

TNO-publikatie

STEPS: een systematische aanpak voor integraal watermanagement

Referentienummer	R95-337
Dossiernummer	112310-23651
CB-nummer	CB-337
Datum	oktober 1995

Auteurs
J.W. Assink
A. Weenk

Bestemd voor
Publikatie artikel H₂O

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotokopie, microfilm
of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd
uitgebracht, wordt voor de rechten en
verplichtingen van opdrachtgever en
opdrachtnemer verwezen naar de
'Algemene Voorwaarden voor onderzoeks-
opdrachten aan TNO', dan wel de
betreffende terzake tussen partijen
gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport
aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© TNO

STEPS: een systematische aanpak voor integraal watermanagement

Ir. J.W. Assink¹⁾ en A. Weenk
TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie,
Postbus 342, 7300 AH APELDOORN

1 Inleiding

Water kent zeer vele toepassingen in productieprocessen. Van oudsher is het een goedkoop en praktisch medium gebleken om onder meer verontreinigingen weg te spoelen of uit te spoelen, warmte over te dragen, transport van goederen te realiseren en om reacties in uit te voeren. Door zijn lage prijsstelling heeft water tot voor kort een lage prioriteit gekregen bij de optimalisatie van productieprocessen. Stringentere eisen met betrekking tot de kwaliteit van te gebruiken proceswaterstromen, te lozen water en de toenemende kosten voor de inname en de lozing van water hebben echter recentelijk geleid tot een toenemende interesse voor optimalisatie van proceswatersystemen.

In dit artikel zal worden ingegaan op gesignaleerde knelpunten en behoeften in het bedrijfsleven en de mogelijkheden een systematische benadering te hanteren voor optimalisatie van proceswatersystemen en de inbedding van deze systematiek in de bedrijfsstructuur. Tevens zullen enkele voorbeelden van hulpmiddelen ten behoeve van de implementatie van industrieel waterbeheer worden gegeven.

Overigens wordt er van uitgegaan dat de potentiële maatregelen ingrijpen op **bestaande** productieprocessen. De potentie en het belang van preventieve maatregelen, bijvoorbeeld door watervrije processen te introduceren, wordt door de auteurs nadrukkelijk onderschreven. Dit soort maatregelen zullen in de praktijk slechts dan reëel zijn wanneer nieuwbouw of vervangingsinvesteringen aan de orde zijn. Preventieve maatregelen krijgen om deze reden in dit artikel beperkte aandacht.

2 Behoeften industrie

TNO heeft een aantal bedrijven uit de sector chemie geïnterviewd om hun behoeften inzake industrieel waterbeheer te inventariseren.

Uit de interviews zijn diverse knelpunten naar voren gekomen, die voor de betrokkenen aanleiding zijn nader aandacht te besteden aan het watergebruik in één of meerdere onderdelen van het bedrijf. Ze zijn hieronder in willekeurige volgorde weergegeven.

1. limitering in de vergunning voor grondwateronttrekking;
2. energiegebruik en -verlies in relatie tot water (pompen, koeling);
3. heffingen op grondwater (provincie);

¹⁾ Telefoonnummer: 055 - 549 39 05

STEPS: een systematische aanpak voor integraal watermanagement

4. lozingsheffing (waterschap);
5. slibafvoer uit de waterbehandeling of awzi;
6. personeelslasten met betrekking tot watervoorziening of -zuivering;
7. te lozen zoutvracht en -concentraties;
8. temperatuur van proceswater of afvalwater;
9. grondstofverlies met afvalwater;
10. kwaliteitscontrole van waterstromen;
11. de uitgebreide, technische voorbehandeling;
12. de werking/beheersing van de awzi.

De oorzaak van een belangrijk deel van deze knelpunten ligt buiten de directe invloedssfeer van het bedrijf, en zijn vaak gerelateerd aan zichtbare kosten.

