

# Een statistische analyse van zuiveringsslib: bronnen van zware metalen

## Inleiding

De zware metalen die voorkomen in het slib van rioolwaterzuiveringsinrichtingen (RWZI's) vormen een groot probleem in de afzet van dit slib. Over de herkomst van de zware metalen bestaat een duidelijk beeld: corrosie van materialen (bijv. waterleidingen, dakgoten), huishoudens (voedings- en schoonmaakmiddelen), depositie, verkeer en industriële lozingen. Gegevens over de omvang van deze diverse bronnen zijn ook redelijk bekend, maar het betreft hier vaak berekende waarden [BAA89].



DR. IR. H. A. J. SENHORST  
RIZA  
afdeling Milieutechnologie

Alleen voor de huishoudelijke bronnen zijn direct gemeten waarden bekend [STO85].

In het kader van een korte studie is onderzocht in hoeverre het gehalte zware metalen in het zuiveringsslib te relateren is aan de bronnen van die metalen. De grootste aandacht ging hierbij uit naar het opsporen van industriële bronnen, waartoe in een ander verband al een eerste aanzet gegeven was [LUI90]. De resultaten van deze studie zouden met name gebruikt kunnen worden in de opsporing van illegale lozingen of overschrijdingen van bestaande vergunningen. Alvorens industriële bronnen te kunnen identificeren aan de hand van het gehalte zware metalen in het slib, moest eerst de vraag worden beantwoord of het mogelijk is om bronnen op deze manier te bepalen. Deze vraag bleek vrij eenvoudig positief te beantwoorden. Vervolgens dienden de niet-industriële bronnen te worden herleid om uiteindelijk de omvang van industriële bronnen te kunnen bepalen. In dit artikel zal de meeste aandacht uitgaan naar de laatste stap.

Voor het onderzoek is gebruik gemaakt van een statistische analyse van de gegevens van de CBS-enquête uit 1989 naar de werking van de 470 RWZI's in Nederland. Behalve de slibsamenvatting bevat deze enquête ook een groot aantal gegevens over het influent van de RWZI (bijv. debiet, aangesloten huishoudelijke en industriële i.e.'s, samenstelling qua CZV-last en nutriënten) en bedrijfsparameters (bijv. rendement, behandeling actief slib, bezinking, gisting). De slibgegevens betreffen de jaargemiddelde samenstelling van in 1989 afgevoerd slib,

## Samenvatting

Er is een methode ontwikkeld om bronnen van zware metalen op het riool te bepalen aan de hand van het gehalte van deze stoffen in het zuiveringsslib. Uit een statistische analyse van de gehalten van alle rioolwaterzuiveringsinrichtingen (rwzi's) in Nederland blijken twee simpele bewerkingen voldoende om inzicht te krijgen in de omvang van de bronnen. Diverse niet-industriële bronnen kunnen op deze wijze aangetoond worden. Zo blijken de metalen lood en cadmium voor een groot deel uit het regenwaterriool afkomstig te zijn, terwijl arseen en kwik sterk regionaal verdeeld blijken. Voor koper lijkt het effect dat verlagings van de hardheid kan hebben op het gehalte zware metalen in slib beperkt te zijn. Voor de metalen chroom en nikkel blijkt het mogelijk ook industriële bronnen te traceren. Tevens wordt aangegeven hoe de methode gebruikt kan worden voor de beoordeling van de samenstelling van het slib van één RWZI.

dat voornamelijk is geproduceerd in 1988 en 1989. De gegevens zijn voor het onderzoek aangevuld met een aantal zelf verzamelde parameters: type RWZI, hardheid drinkwater, bevolkingsdichtheid, geografische ligging. In totaal zijn zo'n vijftig parameters in het onderzoek betrokken.

Vanwege het grote aantal RWZI's dat in de enquête is opgenomen, zou de spreiding die op de gegevens aanwezig is voldoende sterk uitgemiddeld moeten kunnen worden om duidelijke relaties naar voren te laten komen. Dit is inderdaad het geval. Desalniettemin betreft hier een *statistisch* onderzoek dat weliswaar met een bepaalde zekerheid relaties tussen parameters aan kan tonen maar dat nooit een uitspraak kan doen over de relaties tussen oorzaak en gevolg. Waar dit toch gebeurt in dit artikel betreft het een interpretatie die zo goed mogelijk met argumenten onderbouwd zal worden.

## Bewerking gegevens

Het is aanlokkelijk de sterkte van de bronnen van zware metalen direct te koppelen aan het gehalte van zware metalen in het slib. Alvorens onderzocht gaat worden in hoeverre de bronnen van zware metalen het gehalte in het slib bepalen, moet echter eerst duidelijk zijn of er niet ook andere parameters zijn die een invloed hebben op het gehalte van zware metalen in slib. Hierbij kan met name gedacht worden aan parameters die betrekking hebben op de constructie of de werking van de RWZI's. Deze mogelijkheid is onderzocht door de gehalten van zware metalen te correleren met de betreffende parameters uit het onderzoek. De aandacht ging hierbij met name uit naar de volgende parameters: samenstelling van de RWZI, zuiveringsrendement, slibleeftijd, slibbelasting, slibconcentratie e.d. Er werden echter geen significante correlaties gevonden. Er is dus geen aantoonbare invloed van het type RWZI of de bedrijfsvoering ervan op het

gehalte van zware metalen in het slib. De gehalten van zware metalen van verschillende RWZI's moeten dus onderling goed vergelijkbaar zijn. Dit resultaat wordt aan het einde van dit artikel gebruikt om de samenstelling van het slib van één RWZI te beoordelen.

Alleen het optreden van slibgisting heeft een effect op het gehalte van zware metalen: gisting leidt tot een stijging in de gehalten met een factor 1.57, hetgeen overeenkomt met de gemiddelde droge stof-eliminatiefactor zoals die tijdens gisting optreedt. Het gehalte neemt dan toe, eenvoudigweg doordat de hoeveelheid droge stof afneemt. Met uitzondering van dit effect kan worden gesteld dat uitsluitend de bronnen van zware metalen het gehalte in het slib lijken te bepalen. Er zijn twee bewerkingen uitgevoerd op de verzameling gehalten van zware metalen in slib uit de CBS-enquête. Allereerst zijn voor de RWZI's waar slibgisting plaatsvindt de gehalten door 1,57 gedeeld, zodat ze omgerekend zijn naar niet-gegist slib. In de eerste en tweede kolom van tabel I is aangegeven welke waarden dan worden gevonden voor het gemiddelde en de spreiding van de diverse gehalten van zware metalen in slib. De tweede bewerking bestond uit het verwijderen van uitschieters uit de verzameling. Dit is gedaan om het gedrag van de grote groep beter te kunnen onderzoeken. Het betrof per zwaar metaal tussen de 5 en 16 waarden die dermate ver buiten de grote groep lagen dat verwijdering leek gerechtvaardigd. Een industriële bron was voor een aantal metalen daarvan de oorzaak. Zo zijn voor chroom de gehalten in het slib van de twee RWZI's door de aanwezigheid van lederindustrie een factor 60 groter dan het landelijk gemiddelde. Verder lijkt het tegelijkertijd optreden van een uitschieter voor chroom, nikkel en/of zink een aanwijzing te geven voor de aanwezigheid van galvanische industrie.

TABEL I – Gemiddelde waarde en standaarddeviatie (spreiding) van de verdelingsfunctie van de gehalte zware metalen na correctie voor gegist slib, resp. na correctie voor gegist slib en verwijdering van de 'uitschieters' (zie tekst). De standaarddeviatie is uitgedrukt als percentage van het gemiddelde.

METAAL	Na correctie voor slibgisting		Idem, na verwijdering 'uitschieters'	
	gemiddeld gehalte mg/kg	standaard deviatie %	gemiddeld gehalte mg/kg	standaard deviatie %
koper	384	51	375	47
chromium	57	328	44	88
zink	942	58	912	34
lood	169	52	161	39
cadmium	2,29	123	2,11	41
nikkel	26,3	120	23,4	64
kwik	1,44	71	1,34	57
arsen	6,77	73	6,38	57

Na verwijdering van uitschieters worden de waarden van gemiddelde en spreiding weergegeven in de derde en vierde kolom van tabel I.

In het vervolg van dit artikel zal worden gewerkt met genormeerde gehalten, d.w.z. dat het gehalte per zwaar metaal is uitgedrukt als percentage van het gemiddelde uit de tweede kolom van tabel I (gemiddelde = 100).

#### Bronnen van zware metalen

In deze paragraaf worden de belangrijkste resultaten van het onderzoek gepresenteerd. Per zwaar metaal zal het meest in het oog springende effect worden behandeld. Voor een meer gedetailleerde beschrijving van resultaten wordt verwezen naar SEN92.

