e.d.)	104	8	24	17
- overig	12	2	18	13
Totaal	1276	100	142	100
Uitvoer uit economie (5)				
- fosfaaterts, fosforzuur, kunstmest	30	3	21	24
- ruw en bewerkt cadmium	615	66	11	12
- batterijen en accu's	80	9	20	23
- overige produkten (legeringen, pigment, stabilisator e.d.)	127	14	4	4
- afvalstoffen en baggerspecie	61	7	7	8
- overig	19	2	25	28
Totaal	944	100	88	100
Accumulatie in economie (11)				
- materialen en produkten	169	59	34	85
- afval op eigen terrein	117	41	6	15
Totaal	286	100	40	100

Milieudeelsysteem

	Nederland		Zuid-Holland	
	ton/jaar	%	ton/jaar	%
Invoer in milieu (3)				
- grote rivieren	30	56	16	76
- kleine wateren	2	5		
- Noordzee	6	13	3	14
- lucht	7	16	2	9
Totaal	466	100	21	100

Uitvoer uit milieu (7)				
- grote rivieren	14	85	11	85
- lucht	2	15	2	15
Totaal	17	100	13	100

Accumulatie in het milieu (12)				
- bodem lokaal	31	59	15	65
- bodem diffuus	15	19	2	9
- waterbodem	26	35	5	22
- overig	4	6	1	4
Totaal	17	100	23	100

Interactie economie-milieu

	Nederland ton/jaar	Zuid-Holland ton/jaar
Emissie naar milieu (9)		
- naar lucht	5	2
- naar oppervlaktewater	19	16
- uit industriële lozingen	16,5	15
- uit bedrijfsterreinen	1,2	0,8
- overig	1,5	
- naar bodem lokaal	31	15
- huishoudelijk afval	16,2	0,7
- baggerspecie	14,5	14,1
- zuiveringsslib	0,3	-
- naar bodem diffuus	14	1
- bemesting	13,3	0,9
- verkeer	0,4	0,1
- corrosie zink	0,1	-
- naar waterbodem	4	
Totaal	73	34
Onttrekking aan het milieu (10)		
- baggeren	24	19,3
- oogst van gewassen en dierlijke producten	2	0,3
Totaal	26	20

1.2 Nadere uitwerking van het stroomschema polycyclische aromatische koolwaterstoffen

Economisch deelsysteem

	Nederland		Zuid-Holland	
	ton/jaar	%	ton/jaar	%
Invoer in economie (1)				
- steenkoolteer	9.000	47	-	-
- solventnafta	3.000	16	787	9
- creosootolie	1.300	12	330	6
- (koolteer-) pek	3.700	19	917	11
- overig	7		6.132 ¹	73
Totaal	>18.000		>8.200	
Vorming in de economie (3)				
- steenkoolteer	30.000		-	
- overig	400		110	
Totaal	30.400		110	
Uitvoer uit economie (5)				
- steenkoolteer	15.331	51	?	
- solventnafta	1.258	4	?	
- antraceen	12.115	40	?	
- (koolteer-)pek	1.231	4	308 ²	
- overig	?		?	
Totaal	>29.935		?	
Accumulatie in economie (11)				
- creosoot	2.230		1000	
- steenkoolpek	4.400		?	
- antraceen/naftaleen	9.940		?	
- overig	7		?	
Totaal	16.570		>1000	

¹ Waaronder 5.900 ton PAK in produkten van nationale steenkoolteerdestillatie.

² Inclusief produkten uit koolteerpek

Milieudeelsysteem

	Nederland		Zuid-Holland	
	ton/jaar	%	ton/jaar	%
Invoer in milieu (3)				
- grote rivieren	65	5	21	5
- Noordzee	9	1	9	2
- lucht	1.248	94	362	92
Totaal	1.322		392	
Uitvoer uit milieu (7)				
- via grote rivieren	63	7	20	6
- via lucht	888	93	299	94
Totaal	951		319	
Accumulatie in het milieu (12)				
- bodem lokaal	28	6	15	18
- bodem diffuus	406	91	70	82
- waterbodem	13	3	-	
Totaal	447		85	

Interactie economie-milieu

	Nederland ton/jaar	Zuid-Holland ton/jaar
Emissie naar milieu (9)		
- naar lucht	944	304
- industrie	97	61
- verkeer	246	62
- huis.verwarming	135	31
- creosoot	446	145
- overig	20	3
- naar oppervlaktewater	31	8
- industrie	3	1
- recreatie	5	1
- creosoot	25	6
- overig	1	
- naar bodem lokaal	34	17
- creosoot	23	8
- baggerspecie	8	8
- rwzi	2	
- naar bodem diffuus	230	34
- creosoot	221	33
- rwzi	3	1
- verkeer	1	
- overig	4	
Totaal	1239	363
Onttrekking aan het milieu (10)		
- baggeren	10	10
- oogst gewassen en dierlijke producten	17	1
Totaal	27	11
- creosoot	2.230	1000
- stromingsloos	4.500	?
- antwoord op maat	9.940	?
- overig	?	?
Totaal	16.970	>1000

Waarvoor 5.900 ton PAH in producten van nationale stoomverlating-activiteit.

Industrieel productie uit kunststofpak