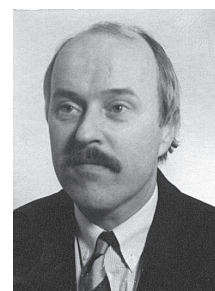


AFVALWATER IN (INTER)NATIONAAL PERSPECTIEF



prof. ir. J.H.J.M. van der Graaf
Technische Universiteit Delft

1. Inleiding

Nu de 20^e eeuw echt afgelopen en de 21^e eeuw dus begonnen is, lijkt het een geschikt moment om eens nader te bekijken hoe we er in Nederland op afvalwatergebied voorstaan. Hierbij beperken we ons tot de behandeling van afvalwater; andere aspecten van de (afval)waterketen komen in de andere bijdragen aan deze 20^e Vakantiecursus in Riolering en Afvalwaterbehandeling zeker aan de orde. Dit alles past - samen met de 53^e Vakantiecursus in Drinkwatervoorziening - binnen het allesomvattende thema 'Internationale ontwikkelingen in de waterketen'.

Deze bijdrage beperkt zich met name tot de techniek en de technologie van de afvalwaterbehandeling. Vraagstukken als exportkansen voor de waterindustrie of financieringsaspecten of beheerszaken komen slechts zijdelings aan de orde. Met name wordt hier ingegaan op de positie qua kennis en realisatie, die Nederland op afvalwatergebied inneemt mede ten opzichte van andere landen.

2. Stand van Zaken

De invoering van de WVO (Wet Verontreiniging Oppervlaktewateren) in 1970 heeft ertoe geleid dat de behandeling van afvalwater energiek ter hand is genomen. Dit heeft geresulteerd in de bouw van een groot aantal rioolwaterzuiveringsinrichtingen met bijbehorende aanvoersystemen. De behandelingstechnieken richtten zich in eerste instantie op de verwijdering van bezinkbare bestanddelen (mechanische zuivering) en zuurstofbindende stoffen (biologische zuivering). In de laatste twee decennia is daar ook de verwijdering van nutriënten, stikstof en fosfaat, bijgekomen. Dit laatste programma is enigszins vertraagd, maar zal rond 2005 gereed zijn. Het op de rwzi's geproduceerde slib wordt na aërobe of anaërobe stabilisatie ontwaterd en voor het grootste deel verwerkt in enkele zeer grootschalige slibverbrandingsinstallaties.

In tabel 1 staan enkele gegevens, verzameld door het CBS, weergegeven. Duidelijk blijkt hieruit dat de verwijdering van zuurstofbindende stoffen en nutriënten redelijk is gevorderd. Met een aansluitingsgraad van meer dan 96 % lijkt een verdere toename van de installaties zich te beperken tot de

(autonome) groei van de bevolking. Qua zuiveringssystemen kan vermeld worden dat de huidige installaties vrijwel allemaal gebaseerd zijn op het laagbelaste of ultralaag-belaste actiefslibproces. Oxydatiebedden zijn bijna verdwenen (minder dan 5 % van totaal).

Tabel 1 - Gegevens betreffende de afvalwater-behandeling via openbare zuiverings-inrichtingen in 1998

rwzi's		
- totaal aantal	409	stuks
- ontwerp capaciteit	24,8	10 ⁶ i.e.
- belasting	21,7	10 ⁶ i.e.
- debiet	5,8	10 ⁶ m ³ /d
influent, gemiddeld		
- CZV	456	mg O ₂ /l
- BZV	173	mg O ₂ /l
- N-Kjeldahl	41,8	mg N/l
- P-totaal	6,7	mg P/l
effluent, gemiddeld		
- CZV	51	mg O ₂ /l
- BZV	7	mg O ₂ /l
- N-Kjeldahl	6,6	mg N/l
- N-totaal	13,5	mg N/l
- P-totaal	1,8	mg P/l
slibproductie		
- totaal	350	10 ⁶ kgds/j
- per ie	16	kgds/j
	44	gds/d
- per m ³	165	mgds/l
energieverbruik		
- totaal	ca. 520	10 ⁶ kWh/j
- per ie	24	kWh/j
- per m ³	0,25	kWh

Ook is gedurende de afgelopen 30 jaar de kennis op dit gebied sterk toegenomen. In het begin werd de kennisbehoefte vooral gericht op het realiseren van installaties. Spoedig kwamen daarbij ook het beheer en de optimalisatie. Met name door de eisen ten aanzien van nutriëntverwijdering heeft veel kennisontwikkeling zowel wetenschappelijk als op pilotschaal plaatsgevonden. Strengere milieueisen, zoals ten aanzien van stank, geluid en slibkwaliteit hebben ook geleid tot tal van innovaties. Op deze wijze heeft de kennisontwikkeling vrijwel altijd vanuit een reactieve benadering plaatsgevonden, gestimuleerd door

reële en actuele problemen. Veelal kwamen innovatieve kennisontwikkelingen ook tot stand in het kader van grote nieuwbouw- of verbouwprojecten.