#### Koper

Als belangrijkste bron van koper is altijd de corrosie van koperen waterleidingen genoemd. De afgifte van koper als functie van hardheid, sulfaatgehalte en zuurgraad van het drinkwater is redelijk goed bekend en wordt uitgedrukt door middel van een empirisch bepaalde relatie [KIW90]. In het kopergehalte van het zuiveringsslib is dit verband gedeeltelijk terug te vinden. Zo bestaat er een correlatie tussen het kopergehalte in het slib en de hardheid van het drinkwater. De coëfficiënt hiervan bedraagt slechts 0,25, hetgeen vrij weinig lijkt voor een zo duidelijk veronderstelde relatie. De situatie wordt echter duidelijker als we dit verband uitzetten in een scatterdiagram, zoals is gebeurd in afbeelding 1. Hierin is te zien dat de kopergehalten grofweg een driehoek in het diagram opvullen. Dit betekent dat het kopergehalte geschreven kan worden als:

$$[Cu] = [Cu]_0 + \rho \cdot \text{hardheid}$$

Hierin is  $[Cu]_0$  een constante bijdrage die mede van huishoudelijke oorsprong kan zijn, en drukt  $\rho$  de evenredigheid met de hardheid uit. De parameter  $\rho$  varieert over de onderzochte populatie tussen grofweg

0 en 11 %/°D. Het geeft aan dat een parameter anders dan de hardheid invloed heeft op het kopergehalte. Van deze extra parameter kan worden aangetoond dat deze regionaal is verdeeld. Zo blijkt  $\rho$  een hoge waarde te hebben in Drenthe en Oost-Gelderland, terwijl de waarde in Noord- en Zuid-Holland, Limburg en de Veluwe juist laag is. De betekenis van  $\rho$  zou herleid moeten kunnen worden door correlaties te zoeken tussen een uitgebreide drinkwateranalyse (m.n. pH en sulfaatgehalte) en het kopergehalte van het slib. Aangezien dergelijke gegevens niet in een gemakkelijk verwerkbaar vorm voorhanden waren, is dit in deze studie niet gedaan.

Een andere mogelijke betekenis van de parameter  $\rho$  is dat deze gerelateerd is aan het gebruik van loden waterleidingen: meer loden waterleidingen betekent dan minder koper in het slib en dus een lagere waarde van  $\rho$ . Deze mogelijkheid lijkt echter niet reëel te zijn [SEN92].

Het is interessant om te onderzoeken of er uitspraken kunnen worden gedaan omtrent het mogelijke effect van drinkwaterontharding. Als wordt uitgegaan van verlaging van de hardheid tot 5°D, kan

het mogelijke effect op twee manieren worden bepaald. In de eerste plaats kan gebruik worden gemaakt van de lijn van lineaire regressie die de 'gemiddelde' afhankelijkheid tussen het kopergehalte en de hardheid weergeeft. De waarde van het punt op deze lijn bij een hardheid van 5°D zou dan het gemiddelde gehalte voor de gehele verzameling RWZI's bij deze hardheidswaarde weergeven. Dit kopergehalte bedraagt  $85 \pm 8\%$  van het gemiddelde. De tweede methode gaat uit van het gemiddelde kopergehalte in het slib van RWZI's waarvoor reeds een hardheid van 5°D geldt. Dit gemiddelde bedraagt  $76 \pm 9\%$  van het landelijk gemiddelde. Uitgaande van deze resultaten kan gesteld worden dat deelontharding voor heel Nederland het kopergehalte slechts met zo'n 15 tot 25% zou laten dalen.

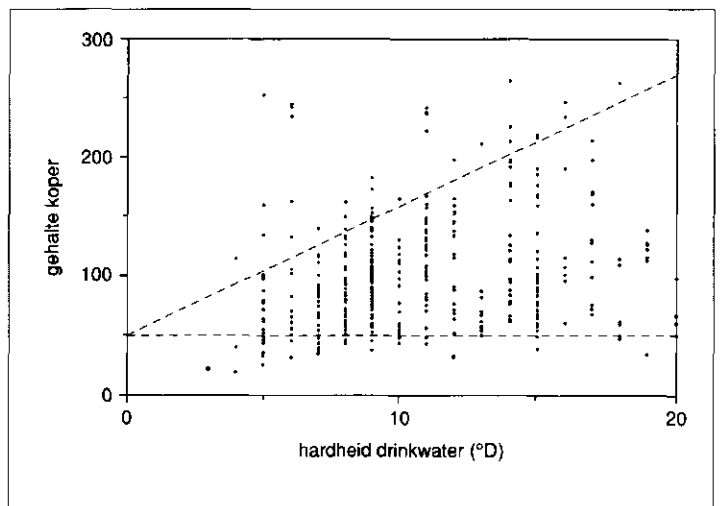
Er is echter een groep RWZI's aan te wijzen die een gemiddelde hardheid van 5°D kent, maar wel een lager kopergehalte heeft dan hierboven is berekend (een aantal van deze RWZI's was ook al in de hierboven beschreven groep met een hardheid van 5°D opgenomen). Dit zijn namelijk de RWZI's op de Veluwe waar het gemiddelde kopergehalte slechts  $48 \pm 6\%$  bedraagt van het landelijk gemiddelde. De gehalten van deze groep liggen allen rond de onderste lijn in afbeelding 1, zodat de parameter  $\rho$  voor deze groep rond de minimumwaarde ligt. Dit geval toont aan dat als ontharding samengaat met het tot een minimumwaarde brengen van  $\rho$  het kopergehalte tot de helft teruggebracht kan worden.

Andere bronnen dan corrosie van waterleidingen zijn voor koper moeilijk aan te geven.

#### Zink, lood en cadmium

Als gekeken wordt naar de correlaties

Afb. 1 – Scatterdiagram waarin het kopergehalte van het slib is uitgezet tegen de hardheid van het drinkwater. Elk punt stelt één RWZI voor. Het kopergehalte is uitgedrukt als percentage van het landelijk gemiddelde, de hardheid is uitgedrukt in °D. De stippellijnen geven grofweg het gebied weer waarin alle punten liggen (zie tekst).



tussen de gehalte van de zware metalen onderling, dan blijkt er één groep metalen uit te springen: zink, lood en cadmium. Deze metalen vertonen onderling een zeer sterke correlatie (tussen 0,6 en 0,8) en hun correlaties met de andere metalen hebben telkens grofweg dezelfde waarde. Dit betekent dus dat de metalen zink, lood en cadmium zich gelijkwaardig gedragen. De herkomst van de stroom zink naar het riool lijkt vrij duidelijk [OPP91, BAA89]: zinken en verzinkte dakgoten, dakbedekking, straatmeubilair, e.d. Vanwege het gelijkwaardige gedrag ligt het daarmee voor de hand dat lood en cadmium eveneens voor een groot deel met het regenwater het riool bereiken.

Voor wat betreft cadmium is deze bronbepaling te begrijpen uit de vervuiling van 0,2 % van dit metaal zoals die aanwezig is in commercieel zink [WAA82]. Voor lood is altijd gedacht aan het verkeer als een belangrijke bron [WAA82, BAA89] die zo'n 110 ton lood in het riool bracht. Gezien het verloop van deze loodvracht in de jaren '80-'89 lijkt de omvang hiervan echter toch aanzienlijk kleiner te zijn dan verwacht. Gedurende de genoemde periode is immers de loodvracht die via verbranding van benzine uitgestoten werd aanzienlijk gereduceerd door de invoering van loodvrije benzine en benzine met een lager loodgehalte in 1986. In de periode 1981-1985 werd er jaarlijks 1.700 ton lood uitgestoten terwijl dit gedurende 1987-1989 nog slechts 430 ton bedroeg [CBS90]. De vracht naar het riool is in dezelfde periode echter amper teruggelopen: van  $82 \pm 3$  ton in 1981-1985 naar  $76 \pm 4$  ton in 1987-1989 [CBS91]). Dit zou betekenen dat andere bronnen van lood, zoals het gebruik in dak-

bedekking [NWR89], toch vrij belangrijk zijn.

In afbeelding 2 is het gevonden verband tussen de gehaltes zink en lood grafisch weergegeven. De punten blijken in een relatief smalle 'komeet' te liggen. Deze vorm kan verklaard worden uit een relatief sterke spreiding in het gehalte, die voor zink en lood gekoppeld is en die de punten over de as van de komeet verspreidt. Loodrecht op de as vindt dan nog een beperkte random-spreiding plaats die evenredig is met het gehalte. De verdeling langs de as, waarvan de spreiding 35% bedraagt van het gemiddelde, wordt dan veroorzaakt door de variatie die er in Nederland bestaat in de per inwoner toegepaste hoeveelheid zink en lood. De achterliggende redenen hiervan zijn wellicht de vorm van de bebouwing (hoogbouw vs. laagbouw) en de vorm van het rioleringsstelsel (gescheiden vs. gemengd). Opvallend is wel de kleine random-spreiding (de breedte van de 'komeet') die slechts 14% bedraagt van de absolute waarde van het gehalte en gelijk is aan de spreiding die er bestaat in de jaargemiddelde gehalte van één RWZI [SEN92]. Deze lage waarde toont aan dat de invloed van overige parameters, bijvoorbeeld parameters van de RWZI, op het gehalte van lood en zink inderdaad beperkt is.