De tijdens de interviews gepeilde behoeften beperken zich in eerste instantie tot 8 velden (in willekeurige volgorde):

1. *De omschakeling van grondwater op oppervlaktewater*, met zijn consequenties ten aanzien van behandeling, kosten en milieu-effecten in het algemeen. De projectaanpak om tot een systeemkeuze te komen is veelal gelijk. De diverse afwegingen bij de systeemkeuze zoals de netto kostenbesparing en milieu-effecten worden vaak willekeurig subjectief bepaald. Er is behoefte aan een systematische aanpak en objectieve keuzemethodiek die zowel bedrijfsintern als extern wordt aanvaard.
2. De (on)mogelijkheden van recirculatie en koeling vergen een nauwgezet meetprogramma en modellering. *Een modelmatige benadering van water- en energiestromen* zou bijdragen aan de besluitvaardigheid.
3. *De bepaling en beheersing van waterkwaliteit in retourstromen* is essentieel in verband met de mogelijke gevolgen voor de produktkwaliteit en procesbeheersing.
4. Idem als 3, met name gericht op de mogelijke ophoping van zout in processtromen.
5. Reductie van *grondstofverlies*, bijvoorbeeld van waardevolle metalen. Dit kan aanleiding zijn tot introductie van retourstromen en daaraan gekoppelde, nieuwe technologie.
6. De mogelijkheden *gezuiverd grondwater* uit bodemsanering opnieuw in te zetten in het productieproces (of eventueel infiltratie).
7. De mogelijkheden om het *effluent van een awzi* opnieuw in te zetten in het productieproces (of eventueel infiltratie).
8. De technisch manager/plant manager dient een sterker *kostenbewustzijn* te ontwikkelen ten aanzien van de (indirecte) produktiefactoren, waaronder water.

Een deel van de gesignaleerde knelpunten en behoeften zal door TNO in haar onderzoekprogrammering worden opgenomen teneinde geschikte hulpmiddelen en innovatieve methoden/technieken te ontwikkelen. Dit omvat onder meer de velden 2, 4, 5 en 7.

3 Integraal industrieel waterbeheer

Ondernemingen kennen in het algemeen twee hoofddoelen: continuïteit en winst. Industrieel waterbeheer zal dus in de optiek van bedrijven hieraan ondergeschikt zijn. Hierdoor is het beter te spreken over optimalisatie van proces- en koelwatersystemen dan van minimalisatie van het watergebruik en de gerelateerde milieu-emissies. Dit laatste levert een te beperkt en een weinig praktisch beeld op van de mogelijke maatregelen.

Integraal waterbeheer is als een onderdeel van het (integrale) beheer bij een bedrijf te beschouwen. De activiteiten die onder dit beheer vallen zijn weergegeven in figuur 1.

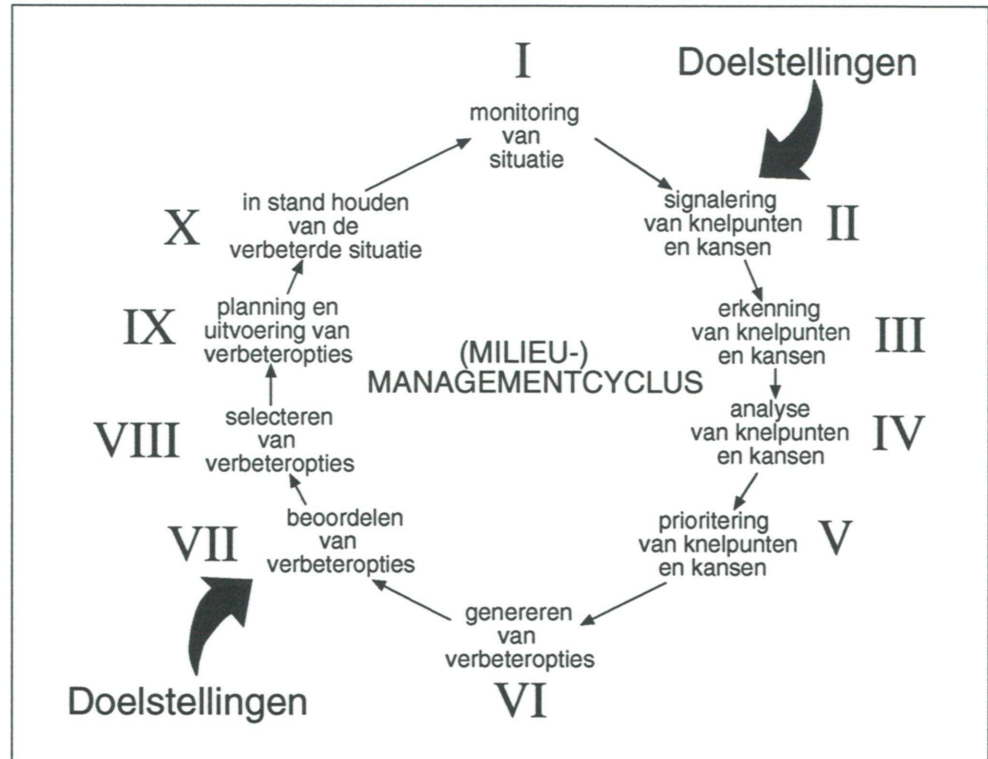
Beheer gaat verder dan het ad hoc oplossen van knelpunten: ook monitoring (ten behoeve van knelpuntsignalering en ten behoeve van het bewaken van een verbeterde situatie) en het in stand houden van een verbeterde situatie vallen onder beheer. Op het gebied van produkt-kwaliteit, arbeidsomstandigheden, veiligheid en milieu is beheer al vaak systematisch geconcretiseerd in gelijknamige zorgsystemen.