Uiteindelijk heeft dit ertoe geleid dat het kennisniveau op het gebied van afvalwater-behandeling zeer hoog is. Dit geldt zowel voor het ontwerpen als het beheren van installaties.

3. IWA Congres, Parijs 2000

Van 3 tot 7 juli 2000 vond in Parijs het eerste World Water Congress van de IWA plaats. De IWA (International Water Association) is onlangs totstandgekomen door een fusie van de IAWQ en de IWSA. Parijs lag in de lijn van de biennial conferences van de IAWQ, zodat afvalwater en waterkwaliteit nogal wat aandacht kregen. 'Berlijn' (oktober 2001) zal nog wel vooral gericht zijn op drinkwater, maar 'Melbourne' (april 2002) zal het gehele waterbeheer bestrijken.

In Parijs waren een kleine 3000 deelnemers, veel meer dan verwacht (Vancouver 1998: 1600), waarvan circa 50 uit Nederland. Op de conferentie en bijbehorende specialised meetings werden ongeveer 600 papers gepresenteerd, waarvan 10 uit Nederland (waarvan 5 door TU Delft, Gezondheidstechniek). De onderwerpen zijn zeer divers en bestrijken het totale waterveld en staan weergegeven in tabel 2. In dit kader beperken we ons tot de onderwerpen, die gerelateerd zijn aan de afvalwaterbehandeling. Per onderwerp enkele opvallende constatering.

nutriëntverwijdering

- sterk teruglopend aantal papers geeft aan dat dit thema 'volwassen is geworden'
- momenteel vooral sprake van optimalisatie, slimme trucjes e.d., modellering
- vooral pogingen tot verbetering nitrificatie/denitrificatie
- COD fractionering kan nuttige informatie bieden

slibbehandeling

- nog steeds wordt gezocht naar verbetering van afbreekbaarheid/ontwaterbaarheid (mechanische desintegratie)
- rol EPS bij ontwatering
- vermindering slibproductie (ozon, Cambi)
- veel aandacht voor landbouwkundige toepassing

Tabel 2 - Thema's tijdens IWA Congres Parijs 2000

Scientific and technology themes	
- activated sludge population dynamics (ASPD)	- aeration in wastewater treatment plants
- adsorption	- drinking water treatment
- agro-industry waste management	- economic optimisation and management
- anaerobic digestion	- industrial wastewater treatment
- biofilms	- management of sludge (ISWA/IWA joint session)
- chemical industries	- nuisance free wastewater treatment plants
- design operation and costs of large wwtp	- personnel training
- drinking water quality treatment and distribution	- sewerage management
- environmental restoration (5) + pulp and paper (2)	- management of leachate (ISWA/IWA joint session)
- hazard assessment and control of env. contaminants	- sludge management
- instrumentation control and automation (ICA)	- small wastewater treatment plants
- IWA foundation seminar	- wastewater operational methods and tools
- landfill management and solid wastes	- water resources and demand management
- membrane technology drinking water/wastewater	- water supply
- nutrient removal	- watershed management
- particle separation	- workshop: health risk associated with organic production
- pretreatment of industrial wastewaters	
- river basin management and organisation	
- river water quality / modelling task group	- poster presentations session I
- sludge management	- poster presentations session II
- stormwater management	- 3rd international symposium on wastewater reclamation recycling and reuse
- taste and odour and volatiles	
- wastewater treatment in rural areas	
- wastewater treatment systems utilising submarine outfalls	- 10th health-related water microbiology symposium
- water resources management and protection	
- workshop: environmental engineering education	
- workshop: integrated urban management	

actiefslib

- slibverzwaring door microbiologische manipulaties

biofilms

- blijven boeiend onderzoeksthema
- zoeken naar compacte systemen

deeltjesverwijdering

- nieuwe of hernieuwde aandacht voor coagulatie/filtratie
- fysisch/chemische methoden blijven interessant

membranen

- zijn in opkomst voor de behandeling van afvalwater (speciaal voor effluent)
- micro- en ultrafiltratie
- nog veel onduidelijkheden, met name qua foulingmechanismen

membraanbioreactoren

- beperkt aantal bijdragen
- nogal empirisch van aard en weinig fundamenteel

algemeen rwzi's

- diverse procesoptimalisaties
- nabezinktanks zijn nog te optimaliseren (deflectieschotten)
- enkele 'nieuwe' processen (BAF, Sharon, prefermentatie, Biofix)

kleinschalige systemen

- volop belangstelling voor alternatieve concepten
- er moeten nog wel even afvalwatermachines worden uitgevonden
- urineafscheiding wordt op diverse plaatsen onderzocht

hergebruik

- zeer veel aandacht voor dit thema vooral gericht op gebieden met watertekorten
- hygiënische aspecten niet onderschatten
- de waterketen wordt verder 'gesloten'