#### Chroom en nikkel

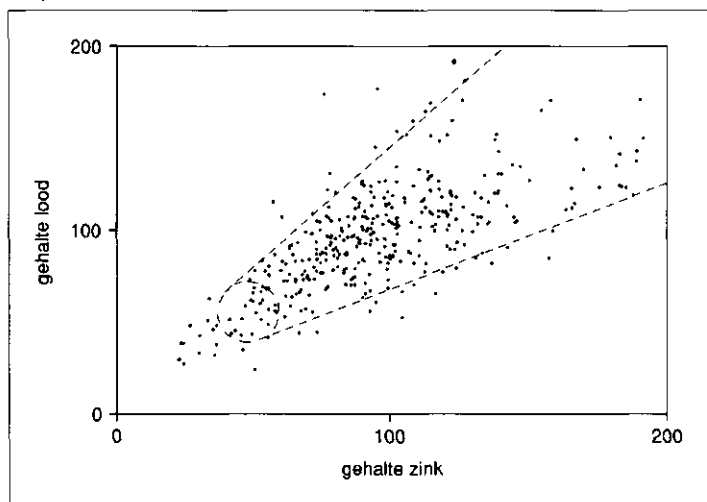
Van deze twee metalen is bekend dat de stroom naar het riool voor een groot deel van industriële herkomst is [BAA89] en slechts een zeer beperkte huishoudelijke bijdrage hebben [STO85]. In tabel I is verder te zien dat uitgerekend deze twee metalen de grootst relatieve spreiding in

gehaltes zware metalen in slib kennen. Een verband tussen de invloed van de industriële bijdrage en de breedte van de verdelingsfunctie lijkt voor de hand te liggen. Dit verband wordt hieronder verder uitgewerkt.

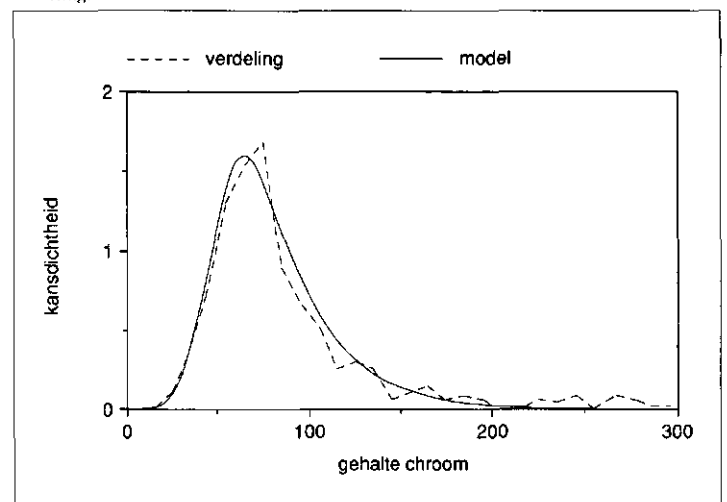
Een belangrijke eigenschap van industriële lozingen van zware metalen is dat ze onderling geen overeenkomst hebben: er kunnen grote en kleine lozingen zijn, de concentratie zware metalen en organische stoffen kan sterk variëren, en het aantal lozingen dat op één RWZI plaatsvindt kent geen regelmaat. Dit leidt ertoe dat, als alleen industriële lozers aanwezig zijn, het gehalte zware metalen in het slib over de verzameling een relatief brede verdeling kent, met een afnemende kans bij een toenemend gehalte. De huishoudelijke bijdrage van zware metalen zou een heel ander patroon te zien moeten geven. Huishoudens zijn namelijk sterk gelijkwaardig, en zo er al uitschieters voorkomen dan worden ze uitgemiddeld door het grote aantal huishoudens.

Statistisch gezien toont het verschil tussen huishoudelijke en industriële lozingen zich in de vorm van de verdelingsfunctie van het gehalte: huishoudelijke lozingen leiden tot een normale verdeling (Gauss-kromme) terwijl industriële lozingen aanleiding geven tot een functie die veel zal lijken op een exponentiële verdeling (de kans op een hoog gehalte neemt af naar gelang het gehalte hoger wordt). Omdat in de praktijk beide type lozingen tegelijkertijd voor zullen komen zal de uiteindelijke verdelingsfunctie een zogenaamde convolutie vormen van een normale en een exponentiële verdeling.

Afb. 2 - Scatterdiagram dat het verband tussen het zink- en het loodgehalte weergeeft. De gestippelde 'komeet' geeft grofweg het gebied aan waar alle punten in liggen (zie tekst).



Afb. 3 - De verdelingsfunctie van het chroomgehalte en de hieraan gefitte modelfunctie die bestaat uit een convolutie van een normale verdeling met een exponentiële verdeling.



De metalen chroom en nikkel vormen een mooie test voor bovenstaand model omdat er geen andere bronnen dan industriële of huishoudelijke verwacht worden. Dit zou moeten blijken uit het feit dat het model goed te fitten is op de verdelingsfunctie. Zoals in afbeelding 3 te zien is blijkt dit inderdaad het geval te zijn voor chroom. Voor nikkel wordt eveneens een goede fit gevonden. Uitgaande van de juistheid van het model kan nu uit de parameters van de fit herleid worden hoe de industriële en de huishoudelijke bijdrage eruit zien. Het blijkt dan dat de huishoudelijke bijdrage voor chroom en nikkel 52%, resp. 56% van het landelijk gemiddelde bedraagt. Dit is een verrassende uitkomst omdat vorige studies een veel kleinere niet-industriële bijdrage te zien gaven: 10%, resp. 19% [BAA89]. De discrepantie is niet direct te verklaren, maar kan samenhangen met de gevolgde methode en definities [SEN92]. Nader onderzoek op dit punt kan wellicht duidelijkheid brengen.

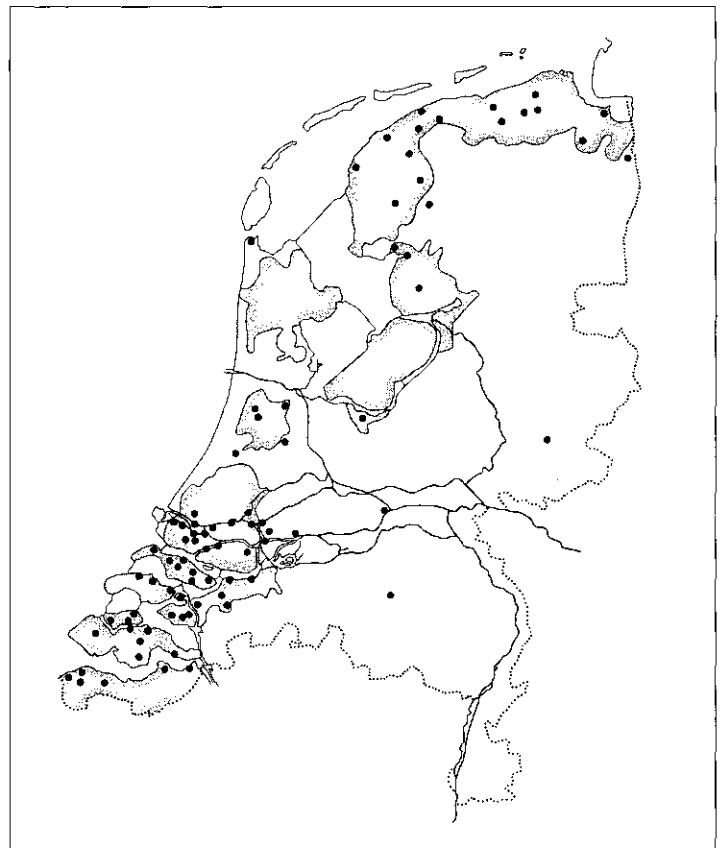
Het resultaat van de fit kan ook gebruikt worden om binnen het model de kans te bepalen dat een bepaald gehalte uitsluitend door huishoudens veroorzaakt wordt. Deze kans blijkt voor chroom bij een gehalte van 80% van het landelijk gemiddelde al tot een waarschijnlijkheid van 5% gedaald te zijn. Voor nikkel ligt deze waarschijnlijkheidsgrens bij 90% van het gemiddelde. Als een gehalte boven deze grens ligt is dit een sterke aanwijzing voor een industriële lozing. Dit biedt de mogelijkheid industriële lozers op te sporen. Het resultaat van deze studie leidt tot een aanscherping van de grenswaarden uit eerder werk [LUD90] dat uitkwam op een grens van 95-130% voor chroom en 200-250% voor nikkel.

Op grond van bovenstaand verband tussen de breedte van de verdelingsfunctie en het belang van industriële lozingen zou voor arseen en kwik eveneens geconcludeerd kunnen worden dat industriële bronnen belangrijk zijn. Zoals in tabel I te zien is immers, is de breedte van de verdeling voor deze metalen amper kleiner dan die voor nikkel. Echter, er blijkt een andere oorzaak te zijn voor de breedte van de verdeling. Beide stoffen blijken namelijk sterk regionaal verdeeld voor te komen, hetgeen eveneens tot een brede verdeling leidt.

#### Arseen

Voor arseen is deze verdeling weergegeven in afbeelding 4. Hierin is te zien dat hoge arseengehaltes sterk gelokaliseerd zijn in de zeekleigebieden.

Afb. 4 - De verdeling van RWZI's met een arseengehalte van meer dan 1,5 maal het landelijk gemiddelde. Gebieden met zeeklei zijn aan de binnenkant gearceerd.



Nu is weliswaar bekend dat in deze gebieden van nature relatief veel arseen in de bodem voorkomt [SLO90], maar dit beantwoordt nog niet de vraag hoe het verband tussen de grondsoort en de samenstelling van het zuiveringsslib tot stand komt. Oftewel: via welke route komen stoffen uit de bodem in een RWZI terecht?