Industrieel waterbeheer dient in operationele zin nauw aan te sluiten op bestaande zorgsystemen in een bedrijf. Om efficiency-redenen streeft een bedrijf immers naar eenduidige audits (doorlichtingen) en wellicht uiteindelijk naar één zorgsysteem dat milieu, arbo, veiligheid en kwaliteit omvat. Voor bedrijven met een beperkt watergebruik zal het 'industriële waterbeheer' in het algemeen het eenvoudigst in een bestaand zorgsysteem kunnen worden ondergebracht. Voor bedrijven met een groot watergebruik is daarentegen een separaat, taakstellend plan binnen bijvoorbeeld een milieuzorgsysteem realistisch.

Voor zover er een actief milieuzorgbeleid is, zal het bedrijf in de eerste plaats alle emissies en reststoffen per business-unit (en zo mogelijk ook per produkt) registreren. Bij knelpunten inzake proces- of koelwatersystemen, bijvoorbeeld ten aanzien van de dreigende overschrijding van lozingseisen, zal in de gebruikelijke situatie de aandacht zich richten op het zo doelmatig mogelijk wegnemen van deze knelpunten. In de praktijk wordt 'doelmatig' vaak aan snel en (op korte termijn) goedkoop gekoppeld.

De te nemen acties zullen in het algemeen binnen de grenzen van een business-unit (of produkt) plaatsvinden. Een optimaal watersysteem vanuit een business-unit optiek hoeft echter niet optimaal te zijn vanuit een bedrijfsoptiek.

Een voorbeeld van watermanagement vanuit een bedrijfsoptiek vindt plaats bij de ESSO Raffinaderij, die momenteel het watergebruik op het gehele Botlekse terrein optimaliseert met hulp van de water-PINCH methode (zie paragraaf 6).

STEPS: een systematische aanpak voor integraal watermanagement

Figuur 1 De managementcyclus in tien fasen

Normaliter zijn er twee soorten motieven om aan verbetering van een situatie te denken: er zijn concrete **knelpunten** (problem-driven) of men ziet **kansen** voor verbeteringen en wil daar zicht op krijgen (opportunity-driven). In het eerste geval zijn de activiteiten I tot en met III in figuur 1 reeds doorlopen en kan gestart worden met de analyse. Een voorbeeld hiervan is een verscherping van de lozingsvergunning van het bedrijf. In het tweede geval is een bredere inventarisatie nodig om zowel 'knelpunten' als 'kansen' te kunnen signaleren (zie schema 1).