In totaliteit geeft dit een beeld waar de afvalwaterwereld op dit moment, zeker in wetenschappelijk opzicht, mee bezig is. In grote lijnen sluiten de constatering aan bij de Nederlandse ervaringen.

4. Japan-Nederland Workshop

In oktober 2000 vond de 4^e Japan-Nederland Workshop plaats in Sapporo en Sendai in Japan. Het doel van deze tweejaarlijkse workshops is een intensieve uitwisseling van onderzoek op watergebied van beide landen te laten plaatsvinden. Daartoe komen in een workshop experts bijeen om gedurende enkele dagen (onderzoeks)-ervaringen te presenteren en te bediscussieren. De 4^e workshop werd bijgewoond door circa 120 Japanners en 25 Nederlanders.

De workshop bestond uit twee delen:

- Sapporo: Integrated Water Quality Management waarin vooral de diverse integrale aspecten van waterkwaliteitsbeheer aan de orde kwamen:
 - nationaal beleid
 - drinkwater
 - afvalwater
- Sendai: Low-loading Recycle of Municipal Wastes met daarin veel aandacht voor slibverwerking en -hergebruik.

Van beide delen zijn proceedings, met daarin vele interessante artikelen, gemaakt.

Uiteraard hebben de deelnemers deze workshop als zeer nuttig en enerverend ervaren. Juist de vergelijking met een land als Japan, waar diverse zaken op watergebied heel anders geregeld zijn, biedt nieuwe gezichtspunten. Zonder al te zeer in detail te treden, kunnen in dit kader enkele voor Japan saillante punten worden gemeld:

- compact bouwen is noodzaak, soms moeten uitbreidingen van installaties plaatsvinden zonder extra terrein
- nog slechts 60 % van de bevolking is op de riolering aangesloten; in 2020 moet dit meer dan 90 % zijn
- kleinschalige zuiveringssystemen, veelal

- MBR's, draaien al vele jaren in kantoren wordt afvalwater gezuiverd en hergebruikt (als toiletspoeling)
- stikstof- en fosfaatverwijdering staan nog in de kinderschoenen
- water heeft een heel hoge sociale en publieke waardering (sierwater)
- men blijft zoeken naar waardevolle producten uit (afvalwater) slib (valorisatie)
- patenteerbaarheid speelt belangrijke rol bij onderzoek.

In totaliteit kan gesteld worden dat vele problemen in beide landen identiek zijn. Ten aanzien van de implementatie van afvalwatervoorzieningen loopt Japan nog duidelijk achter. Op het vlak van nieuwe ontwikkelingen zijn interessante raakvlakken (vergaande behandeling, fysisch-chemisch, compacte installaties, slibvalorisatie).

5. Toekomstige thema's

Vanuit de huidige situatie kan worden nagegaan welke ontwikkelingen (nog) zijn te verwachten. Dit dient natuurlijk ook geplaatst te worden in een internationaal perspectief. Belangrijke aspecten hierbij zijn een integrale benadering en duurzaamheid. Een integrale benadering is nodig om de juiste keuzes te kunnen maken om de complexe problemen te verbeteren of op te lossen. Duurzaamheid dient uitgangspunt te zijn voor allerlei vernieuwingen, zowel van procesonderdelen als voor een totale systeemopzet.

Op velerlei fronten (DTO, STOWA) zijn deze verkenningen reeds uitgevoerd. Mede op basis hiervan kunnen enkele interessante clusters worden onderscheiden:

- automatisering/monitoring/sensoren
- fysisch/chemische (voor)behandelings-technieken
- vergaande behandeling
- gezondheidstechnische aspecten
- microbiologische optimalisatie
- compacte technieken
- slibvalorisatie.