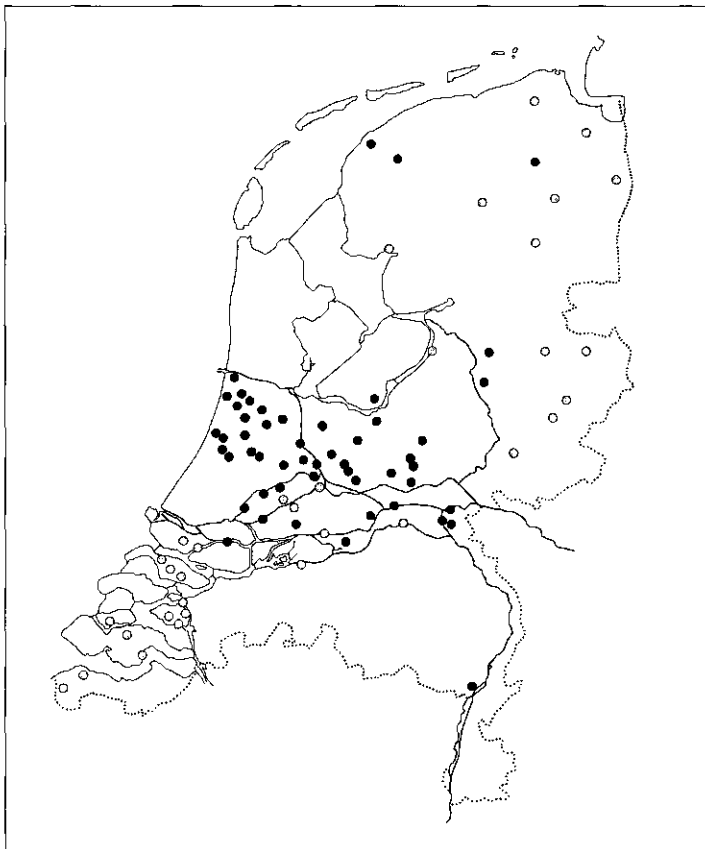
De mogelijkheid van grondwaterindringing via lekkende rioleringen als bron voor arseen is gesuggereerd [FRI89]. Als we deze bron proberen te kwantificeren blijkt echter dat het om wel erg grote lekstromen moet gaan. Zo blijkt in Zeeland een gemiddelde aanvoer van arseen van 200 mg/inwoner/jaar te bestaan. Uitgaande van een arseengehalte van 10 µg/l in gebieden met zeeklei [SLO90] moet de lekstroom van grondwater een omvang van 20 m<sup>3</sup>/inwoner/jaar hebben. Dit is ongeveer een kwart van het totale aanvoerdebiet op een RWZI. Deze waarde lijkt erg groot, zodat de voorgestelde verklaring in twijfel getrokken kan worden.

Er is echter ook een directe route naar het riool mogelijk, namelijk als kleideeltjes in bijvoorbeeld straatvuil naar het riool afspoelen. Uitgaande van een arseengehalte van 20 mg/kg zou dan zo'n 10 kg klei per i.e. per jaar naar het riool moeten afspoelen. Afgezet tegen een productie van niet-gegist slib van 18,3 kg/i.e./jaar

lijkt deze kleivracht toch wel erg groot. Andere verklaringen voor de hoge arseengehaltes zijn moeilijk te vinden. Zo is het wel bekend dat de visverwerkende industrie een bron van arseen is (arseen afkomstig van de slijmhuide van schol), maar deze industrie lijkt slechts op een klein aantal van de plaatsen met hoog arseengehalte gevestigd. Verder lijkt het voorkomen van hoge gehalten toch wel erg scherp begrensd tot de zeekleigebieden, zodat een relatie met de grondsoort in enige vorm toch wel voor de hand ligt. Nader onderzoek zal uit moeten wijzen hoe deze relatie precies ligt.

#### Kwik

De situatie voor kwik is vrij vergelijkbaar met die van arseen, zij het dat de regionale lokalisatie nog sterker is, zoals in afbeelding 5 te zien is. Hoge kwikgehalten komen vooral in Midden-Nederland voor, terwijl lage waarden vooral in Zeeland en Noord-Oost-Nederland te vinden zijn. Diverse mogelijke oorzaken zijn onderzocht, maar er is geen sluitende verklaring voor deze verdeling gevonden. Industriële rioolozingen van kwik zijn niet bekend. Tandartspraktijken zijn daarentegen wel een bekende bron, maar er lijkt geen reden aan te geven waarom in Midden-Nederland zoveel meer tandartsen per inwoner voorkomen dan elders. Overige gebruiksfuncties van kwik,



Afb. 5 - De verdeling van RWZI's met een relatief hoog (donkere bolletjes: meer dan 1,75 maal het gemiddelde) en een relatief laag (lichte bolletjes: minder dan 0,4 maal het gemiddelde) kwikgehalte.

zoals in bepaalde geneesmiddelen en bestrijdingsmiddelen [CBS84], hebben een te kleine omvang (tot 50 kg jaarverbruik) om de optredende vracht naar het riool ( $\pm 1.000$  kg) te kunnen verklaren. Directe lozingen zijn daarmee uitgesloten als verklaring. Alleen indirecte bronnen blijven dan nog over als mogelijkheid. Hieronder zal onderzocht worden in hoeverre atmosferische depositie van kwik het gehalte in zuiveringsslib kunnen verklaren.

Voor kwik zijn er twee belangrijk geachte bronnen van luchtmissie onderzocht: vuilverbrandingsinstallaties en kolencentrales. Ten aanzien van de lucht-emissies uit kolencentrales kan gesteld worden dat deze niet verantwoordelijk zijn voor hoge kwikgehaltenes. Weliswaar zijn juist bij Nijmegen en Roermond, twee vestigingsplaatsen van dergelijke centrales, behoorlijke uitschieters te vinden, maar de overeenkomst met berekende depositiepatronen is zeer slecht. Verder is ook de totale uitstoot van kwik via deze bron ( $\pm 300$  kg/j) te beperkt [MEI90].

Vuilverbranding als bron van kwik-emissies naar de lucht biedt meer aanknopingspunten om de verdeling in gehaltenes zware metalen in slib te verklaren. De omvang van deze emissies wordt geschat tussen 3 en 10 ton/jaar [resp. KON92 en gegevens Emissie-

registratie]. Verder is de vuilverbrandingscapaciteit gelokaliseerd in het (westen van) de Randstad, zodat met een overwegend zuidwestelijke windrichting het patroon van afbeelding 5 wellicht te verklaren is. Hoewel depositiepatronen niet bekend zijn [SEI89] lijkt de chemische vorm waarin kwik bij afvalverbranding vrijkomt (gasvormig  $HgCl_2$ : deze stof regent relatief gemakkelijk uit) deze verklaring te ondersteunen. Wel moet een erg groot deel van het geëmitteerde kwik in het riool terechtkomen om de gehaltenes zware metalen in slib te verklaren. Als vuilverbranding inderdaad de oorzaak is van de gevonden verdeling van kwik, dan zal door het steeds meer toepassen van gaswassing deze bron voor de toekomst sterk afnemen.

#### Beoordeling slibsamenstelling van individuele RWZI's

De hierboven beschreven methodiek kan voor afzonderlijke RWZI's aangeven in hoeverre het gehalte zware metalen hoger is dan het gehalte dat, gezien de specifieke situatie, voor die RWZI verwacht kan worden. Dit kan eenvoudigweg gebeuren door de (voor het eventueel optreden van slibgisting gecorrigeerde) gehaltenes zware metalen te vergelijken met een grenswaarde. Deze grenswaarde moet opgebouwd zijn uit een verwachtingswaarde plus een onzekerheidsmarge ten

gevolge van de spreiding in de verdelingsfunctie van het gehalte. Voor chroom en nikkel zijn in de tekst dergelijke grenswaarden al gegeven voor het signaleren van industriële bronnen. Een eventuele overschrijding van de grenswaarde kan dan aanleiding zijn tot een nader onderzoek.

Een belangrijk hulpmiddel bij zo'n nader onderzoek is het bepalen van de overschrijdingsvracht. Hiertoe moet het gehalte zware metalen vermenigvuldigd worden met de totale slibproductie, waarna de te verwachten vrachten (huishoudens, corrosie, vergunde lozingen etc.) afgetrokken worden. Ook hierbij dient weer rekening gehouden te worden met de spreiding in het gehalte zware metalen alvorens conclusies te trekken. Hoewel de methode gebruikt kan worden in individuele gevallen dient men alert te zijn op de beperkingen die een statistische benadering met zich mee brengt; specifieke individuele gevallen kunnen dermate afwijkende omstandigheden kennen dat een vergelijking met een gemiddelde situatie niet gepast is. Voorzichtigheid blijft dus geboden in het gebruik van de methode.