STEPS: een systematische aanpak voor integraal watermanagement

Schema 1 Overzicht van mogelijke kansen en knelpunten

Mogelijke knelpunten:

- niet voldoen aan bestaande vergunningen, normen, richtlijnen
- niet voldoen aan toekomstige vergunningen, normen en richtlijnen
- niet voldoen aan convenant
- slecht imago
- druk vanuit omgevingsfactoren, zoals consumenten(organisaties), milieugroeperingen, overheden
- concurrentiepositie
- bedrijfseconomische knelpunten:
 - * kosten van grondstoffen, hulpstoffen, water en/of energie
 - * lozingsheffingen
 - * afvalverwerkingskosten
 - * personeelskosten met betrekking tot milieugerelateerde activiteiten
- bedrijfszekerheid//beheersing van milieugerelateerde activiteiten/processen
- invloed van milieugerelateerde activiteiten op produktkwaliteit
- invloed van milieugerelateerde activiteiten op bedrijfszekerheid

Mogelijke kansen:

- kostenbesparingen
- imagoverbetering, PR-waarde ('duurzaam ondernemen')
- betere relatie en onderhandelingspositie ten opzichte van overheden en milieugroeperingen
- stevige concurrentiepositie op korte en lange termijn
- anticiperen op trends
- verminderen aansprakelijkheidsrisico's

4 Implementatie van industrieel waterbeheer

TNO heeft een generiek stappenplan ontwikkeld, getiteld STEPS [4], ten behoeve van de signalering en beoordeling van knelpunten en kansen en het genereren en beoordelen van potentiële oplossingen voor die knelpunten. Dit stappenplan is op eenvoudige wijze verbijzonderd voor het gebruik in industrieel watermanagement.

Hieronder is de grote lijn van het stappenplan kort omschreven. Vervolgens zijn in paragraaf 5 de benodigde expertise en mogelijke hulpmiddelen voor twee stappen beschreven, te weten het genereren van verbeteropties en het beoordelen van verbeteropties.

STEPS

In grote lijnen bestaat het stappenplan van STEPS uit:

- een domeinafbakening;
- de formulering van doelstellingen, randvoorwaarden, normen, eisen, wensen;

STEPS: een systematische aanpak voor integraal watermanagement

- een beschrijving van de huidige situatie (algemeen);
- een beoordeling van de huidige situatie met betrekking tot water (zonodig prioritering van knelpunten en kansen);
- de analyse van de relevante knelpunten en kansen, i.e. nadere inventarisatie en visualisatie van watergebruikers en emissiebronnen;
- het genereren van verbeteropties;
- het beoordelen van verbeteropties.

Deze activiteiten komen nagenoeg overeen met de activiteiten I tot en met VII uit de managementcyclus en worden na uitvoering gevolgd door de overige activiteiten in die cyclus: selectie, planning en uitvoering van verbeteropties en het in stand houden van de verbeterde situatie. Monitoring vormt de cyclus-sluitende activiteit: het dient ter bewaking van een verbeterde situatie en ter signalering van nieuwe knelpunten en kansen.

5 Uitwerking van twee stappen uit de STEPS methodiek

5.1 Genereren van verbeteropties (activiteit VI)

De basis voor het genereren van verbeteropties wordt gevormd door de gegevens uit de inventarisatiestap (processchema's, stroomdiagrammen etc.) en de geformuleerde doelstellingen, eisen en wensen. Met behulp hiervan en met gebruik van creativiteit, gezond verstand, ervaringsfeiten en specifieke expertise kan gewerkt worden aan een lijst met rijpe en groene verbeteropties.

In de praktijk blijkt het om meerdere redenen aantrekkelijk om externe deskundigen en betrokkenen uit het bedrijf gezamenlijk ideeën te laten genereren. Vanuit het bedrijf kunnen als gevolg van de nauwe betrokkenheid met het productieproces zeer praktische ideeën en gegevens worden aangedragen, terwijl tevens door de vroegtijdige betrokkenheid een grondslag wordt gelegd voor toekomstige draagvlak voor en implementatie van geselecteerde maatregelen. Externe deskundigen kunnen inhoudelijke kennis en ervaring inbrengen en ook als onpartijdige facilitator het generatieproces in de juiste banen leiden.