Automatisering/monitoring/sensoren

In het kader van de voortschrijdende technische ontwikkelingen zijn nog velerlei toepassingen mogelijk. Daarbij is er behoefte aan nieuwe en betrouwbare sensoren op basis waarvan procesregeling mogelijk is. Modelleren kan de procesbeheersing en procescontrole ondersteunen. Ook de toepassing van nieuwe technieken, zoals fuzzy logic en kunstmatige neurale netwerken komt naderbij.

In dit kader valt ook aan te merken de toenemende aandacht om riolering en afvalwaterbehandeling als één totaal systeem te beschouwen; hiervoor is kennis van de interacties tussen de twee subsystemen nodig (zie ook de bijdrage van prof. Clemens).

Fysisch/chemische (voor)behandelings-technieken

Naast de conventionele systeemopzet, gebaseerd op actiefslib, al dan niet met voorbezinking, kan gekozen worden voor een zeer vergaande deeltjesverwijdering in het eerste deel van de installatie. Hierbij zijn tal van technieken mogelijk, zoals bezinking, flotatie, primaire filtratie en zelfs membraanfiltratie; meestal in combinatie met een dosering van chemicaliën, waarbij zowel anorganische middelen als polyelectrolyten mogelijk zijn. Een grootschalig STOWA-onderzoek uitgevoerd door de TUD en LUW, heeft de diverse verschillende technieken voor de Nederlandse situatie verkend. Met behulp van scenario's is een modelmatige benadering ontwikkeld, waarmee alle mogelijke effecten zowel technologisch als qua duurzaamheid nader kunnen worden beschouwd. Zeer belangrijk element hierbij is ook een goed beeld te verkrijgen van de verdeling qua grootte van de vervuulende stoffen in het afvalwater. De eerste resultaten van dit langetermijnonderzoek geven aan dat met fysisch-chemische technieken zeker vergelijkbare, zo niet betere resultaten kunnen worden bereikt dan met conventionele systemen; dit tegen vergelijkbare kosten. Over dit onderzoek is in de vorige Vakantiecursus gerapporteerd. Vele STOWA-rapporten en -artikelen zijn beschikbaar.

Internationaal is voor dit onderzoek veel belangstelling.

Vergaande behandeling

Gedurende de afgelopen jaren is de kwaliteit van het effluent alsmaar beter geworden. Enerzijds komt dit door het verbeteren en uitbreiden van rwzi's. Anderzijds is het effect merkbaar van een verdere sanering van ongewenste lozingen. In de nabije toekomst zullen nog verdere verbeteringen plaatsvinden. Op basis van deze kwaliteit komen ook diverse andere bestemmingen in beeld, zoals industriewater, huishoudwater, proceswater, e.d. Mede hiervoor is het nodig het effluent aan een

verdere behandeling te onderwerpen. De technieken, die hierbij een rol spelen, staan nader weergegeven in tabel 3.

Op deze problematiek wordt nader ingegaan in de bijdrage van ir. J. Roorda. In dit kader valt nog te vermelden dat het Nederlandse onderzoek dat onder andere door de TUD wordt uitgevoerd nogal vooruitloopt op de ontwikkelingen. Slechts op een beperkt aantal plaatsen in de wereld is men met gelijksoortige onderzoeken bezig.

Tabel 3 - Diverse processen voor vergaande behandeling van effluent.

process	main principle	removal	applications	status	costs	prospects
coagulation/flocculation sedimentation	chemical precipitation	broad spectrum of components 50-90%	P-removal	available	medium	medium
deep bed filtration	filtration biol. oxidation	SS (90-95%) ammonia	polishing	available optimization	low	high
flocculating filtration	chem. prec. filtration biol. oxidation	SS (90-95%) P (-99%) ammonia	P-removal	available optimization	low	high
microsieves	sieving cake filtration	SS (60-70%)	reduction of SS	available	low	low
(primary) membrane filtration	ultrafiltration microfiltration	SS (100%) bacteria (100%) viruses (100%)	high quality purposes	development	high	high
(advanced) membrane filtration	hyperfiltration reverse osmosis nanofiltration	soluble components (-100%)	high purity water	development	high	medium/high
activated carbon	adsorption	soluble comp. micropollutants	removal of micropollutants	available	high	medium
ion exchange	ion exchange	ammonium heavy metals	demi water	available development	high	low
ozone	chemical oxidation	organic. subst. micro-organisms	desinfection	available	high	medium
chlorination	chemical oxidation	organic subst. micro-organisms	desinfection	available	low	medium
UV	radiation	micro-organisms	desinfection	available	medium	high
polishing ponds	biological sedimentation	broad spectrum	polishing	available	high	low
reed bed filters	biological filtration	broad spectrum	polishing	available	high	medium
biofilms	biological filtration	broad spectrum	P-N removal	available	high	low