#### Conclusies

Uit de hier gepresenteerde statistische analyse kan geconcludeerd worden dat het mogelijk is de omvang van diverse bronnen van zware metalen te bepalen uit de gehaltenes van deze metalen in het zuiveringsslib. Hoewel met deze analyse geen oorzaak-gevolg relaties aangegeven kunnen worden komt er toch een aantal opmerkelijke resultaten naar voren. Zo lijkt het erop dat het effect dat verlaging van de hardheid op het kopergehalte in het zuiveringsslib kan hebben beperkt is. Door het nemen van aanvullende maatregelen zou het effect twee keer zo groot kunnen worden. Voor chroom en nikkel heeft de analyse geleid tot het opstellen van een aangescherpte methode om industriële lozers op te sporen. Van de metalen arseen en kwik, tenslotte, is aangetoond dat ze sterk regionaal verdeeld zijn, maar de route waarlangs deze metalen in het riool terechtkomen is niet opgehelderd. Deze conclusies kunnen verder aangescherpt worden door de aan de gevolgde argumentatie ten grondslag liggende aannamen nader te onderzoeken. Voor individuele RWZI's kan de methodiek gebruikt worden om te kijken of er onbekende bronnen aanwezig zijn. Het is hierbij echter wel van belang om rekening te houden met de spreiding die er in de verdelingsfuncties aanwezig is,

## De inrichting van het zorgsysteem

### 1. Inleiding

In de reeks artikelen die in het kader van het project Kwaliteitszorg en Milieuzorg Water zijn verschenen, hebben tot nu toe vooral de startervaringen van de twee pilotbedrijven DZH en TWM centraal gestaan. Daarbij speelde de projectmatige aanpak met het projectplan als eerste aanzet (H<sub>2</sub>O, nr. 9/92) en de officiële start binnen het bedrijf in de vorm van een gerichte bedrijfsconferentie (H<sub>2</sub>O, nr. 25/92) een belangrijke rol.



IR. J. T. VAN DER ZWAN  
KIWA NV  
Onderzoek en Advies



ING. W. J. BOSMAN  
KIWA NV  
Adviesbureau  
Integrale Kwaliteitszorg

Het voorliggende artikel gaat meer in op de achtergronden van de inrichting van een zorgsysteem. Een zorgsysteem – om de herinnering even op te frissen – is het samenhangende geheel van beleidsmatige, organisatorische en administratieve maatregelen voor zowel kwaliteitszorg, milieuzorg, ARBO en veiligheid.

Het belang om in een bedrijf allerlei activiteiten volgens procedures en werk-instructies uit te voeren is zo duidelijk, dat deze in de meeste bedrijven ook wel aanwezig zijn. De volledigheid en de onderlinge consistentie is echter niet altijd gegarandeerd. Zeker niet wanneer verschillende afdelingen hun eigen procedures en voorschriften (mogen) uitvaardigen. Wil men de gewenste consistentie tot stand brengen, dan zal men dit moeten organiseren, de afspraken formeel moeten vastleggen en bewaken. Dit geschiedt meestal in de vorm van een

#### Overzicht artikelen

Nummer	Publikaties
1.	Enquête kwaliteits- en milieuzorg.
2.	Projectplan als eerste aanzet.
3.	De bedrijfsconferentie.
4.	De inrichting van het zorgsysteem.
5.	Opzet en beschrijving van de bedrijfsprocessen.
6.	Certificatie van zorgsystemen.
7.	Onderhoud van het zorgsysteem.

### Samenvatting

Het zorgsysteem van een waterleidingbedrijf wordt bij voorkeur ingericht aan de hand van het eigen hoofdproces van de drinkwatervoorziening, wat dus de gehele keten van bron tot klant omvat. De ondersteunende processen krijgen, gezien de relatie met het hoofdproces, een logische plaats in het geheel. Om één en ander geheel overzichtelijk, toegankelijk, beheersbaar en toetsbaar te houden, worden drie niveaus onderscheiden (1) het managementniveau, waarin al het bedrijfsbeleid wordt behandeld; (2) het procedureniveau, waarin alle processen binnen het bedrijf zijn beschreven en de verantwoordelijkheden daarvoor zijn vastgelegd en (3) het niveau van de werkinstructies, waarin staat hoe de verschillende taken precies moeten worden uitgevoerd.

Op het procedureniveau wordt om praktische redenen nog gebruik gemaakt van een onderverdeling van de processen.

handboek, waarin bovengenoemde zaken helder en eenduidig staan beschreven. Daarmee wordt ook vastgelegd op welke onderdelen gegevens over de kwaliteit moeten worden bijgehouden en waarover moet worden gerapporteerd. Deze systematische wijze van vastleggen garandeert dat er op z'n minst aandacht wordt besteed aan een goede formulering van de afspraken, wat (later) misverstanden in allerlei overlegsituaties kan voorkomen.

### 2. Uitgangspunten

– De essentiële voorwaarde om in een bedrijf een zorgsysteem in te voeren is dat er van een geschikte bedrijfscultuur sprake is. Men realiseert zich van hoog tot laag in het bedrijf voldoende wat de invoering en vooral ook de instandhouding en voortdurende verbetering van het systeem allemaal met zich meebrengt.

– Er is een referentiekader nodig. Uitgegaan wordt van de internationaal en nationaal aanvaarde ISO 9001-norm, aangepast aan de situatie in de bedrijfstak Openbare drinkwatervoorziening. Wel blijft er een bedrijfseigen invulling nodig; geen bedrijf is gelijk, de manier van werken is veelal historisch gegroeid. ISO 9001 geeft ook voldoende ruimte voor een eigen invulling; de norm spreekt namelijk niet over het hoe, maar geeft uitsluitend aan wat er geregeld moet worden.

– De basis – de ruggegraat – voor het zorgsysteem is het voortbrengingsproces van de producten en diensten van het bedrijf. Daar draait het voor een bedrijf immers allemaal om en het ligt voor de hand hieraan dan ook de structuur van het zorgsysteem te ontleen. De ervaring leert bovendien dat de hoeveelheid procedures en instructies dan beperkt kan blijven tot die welke werkelijk nodig zijn in het bedrijf.

### 3. Het waterleidingbedrijf als systeem

Om de processen die zich afspelen binnen een waterleidingbedrijf op een systematische wijze in beeld te brengen is het nuttig het waterleidingbedrijf nader te analyseren en wel zoals het in de praktijk als systeem functioneert. Een waterleidingbedrijf is te beschouwen als één totaalsysteem waarbinnen tal van kleinere systemen beheerst functioneren.

Dat totaalsysteem kan verdeeld worden in:

#### Hoofdsystemen

Dit betreft voor een waterleidingbedrijf de gehele keten van bron tot en met de aflevering van het drinkwater bij de gebruiker, met andere woorden het gehele voortbrengingsstelsel van drinkwater. Daarnaast is natuurbeheer voor een aantal bedrijven een afzonderlijk hoofdsysteem.

#### Ondersteunende systemen

Dat zijn in de eerste plaats alle toeleveringsystemen waarbij de technische capaciteit van de hoofdsystemen veilig wordt gesteld, inclusief het (kunnen) functioneren ervan. Voor het voortbrengingsstelsel van drinkwater leveren zij als producten naast de winmiddelen, de zuiveringswerken, de transportleidingen en het distributienet het nodige personeel en overige middelen, zoals financiën en methoden.

In de tweede plaats gaat het om coördinerende systemen, voor het instellen, besturen, beheersen en



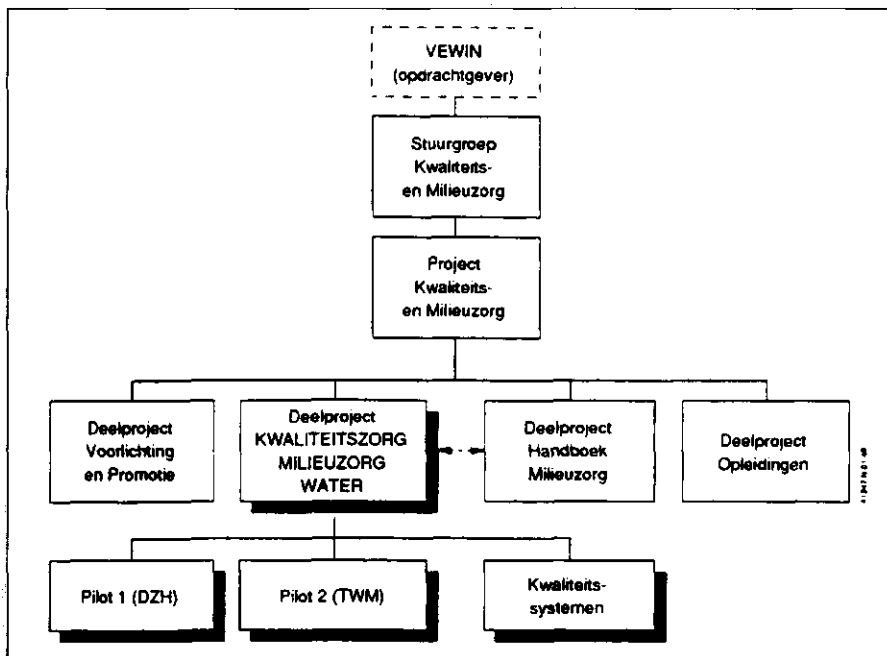
## Toelichting op het deelproject Kwaliteitszorg en Milieuzorg Water

Voor dit deelproject zijn de volgende projectopbrengsten geformuleerd:

- een op de bedrijfstak toegesneden richtlijn als toelichting op de NEN-ISO 9001;
- een stappenplan met toelichting om tot een kwaliteitssysteem te komen, waarin het milieu-element, ARBO en het veiligheidsaspect een duidelijke plaats hebben;
- een Handboek Kwaliteitszorg, waarin het milieu-element inpasbaar is;
- de kwaliteitszorgsystematiek in de bedrijfstak geïntroduceerd.