Naast deze menselijke expertise zijn diverse hulpmiddelen ('tools') te gebruiken:

- creativiteitsbevorderende technieken en omstandigheden;
- checklists met allerlei praktische, organisatorische en technische maatregelen;
- literatuur, bijvoorbeeld de Monografieën Informatiesysteem Technieken en PRISMA-gegevens;
- specifieke software.

Belangrijk in deze fase is, dat ideeën over verbeteropties vrij bedacht en uitgesproken kunnen worden. De beoordeling komt namelijk in de volgende stap (VII, paragraaf 5.3).

5.2 Verbeteropties

Het watergebruik in een bedrijf en de daardoor ontstane emissies en reststoffen kunnen langs diverse wegen worden verminderd. De volgende principiële mogelijkheden worden onderscheiden:

Oplossingsrichting	Voorbeelden
- Procesaanpassingen	bijvoorbeeld warmtepompen, in tegenstroom spoelen, andere additieven waardoor water langer in circulatie kan worden gehouden
- Betere procesbeheersing	bijvoorbeeld op kwaliteit geregelde spui uit processen en koeltorens; procesoptimalisatie
- Good-housekeeping	bijvoorbeeld training van personeel, waterstops op slangen, vermijden van uitloging door droge opslag; gescheiden houden van stromen
- Cascadegebruik water	bijvoorbeeld direct hergebruik van spoelwater als transportmedium
- Recirculatie deelstromen	bijvoorbeeld door ultrafiltratie is (warm) water uit een wasserij in het zelfde proces opnieuw bruikbaar
- Hergebruik na zuivering	bijvoorbeeld laagwaardig hergebruik van water in koeling of bij reinigingswerkzaamheden

Ten aanzien van **technologische ontwikkelingen** kan worden opgemerkt dat apparatenbouwers in recente jaren diverse methoden en apparaten hebben ontwikkeld voor hergebruik van water en -meer in het bijzonder- de daarin aanwezige stoffen. Het betreft vooral verschillende uitvoeringsvormen van membraantechnologie, toegepast in verschillende marktsectoren, zoals galvanische bedrijven, industriële wasserijen en de levensmiddelenindustrie (zetmeel, zout/eiwitscheiding).

Ook andere technieken lenen zich voor hergebruik van water of opgeloste stoffen. In onderstaand schema zijn hiervan voorbeelden gegeven. Het schema is zeker niet uitputtend en houdt geen rekening met de economische en technische realiseerbaarheid.

*STEPS: een systematische aanpak voor integraal watermanagement**Schema 2 Enkele technieken ten behoeve van hergebruik van water of daarin aanwezige stoffen*

Techniek	Winning van	Praktijkvoorbeelden
Aërobe zuivering	(deels) gezuiverd water	irrigatie (buitenland); koeling na polishing
Omgekeerde osmose	water	industriële wasserijen
Ionenwisseling	anorganische stoffen	opwerken verdund zwavelzuur
	demiwater	condensaatopwerking
	waardevolle metalen	galvano, fotografische baden
Indampen	water (ook residu)	zoutwinning
Strippen	water (ook VOC's)	} slechts in combinatie met andere of ten behoeve van eindzuivering
Kooladsorptie	water	
Centrifuges	water	
	colloïdaal materiaal	zetmeel/eiwitten
Ultrafiltratie	zie centrifuges	industriële wasserijen
Zeven	gesuspendeerd materiaal	papier- en karton
Nanofiltraties	zouten, zuren, basen	etsbaden
	water	fijn chemicaliën industrie
Elektrodialyse	zie nanofiltratie	zie nanofiltratie
Flotatie	gesuspendeerd materiaal	bodemreiniging

In grote lijnen kan men concluderen dat deze technieken ook voor de bereiding van proces- en koelwater of in afvalwaterzuiveringsinstallaties worden ingezet.