Gezondheidstechnische aspecten

De aandacht voor gezondheid neemt de laatste tijd bijna groteske vormen aan. BSE, Legionella en Cryptosporidium hebben het publiek wakker geschud. Dit staat in schril contrast met de aandacht die tot nu toe vanuit de afvalwaterwereld aan gezondheidstechnische aspecten is besteed. De ervaringen tot nu toe beperken zich tot één slibpasteuriserings-unit op de rwzi Almelo en enkele desinfectievoorzieningen (chloorbleekloog en UV) op rwzi's lozend op recreatief oppervlaktewater. Tot nu toe werd er vanuit gegaan dat de hygiënische kwaliteit van het oppervlaktewater voldoende opname- of herstelcapaciteit bezit.

De laatste tijd neemt mede vanwege andere gebruiksopties voor het effluent ook de interesse voor de hygiënische kwaliteit van het effluent toe. Bedacht moet worden dat effluent nog zeer hoge waarden aan pathogene organismen bevat. Globaal geldt:

faceale coli	circa 10^7	per l
E-coli	circa 10^6	per l
enteronvirussen	$10^2 - 10^3$	per l
Giardia	$10 - 10^3$	per l
Cryptosporidium	$10 - 10^3$	per l

Bij de verdere behandeling van effluent kunnen deze gehalten zeker worden gereduceerd. Er is nog maar weinig bekend over hoe en in welke mate deze ziekteverwekkende organismen uiteindelijk invloed hebben op de gezondheid van mens en dier. Een eerste en zeer interessant onderzoek, door RIWA, RIVM, RIZA en KIWA heeft onlangs plaatsgevonden naar de problematiek rondom Cryptosporidium en Giardia in oppervlaktewateren.

Microbiologische optimalisatie

Met de ontwikkeling van de biotechnologie zullen ook de mogelijkheden toenemen selectief micro-organismen te ontwikkelen voor bepaalde omzettingsprocessen of -stappen. Ook kan gedacht worden aan het maken van biomassa, die zwaarder is dan normaal (granulair slib) of gehecht is aan vaste materialen (biofilm, vaste

deeltjes). Dit kan mogelijk leiden tot geheel andere concepten, waarbij de praktische toepasbaarheid een zeer belangrijk aspect zal blijven.

Compacte technieken

De huidige afvalwaterbehandelingsprocessen nemen ruimte in ($0.05 - 0,1 \text{ m}^2$ per ie); zeker bij grote capaciteiten en in situaties met een beperkte beschikbaarheid van ruimte kan de behoefte aan compactere technieken toenemen. Desondanks moeten de extra kosten hiervan beperkt blijven. Met dit dilemma kampen veel innovaties op het gebied van compacte technieken. Voor de toekomst valt in deze context vooral veel te verwachten van de Membraan Bio Reactor (zie ook de bijdrage van ir. A. van Bentem) en fysisch-chemische technieken (al dan niet in combinatie met MBR).

Slibvalorisatie

Uiteindelijk zal bij elke zuiveringstechniek een hoeveelheid slib worden geproduceerd. Naast slibminimalisatie kan ook geopteerd worden voor een slibmaximalisatie. In de verdere verwerking van het slib kunnen dan al dan niet waardevolle fracties worden teruggewonnen. Concepten hiervoor zijn in ontwikkeling. Een belangrijk aspect hierbij ligt in de mogelijke opsplitsing van slib, reeds in de waterlijn, in verschillende fracties met verschillende samenstellingen. Gezien de zeer uiteenlopende samenstelling van het afvalwater en dus ook van het slib en de beperkte waarde van mogelijke afgescheiden producten gaan de ontwikkelingen op dit gebied langzaam. Er blijft een uitdaging liggen om ook op deze wijze kringloopsluiting te bewerkstelligen. In dit kader kan worden gemeld dat de STOWA op dit gebied diverse verkenningen en onderzoeken gaat opzetten.

6. Literatuur

CBS (2000), Waterkwaliteitsbeheer, deel B, Zuivering van afvalwater, 1998, Voorburg/Heerlen, 2000.

Proceedings of the 1st World Water Congress of the IWA, Paris 2000, part 1- 8.

The 4th Japan-Netherlands Workshop, Hokkaido/Sendai, October 2000.

19^e Vakantiecursus in Riolering en Afvalwaterbehandeling, TU Delft, Delft 2000.

STOWA (2000), Compendium gebruik van rwzi-effluent als waterbron (in druk, 2001).

H₂O themanummer Cryptosporidium en Giardia, H₂O (23), 2000.