Voor de coördinatie van de werkzaamheden ter realisatie van de projectopbrengsten is de projectgroep 'Kwaliteitssystemen' ingesteld. Hieraan nemen de twee projectleiders van de pilot-bedrijven NV Duinwaterbedrijf Zuid-Holland en NV Tilburgsche Waterleiding-Maatschappij deel. De belangrijkste opbrengst voor de pilotbedrijven zelf is een volledig geïmplementeerd zorg-systeem waarvan Kwaliteitszorg en Milieuzorg deel uit maken.

Er is uiteraard een relatie tussen het Handboek Milieuzorg en het Handboek Kwaliteitszorg, daarom neemt een aantal projectgroepen van 'Kwaliteitssystemen' deel aan het deelproject 'Handboek Milieuzorg'. Beide deelprojecten maken deel uit van het project 'Kwaliteitszorg en Milieuzorg'. De organisatiestructuur van het geheel is weergegeven in afb. 2.



Afb. 2- Organisatiestructuur project Kwaliteitszorg en Milieuzorg

## Toelichting op begrippen

**Integrale kwaliteitszorg:** Alle activiteiten en beslissingen die tot doel hebben het kwaliteitsniveau vast te stellen, te bereiken en te behouden en ook het beschikbaar stellen van de daarvoor benodigde mensen, methoden en middelen.

**Zorgsysteem:** Het samenhangend geheel van beleidsmatige, organisatorische en administratieve maatregelen voor zowel kwaliteitszorg, milieuzorg, ARBO en veiligheid.

**Hoofdproces:** Het totale totstandkomingsproces van drinkwater c.q. het proces van natuur-beheer, weergegeven in een dwingend volgorde van fasen.

**Ondersteunend proces:** Een hulpproces, gericht op de behoefte van het hoofdproces.

**Deelproces:** Een uitwerking van een procesfase van een hoofdproces of een ondersteunend proces.

**Subproces:** Een meer gedetailleerd uitgewerkt onderdeel van het hoofdproces of van een deelproces.

**Procedure:** Een voorgeschreven reeks van handelingen, waarbij veelal meerdere personen betrokken zijn. Deze handelingen hebben een bepaalde, door het management vastgestelde volgorde. Uit de procedure blijkt in ieder geval WIE WAT doet, WAAR en WANNEER.

**Werkinstructie:** Een voorgeschreven reeks van handelingen opgelegd aan afzonderlijke personen. De handelingen kunnen een vaste volgorde hebben, terwijl eventuele keuzemomenten duidelijk zijn aangegeven. De werkinstructies geven derhalve aan HOE de verschillende taken precies moeten worden verricht.

- verbeteren van de verschillende bedrijfsprocessen. Zij leveren als producten:
- gerichte acties in de markt (marketing/voorlichting);
  - geformuleerde doelstellingen met bijbehorende normen (planning);
  - systeemontwerp, beheersing en -onderhoud (besturing);
  - beoordelingsrapporten en aanbevelingen voor verbeteringen (toetsing);
  - verslagleggingen (verantwoording).

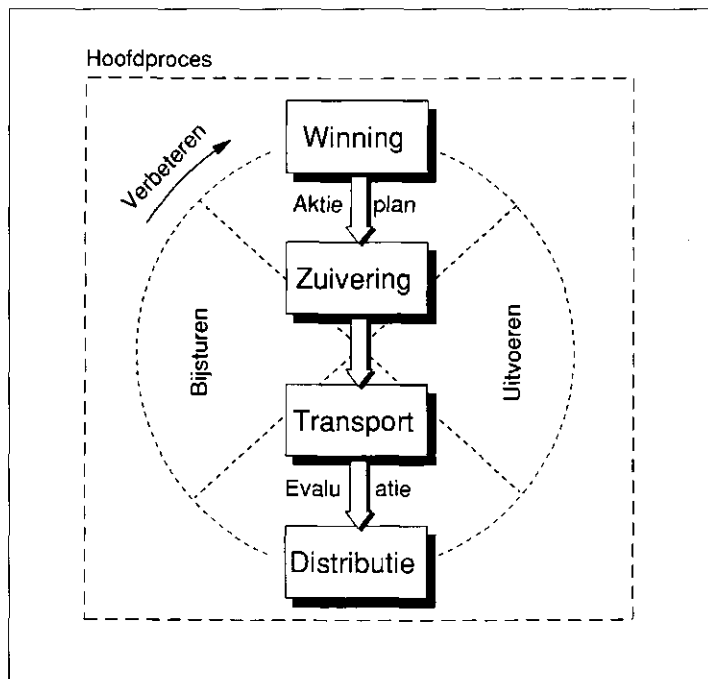
Bij dit alles moet men zich realiseren dat het de medewerkers zijn die ervoor zorgen dat een proces functioneert, blijft functioneren en, waar mogelijk, steeds wordt verbeterd. En het is ook goed daarbij te bedenken dat ook hier, zoals voor praktisch ieder proces, de zogenaamde Deming-cirkel\* van toepassing is. Er is sprake van een 'regelkring', waarbij alle fasen in het handelen in een gestructureerde vorm worden gegoten: maak een plan, voer het uit, controleer en koppel de resultaten terug. In afbeelding 3 is dit weergegeven voor het globale hoofdproces van de drinkwatervoorziening. In grote lijnen is vervolgens de ondersteuning voor zowel het hoofdproces drinkwatervoorziening als het eventuele hoofdproces natuurbeheer weergegeven in afbeelding 4.

In afbeelding 5 is een basismodel gegeven voor het waterleidingbedrijf gezien als één totaalsysteem.

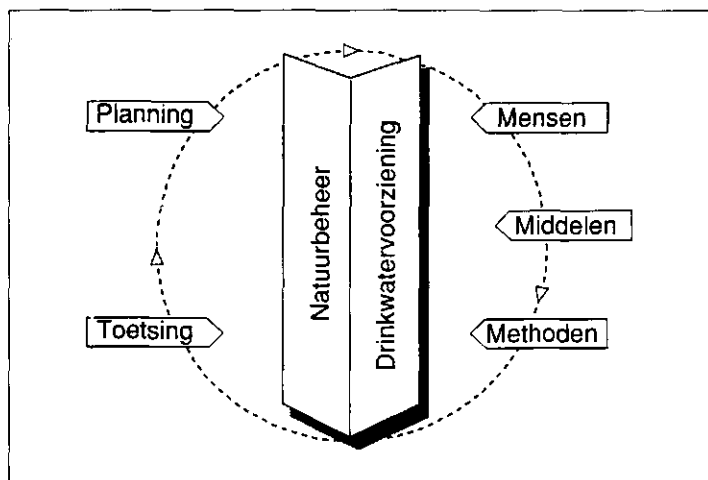
Om al die verschillende systemen en systeempjes te doen functioneren worden binnen het bedrijf een aantal organisatorische eenheden onderscheiden. De wijze waarop een willekeurig waterleidingbedrijf daar in de eigen situatie exact vorm aan geeft kan uiteraard nogal verschillen. In afbeelding 6 is een overzicht gegeven van de verschillende mogelijke organisatorische eenheden (afdelingen) die redelijkerwijs te verwachten zijn binnen een imaginair waterleidingbedrijf. Van al deze afdelingen wordt in het Handboek Kwaliteitszorg Waterleidingbedrijven een korte omschrijving van de taken en de producten gegeven.

Een afdeling levert als onderdeel van het geheel meerdere producten. Ten eerste als resultaat van de voor die afdeling afgesproken doelstellingen; daarmee moet de volgende schakel in de keten verder. Ten tweede producten in termen van beheers- en/of besturingsinformatie. En ten derde wordt door iedere afdeling

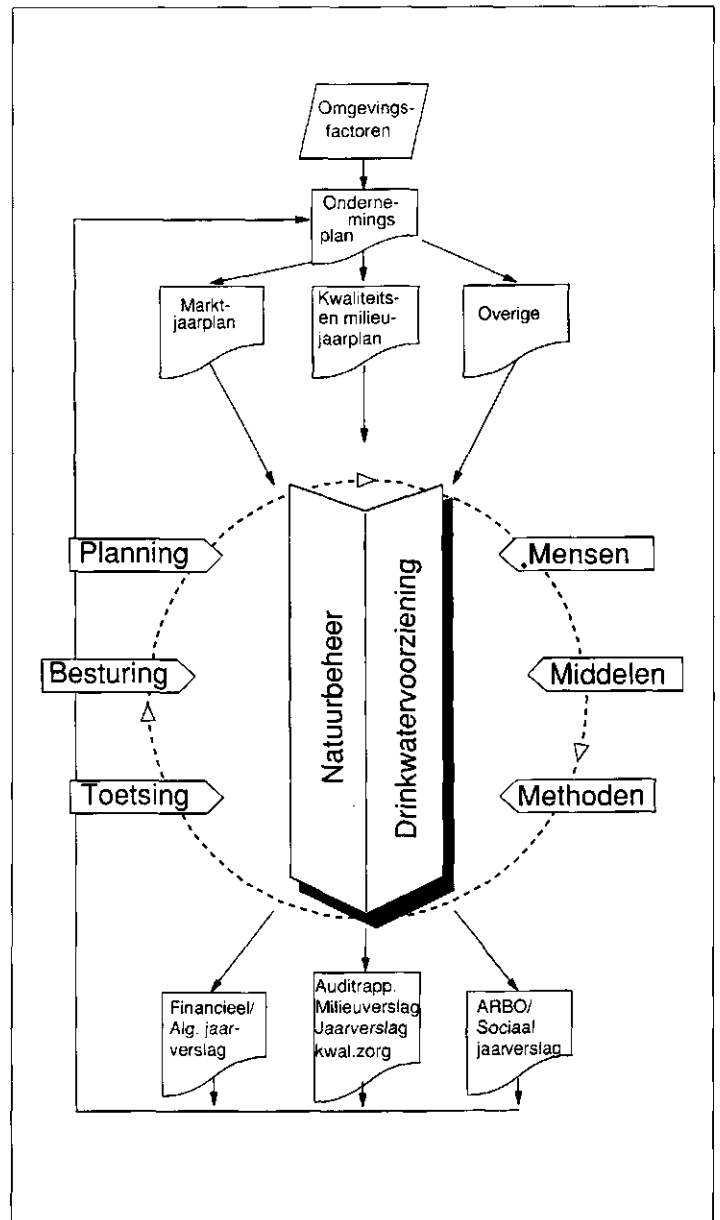
\* Genoemd naar W. Edwards Deming, Amerikaans kwaliteitsdeskundige.