Een mogelijk verschil tussen afvalwaterzuivering en (deelstroom)zuivering ten behoeve van hoogwaardig hergebruik is dat in het laatste geval in principe voor alle denkbare verontreinigingen kwaliteitseisen moeten worden geformuleerd en dat tevens te allen tijde de kwaliteit van het water moet zijn gewaarborgd ten behoeve van de bedrijfszekerheid en produktkwaliteit. Om deze reden zal hergebruik van relatief constante en zuivere stromen kansrijker zijn dan van stromen die in debiet en samenstelling sterk kunnen variëren. Voorbeelden van relatief constante en zuivere stromen zijn:

- effluent van AWZI-installaties;
- koelwater (met name bij doorstroomkoeling);
- gezuiverd grondwater, met name als gevolg van bodemsaneringsoperaties.

Tevens zijn voor hergebruik die deelstromen interessant die qua samenstelling een zeer beperkt aantal (relevante) verontreinigingen hebben. Deze stoffen kunnen veelal met een eenvoudige techniek uit de deelstroom worden verwijderd.

5.3 Beoordelen van verbeteropties (activiteit VII)

Stappen om tot een beoordeling van verbeteropties te komen, zijn:

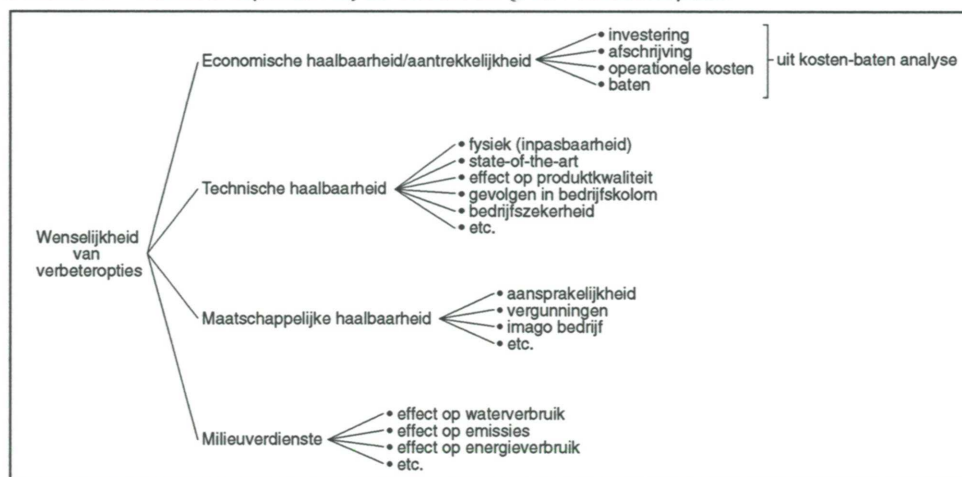
- maak een grove voorselectie van de verbeteropties op basis van realiseerbaarheid;
- bepaal de hoofd- en neveneffecten van de verbeteropties;
- bepaal de financieel-economische haalbaarheid van verbeteropties;
- bepaal de technische haalbaarheid van de verbeteropties;
- bepaal de maatschappelijke haalbaarheid van verbeteropties;
- bepaal de milieuverdienste van de verbeteropties (onder andere vermindering van de waterinname en vermindering van de overall emissies);
- bepaal de wenselijkheid van verbeteropties.

In deze laatste stap worden de verschillende aspecten bij elkaar gebracht:

- de milieuverdienste;
- de technische haalbaarheid van de verbeteropties;
- de financieel-economische haalbaarheid van verbeteropties;
- de maatschappelijke haalbaarheid van verbeteropties.

Dit moet leiden tot een integrale overall-beoordeling van verbeteropties, zijnde de wenselijkheid, op basis waarvan een selectie gemaakt kan worden (activiteit VIII in de cyclus).

Schema 3 Aandachtspunten bij de beoordeling van verbeteropties



6 Status van industrieel waterbeheer en beschikbare hulpmiddelen

Om de verschillende stappen in integraal industrieel waterbeheer op een eenvoudige en efficiënte manier te doen verlopen, is het nodig over voldoende praktische hulpmiddelen te beschikken. Deze hulpmiddelen zijn voor een deel processpecifiek, maar meestal juist van generiek belang.

Hulpmiddelen voor de analyse van bedrijfsprocessen (activiteit IV) en de gevolgen van ingrepen/verbeteropties voor die processen (ten behoeve van activiteit VI) zijn bijvoorbeeld ASPEN (flowsheeting) en EPIC. Naast de fysische modellering spelen bij deze activiteiten de zogenaamde expert opinions een grote rol. De kennis en ervaringen van deskundigen is daarbij voor een deel vastgelegd in handzame checklists.

Beoordelingen en prioriteringen kunnen ondersteund worden met technieken als multi-criteria analyse en beslistabellen. Van groot belang daarbij is de kwaliteit van de beslis- of beoordelingsfactoren (criteria).

In het recente verleden is bij enkele adviesbureaus en onderzoekinstellingen een aantal initiatieven ontplooid die een directe relatie hebben tot industrieel waterbeheer. Het betreft vooral computerondersteunde hulpmiddelen voor het minimaliseren van het watergebruik en het selecteren van (de meest) geschikte technieken voor behandeling van verontreinigd water. Voorbeelden hiervan zijn:

- Water-PINCH; een methode voor minimalisatie van het proceswatergebruik in een bedrijf met meerdere watergebruikers; de methode komt ten dele overeen met de gebruikelijk energie-PINCH voor ‘enthalpiestromen’. Essentieel voor de water-PINCH is het bekend zijn met of het vinden van de component die limiterend is voor de minimalisatie van het watergebruik.
- PROPER; een in ontwikkeling verkerend pakket, waarmee voor een gegeven waterstroom en waterkwaliteit de beste (combinaties van) zuiveringstechniek(en) wordt (worden) geselecteerd op technische en economische gronden. Optimalisatie van een netwerk van waterstromen is momenteel nog niet mogelijk.
- Kostenmodellen van diverse fysisch-chemische behandelingstechnieken voor afvalwater. De gebruiker dient vooraf een idee te hebben over de uitvoeringsvorm van de zuiveringsinstallatie.

De genoemde hulpmiddelen belichten telkens één aspect van mogelijke ‘verbeteropties’. Van een alles omvattende **optimalisatie** van een industrieel watersysteem met deze hulpmiddelen is echter nog geen sprake.

Belangrijk is dat men bij de genoemde hulpmiddelen voldoende informatie heeft over de samenstelling van waterstromen en de hierin optredende variaties. Bovendien dient te worden opgemerkt dat voor (her)gebruik van water in processen meestal niet bekend is aan welke kwaliteitseisen het water precies moet voldoen. De praktische bruikbaarheid van methoden als water-PINCH en PROPER kan hierdoor worden belemmerd.

De meeste hulpmiddelen zullen met specifieke kennis uit het bedrijf moeten worden ondersteund. Dit vereist een actieve participatie van het bedrijf (en wel dwars door allerlei afdelingen heen) in vrijwel alle stappen van de managementcyclus voor industrieel waterbeheer. Naast een hoge inhoudelijke kwaliteit wordt hiermee ook draagvlak en betrokkenheid gecreëerd.

Uit een inventarisatie van TNO blijkt dat er vooral ten aanzien van (ervarings)feiten, de feitelijke inventarisaties en het beoordelen van verbeteropties nog veel 'leemtes' in kennis zijn. Mede als gevolg hiervan hanteert men in bedrijven tot nu toe zelden een integrale benadering van de proces- en koelwatersystemen. De belangrijkste prikkels om een gerichte actie te ondernemen ontstaan vanuit de **noodzaak** maatregelen te treffen (bijvoorbeeld als gevolg van nieuwe vergunningen) of vanuit de constatering dat de kosten voor het watersysteem een steeds groter beslag leggen op de produktiekosten. In plaats van een pro-actief beleid is er sprake van een reactief beleid. Omdat er in deze situaties relatief weinig tijd is voor maatregelen en men in het bedrijf niet altijd zicht heeft op een doelmatige (of integrale) aanpak, bestaat de kans dat men kiest voor maatregelen die niet optimaal te noemen zijn. Met STEPS en de daarbij horende hulpmiddelen zal het mogelijk zijn ook in zulke situaties snel en effectief optimale oplossingen te kunnen bieden.