Afb. 3 - De Deming-cirkel achter het hoofdproces drinkwatervoorziening.



Afb. 4 - Ondersteuning van de hoofdprocessen.



Afb. 5 - Het waterleidingbedrijf als systeem.

verslag gedaan van al haar activiteiten en wordt daarover verantwoording afgelegd.

**4. Indeling**

Om het geheel overzichtelijk, toegankelijk, beheersbaar en toetsbaar te houden worden bij het kwaliteitssysteem drie niveaus onderscheiden (zie afb. 7):

**I. Het managementniveau**

Op dit niveau wordt het algemene bedrijfsbeleid behandeld. De organisatorische structuur, de taken, verantwoordelijkheden en bevoegdheden komen aan bod, evenals de communicatiestructuur. Daarnaast wordt aangegeven op welke wijze het kwaliteitssysteem regelmatig wordt beoordeeld (geëvalueerd), verbeteringen worden aangebracht en hoe het systeem met al z'n elementen wordt beheerd.

**II. Het procedureniveau**

Op dit niveau worden de procedures beschreven die tezamen nodig zijn voor de hoofdprocessen van het waterleidingbedrijf én voor de ondersteunende processen. Procedures bestaan uit een systematisch gerangschikte reeks handelingen van het begin tot eind, geldend voor veelal meerdere personen tegelijk. Die handelingen zijn veelal weergegeven in de vorm van stroomschema's, zodat de samenhang zichtbaar is. Ze zijn verder afzonderlijk helder omschreven, terwijl de verantwoordelijkheden en bevoegdheden voor de verschillende activiteiten gedetailleerd zijn aangegeven.

**III. Het niveau van de werkinstructies**

Dit deel van het kwaliteitssysteem is in feite het onderliggende gedeelte van deel II, het niveau waar het 'echte' werk wordt

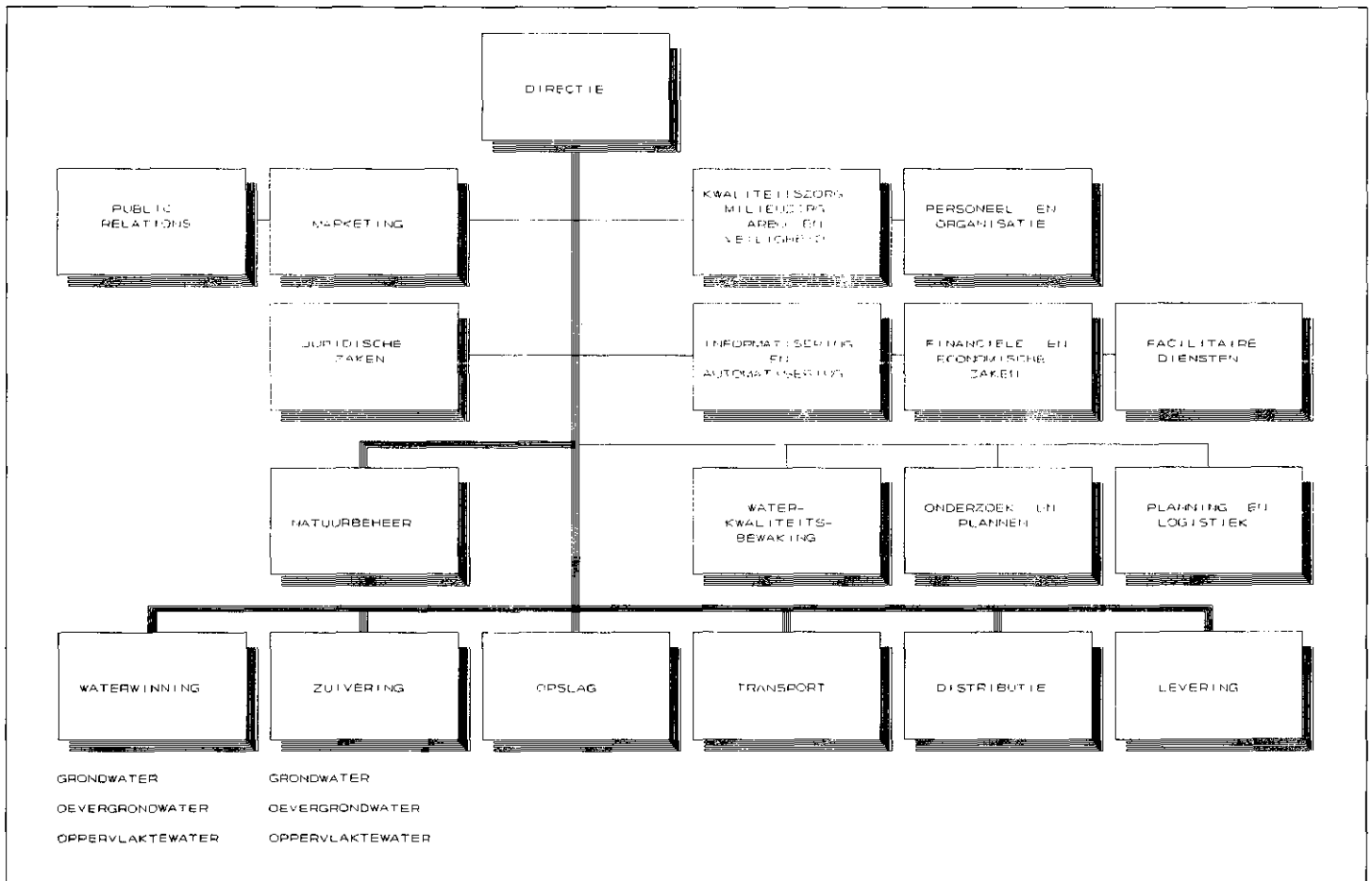
uitgevoerd. Waar binnen procedures sprake is van een reeks handelingen te verrichten door één medewerker afzonderlijk kan dit worden geregeld in een instructie. Daarmee is de bewuste actie eenduidig reproduceerbaar, meetbaar en toetsbaar geworden.

Een werkinstructie kent een standaardindeling, waarbij antwoord wordt gegeven op de volgende vragen:

- waarom is deze instructie nodig;
- voor wie geldt deze instructie (hier wordt de functienaam van de betrokken medewerker vermeld);
- wat is er bij de uitvoering nodig;
- wat moet er, stap voor stap, gebeuren?

Deze laatste vraag is eigenlijk de belangrijkste, daar gaat het in feite om.



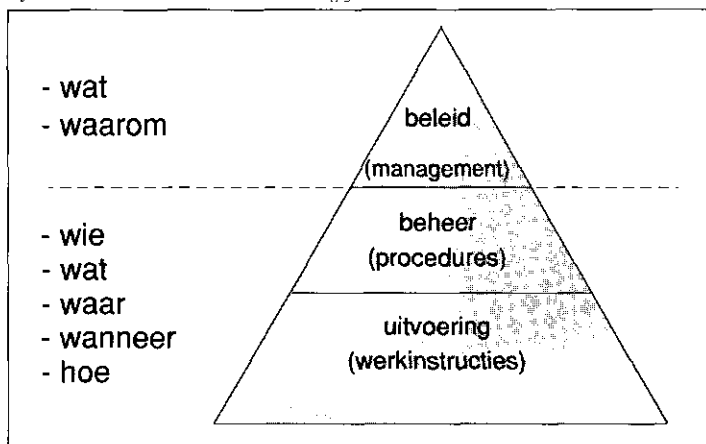


Afb. 6 - Een imaginair waterleidingbedrijf.

Die vraag kan nog in bepaalde aandachtspunten onderverdeeld worden, zoals: specifieke kwaliteitsaspecten, milieuaspecten en (persoonlijke) veiligheidsmaatregelen. Daarnaast mag uiteraard de administratieve afhandeling niet ontbreken.

Om de werkinstructie kort en bondig te houden wordt bovendien het gebruik van de gebiedende wijs enkelvoud aanbevolen.

Afb. 7 - De drie niveaus binnen het zorgsysteem.