7 Conclusies

Er blijkt bij bedrijven om verschillende beweegredenen een toenemende interesse te zijn voor integraal industrieel waterbeheer.

Integraal industrieel waterbeheer kan worden weergegeven in de vorm van managementcyclus in tien stappen.

Om praktische redenen verdient het de voorkeur integraal industrieel watermanagement in te bedden in bestaande milieuzorgsystemen. In grote en complexe proceswatersystemen kan voor integraal industrieel watermanagement een separate taakstelling worden geformuleerd.

STEPS is een systematische aanpak ten behoeve van milieugerelateerde beslissingen waarin verschillende visies, methoden en technieken tot één aanpak zijn geïntegreerd.

Door knelpunten en kansen ten aanzien van waterverbruik en waterremissies te bekijken vanuit de bedrijfsoptiek of zelfs vanuit een bedrijfsketenoptiek, wordt de kans op optimale verbeteropties sterk vergroot. STEPS biedt hiertoe een doelmatige benadering, waarbij optimaal gebruik wordt gemaakt van bestaande kennis en informatie, zowel van het bedrijf zelf als van buiten.

8 Literatuurverwijzingen

- [1] N.N.; Waterbeleid kost bedrijven in 1998 half miljard extra; Milieunieuws voor bedrijven (VNO-NCW), maart 1995 (nr 3), p 1-2
- [2] J. Quakernaat; Het milieuverdiensteconcept als corporate instrument voor bedrijven, algemeen overzicht; TNO/IMET/MiT, mei 1993
- [3] B. te Raa; hoe minder hoe beter; Milieumarkt, september 1994, p 22-24
- [4] A. Weenk, G.J. Annokkée, H.J. van Veen; Een gestructureerde benadering voor het prioriteren van milieumaatregelen, TNO-rapport 93-296, augustus 1993
- [5] R. Smith, E. Petela, Y. Wang; Water, water everywhere (part 1); The chemical engineer; 12 May 1994, p 21-24
- [6] R. Hamilton, D. Dowson; Water pinch cleans up (part 2); The chemical engineer; 26 May 1994, p 42-44
- [7] Avondlezing 'Waterbesparing' van KIVI afd. Milieutechniek d.d. 17 januari 1995; met bijdragen van K. van der Geer (Krachtwerktuigen) en A. Reigersman (Rossmark Waterbehandeling)
- [8] B. van Bergen; Waterbesparing, de ontwikkeling en toepassing van een koelwaterbesparingsmodel; Energieconsulent nr 6, 1994, p 8-12
- [9] M.E. Goldblatt; How to justify water conservation projects; Hydrocarbon Processing; december 1993, p 65-70
- [10] J. Burger, K.J. van der Geer; Waterbesparing in de industrie, veel koeling met weinig water (deel 3); PolyTechnisch tijdschrift, maart 1994, nr 3, p 74-77
- [11] J.W. Assink, H. van Deventer; Verkenning van mogelijkheden tot innovatie van koelwatersystemen, ter vermindering van milieu-effecten; TNO-rapport 93-166 (mei 1993)
- [12] J. Joziase, A.C.F. Wiering; Monografieën informatiesysteem technieken, Compartment Water; RIVM-rapport nr 736101008 (juli 1990)
- [13] N.N. Industrial water...towards reuse of effluent water; Technical Symposium Degremont, 1994

STEPS: een systematische aanpak voor integraal watermanagement

- [14] W.J. Weber, E.H. Smith; Removing dissolved organic contaminants from water; Environ.Sci.Technol. 20, 10, 970-979 (1986)
- [15] D. Huisingh, L.W. Bass; Cleaner production: the most effective approach to achieving improved water quality; European Water Pollution Control, 1, 1, 24-30 (1991)

STEPS: een systematische aanpak voor integraal watermanagement

9 Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever
Publikatie artikel H₂O

Namen en functies van de medewerkers
J.W. Assink
A. Weenk

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad

Ondertekening



Onderzoekleider

Datum: 31/10/95

Goedgekeurd door



Afdelingshoofd

Datum: 1/11/95