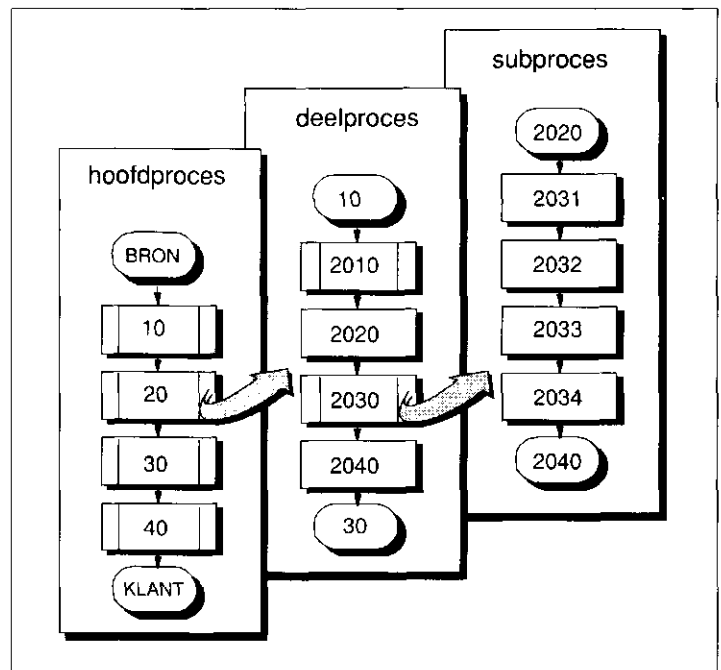


**5. Keuze van het startpunt**

Een veel gestelde vraag bij de inrichting van een zorgsysteem is: 'Waar moeten we beginnen?' Bij de pilotbedrijven DZH en TWM wordt de weg van het water

gevolgd, te beginnen bij respectievelijk de inname van rivierwater en de winning van grondwater. Maar men kan ook op een willekeurig ander punt van het hoofdproces starten. Bijvoorbeeld bij het proces

Afb. 8 - Opbouw en codering van het zorgsysteem op procedure-niveau.



met de grootste problemen, of juist bij een proces waar snel succes kan worden geboekt. Ook kan gekozen worden voor een proefproject om daarmee de nodige ervaring op te doen met de opzet en implementatie en, in een later stadium, aan de hand daarvan het zorgsysteem verder uit te bouwen.

Kortom het is en blijft de keuze van het individuele bedrijf, afhankelijk van de eigen situatie.

#### 6. Valkuilen

De voornaamste valkuilen bij het opzetten en inrichten van een zorgsysteem zijn:

1. Men gaat onvoldoende uit van de bestaande bedrijfsprocessen, maar probeert de ideale situatie te beschrijven. Er ontstaat dan een papieren systeem waarvan de realiteitszin gering is.
2. Men hanteert de opbouw van de gekozen kwaliteitsnorm als indeling van het kwaliteitshandboek. Dat is handig voor de externe beoordelaar die van tijd tot tijd wordt ingeschakeld, maar minder voor de eigen bedrijfsvoering en ook voor de eigen medewerkers die er dagelijks mee moeten werken.
3. Men betreft de eigen medewerkers onvoldoende bij de inrichting en uitwerking van het systeem. Deze voelen zich vervolgens minder betrokken bij het gebeuren en zullen (nog) eerder teruggrijpen naar oude routines.
4. In plaats van de onmiddellijke invoering in de organisatie van afgeronde onderdelen wacht men tot een systeem compleet kan worden ingevoerd. Dat duurt langer en 'ploft' min of meer van boven de organisatie in wat leidt tot overmatige verwarring en weerstand.
5. Men besteedt onvoldoende aandacht aan de interne communicatie. Dat is begrijpelijkerwijze al ongewenst tijdens de startfase, maar vooral ook tijdens de verdere uitvoering. Die uitvoering kan uiteraard niet overal tegelijk plaatsvinden, maar men is in de regel wel in de hele organisatie in de voortgang, ervaringen en eerste resultaten geïnteresseerd.

#### 7. Codering

Om de structuur gemakkelijk toegankelijk te houden voor de gebruikers van het zorgsysteem, moet in een vroeg stadium een codesystematiek worden ontwikkeld. Vaak kan worden aangesloten bij bestaande structuren van kostenplaatsen, zodat bij een latere vervolmaking met een systeem om de kwaliteitskosten in beeld te brengen een koppeling naar de financiële verantwoording gemakkelijk te maken is. Het codesysteem moet wel flexibel zijn, omdat het zorgsysteem dynamisch is en aan wijzigingen onder-

hevig. Het gebruik van een nummer-systeem is hierbij handig; men ontkomt echter in de praktijk, zeker als er sprake is van deel- en subprocessen, vaak niet aan een vier- en in de meeste gevallen zelfs niet aan een zes-cijferige code (zie afb. 8).

#### 8. Slotopmerkingen

In het Handboek Kwaliteitszorg Waterleidingbedrijven, dat naar verwachting eind 1993 verschijnt, wordt uitgebreider op (de achtergrond van) de structuur van het zorgsysteem ingegaan. Het eerstvolgende artikel in deze reeks gaat over de wijze waarop een bedrijfsproces systematisch in beeld gebracht kan worden. Dat is niet alleen nodig om de kwaliteitsaspecten aan te kunnen geven, maar ook de milieuzorg, ARBO- en veiligheidsaspecten kunnen daarmee eenvoudiger zichtbaar worden gemaakt.



#### Zuiveringslib

- Slot van pagina 300.

alsmede de specifieke situatie van een bepaalde installatie.

#### Literatuur

- BAA89 Baars, H. P. (1989). *Inventarisatie van stofstromen in het huidige systeem verwijdering afvalwater*. TNO/MT rapport R89/056.
- CBS84 CBS (1984). *Kwik in Nederland 1980*. CBS uitgave c4326.
- CBS90 CBS (1990). *Algemene Milieustatistiek 1989*.
- CBS91 CBS (1991). *Waterkwaliteitsbeheer, deel b: zuivering van afvalwater, 1989*.
- KIW90 KIWA mededeling 111 (1990). *Koperafgifte door drinkwaterleidingen*.
- KON92 De Koning, J. (1990). *TNO-IMET, privé-mededeling m.b.t. meetcampagne*.
- LUD90 Ludikhuize, D. (1990). *Mogelijke strategieën voor het traceren van industriële bronnen zware metalen op rioolzuiveringsinstallaties*. ICWS rapport 90.04.
- NWR89 NWRW rapport 7.2.1 *De kwaliteit van afstromend regenwater*. Praktijkonderzoek in Nederland.
- OPP91 Oppen, P. W. van (1991). *Haalbaarheids-onderzoek terugdringing lozing koper en zink uit woningen*. Bouwcentrum Advies rapport 15581, juli 1991.
- SEI89 Sein, A. A. et al. (1989). *Onderzoek emissies afvalverbrandingsinstallaties*. RIVM rapport 738473006, juni 1989.
- SEN92 Senhorst, H. A. J. (1992). *Statistische analyse van gehalte zware metalen in zuiveringslib*. RIZA notitie, oktober 1992.
- SLO90 Sloof, W. et al. (1990). *Basisdocument Arseen*. RIVM rapport, januari 1990.
- STO85 STORA rapport (1985). *Het inwoner-equivalent getoetst*.
- WAA82 Waal Malefijt, A. J. de (1982). *Cadmium, chroom, koper, lood, nikkel en zink in huishoudelijk afvalwater en in af te voeren neerslag*. H<sub>2</sub>O 14, 335, 1982.



## Call for papers

### IWSA-workshop

De IWSA Standing Committee on Instrumentation, Control and Automation organiseert een workshop 'Communication systems in water utilities'.

De workshop vindt plaats op 5 en 6 mei 1994 in Madrid.

Elk waterleidingbedrijf moet haar informatie op een snelle en betrouwbare manier kunnen beheren. Tijdens de workshop wordt aandacht besteed aan de ontwikkelingen van de laatste tien jaar op het gebied van computers en communicatiesystemen.

Het programma bevat onder meer de volgende onderwerpen:

- communication systems, necessities in water utilities;
- legal constraints; public, private and mixed networks;
- theoretical and technical solutions; design, installation, supervision, maintenance;
- specific applications, case studies.

De workshop wordt gehouden in het Engels en Spaans.

Geïnteresseerden worden uitgenodigd een samenvatting (niet meer dan 500 woorden) voor een paper vóór 15 augustus 1993 in te sturen, geschreven in Engels of Spaans.

Nadere inlichtingen: J. I. Zubizarreta, Canal de Isabel II, Santa Engracia, 125, 28003 Madrid, Spain, telefoon 09-34 1 4451000.

### Derde Stockholm Water Symposium

Het derde Stockholm Water Symposium wordt gehouden van 10 t/m 14 augustus 1993 in het City Conference Centre in Stockholm. Hoofdt thema van het symposium is 'Integrated measures to overcome barriers to minimizing harmful fluxes from land to water'. Aan de volgende onderwerpen wordt aandacht besteed: the lack of economic arguments for minimizing harmful pollutant fluxes, barriers related to inadequate financing and barriers related to ineffective communication between scientists and decision makers.

Nadere inlichtingen: Stockholm Convention Bureau Stockholm Water Symposium, Box 6911, S-10239 Stockholm, Sweden, telefoon 09-46 8 736 15 00.