

# Onderwijs en onderzoek bij de Vakgroep Gezondheidstechniek van de TH Delft

Voordracht gehouden tijdens de NVA-najaarsvergadering op 10 oktober 1979 te Delft.

heden zullen belangrijke bijdragen kunnen leveren bij het beantwoorden van vragen waar en op welke wijzen nog verdergaande kwaliteitsbeheermaatregelen voor water en bodem zinvol zijn en waar en op welke wijze dat niet het geval is.

In dit kader kan de atmosfeer, als 'leverancier' van materie via droge en natte neerslag, o.a. ten gevolge van luchtverontreiniging, niet buiten beschouwing blijven. De water-, bodem- en luchtmilieus dienen geïntegreerd en in alle relaties tot elkaar (emissies en immissies in de kringlopen van de materie), in kwaliteitsbeschouwingen te worden betrokken. Ook bij bezinning over bijv. de behandeling van afvalwater in relatie tot milieueffecten zal het totale buitenmilieu moeten worden gezien.

Dit buitenmilieu zal zelfs moeten worden geëxtrapoleerd naar het totale leefmilieu van de mens, wanneer naast de kwaliteitsproblemen van water, bodem en lucht (incl. geluid) ook aspecten van beleving en van andere sociaal-maatschappelijke aard bij de kwaliteitsbeschouwing voor het totale leefmilieu worden betrokken.

Naast de voorbereiding op deze en andere vraagstukken van de nabije toekomst dient de aandacht voor de huidige problemen niet te worden verzwakt. Bij de biologische afvalwaterbehandeling zijn dat bijv. de vragen aangaande de (verdere) optimalisering van het actiefslib-proces (voorkoming van lichtslib en optimalisering van de bestrijding, optimalisering van de O<sub>2</sub>-overdracht, sturing en optimalisering van verdergaande zuiveringstechnieken) en natuurlijk aangaande de slibbestemming en de daartoe benodigde slibbehandeling. Ten behoeve van de bodembescherming dient de kennis in Nederland over de kwaliteitskarakterisering van bodem en ondergrond in milieuhygiënische zin (naar fysische, chemische, biologische en ecologische parameters) en over dosis-response relaties voor bodem en ondergrond nog nagenoeg geheel te worden opgebouwd. In samenwerking met anderen hoopt de Afd. W&B een bijdrage aan deze kennisopbouw te kunnen leveren.

## 1. Inleiding.

Onderzoek en onderwijs bij de Vakgroep Gezondheidstechniek van de Afdeling der Civiele Techniek, TH Delft zijn afgestemd op de doelstellingen van deze afstudeer-richting zoals deze zijn weergegeven in de Gids 1978/79 van de TH Delft:

Gezondheidstechniek is die tak van de ingenieurswetenschap, die zich bezig houdt met het gebruik van technische middelen tot verbetering van het milieu waarin de mens woont, en zich ontspant.

Civiele gezondheidstechniek richt zich in



PROF. DR. ING. H. J. PÖPEL  
TH Delft

het bijzonder op de milieufactor water en tracht het bovengenoemde doel te bereiken door levering van goed drink- en gebruikswater, verzorging van betrouwbaar zwemwater, riolering en zuivering van huishoudelijk en industrieel afvalwater, kwaliteitsbeheer van oppervlaktewater en grondwater.

Het doel van deze afstudeerrichting is het opleiden van ingenieurs die beter dan anderen in staat zijn om werken op dit gebied te ontwerpen, te bouwen en te beheren.

Deze doelstellingen moeten worden gerealiseerd op basis van een brede en fundamentele opleiding in de Civiele Techniek voor alle studenten; hierop sluit een verdieping in een door de student te kiezen afstudeerrichting aan. In totaal zijn er thans zeven richtingen:

- civiele bouwkunde
- gezondheidstechniek
- civiele planologie, verkeerskunde en verkeersbouwkunde
- waterbouwkunde en hydrologie
- grondslagen der civiele techniek
- constructielear
- algemene civiele techniek.

Navolgend wordt kort ingegaan op het door de vakgroep in de gehele opleiding tot civiel ingenieur te verzorgen onderwijs. De opzet van de studie voor civiel ingenieur wordt niet verder besproken; hierover werd al eerder uitvoerig bericht [1, 2]. Meer aandacht zal daarna worden geschonken aan het door de vakgroep zelf of in samenwerking met anderen te verrichten

onderzoek. Zoals uit de geciteerde doelstelling volgt, ligt dit onderzoek op de gezondheidstechnische deelterreinen:

bereiding van drinkwater  
zuivering van afvalwater  
waterkwaliteitsbeheersing/milieutechniek

## 2. Onderwijs

Het door de Vakgroep Gezondheidstechniek te verzorgen onderwijs kan uit onderwijskundig oogpunt als volgt worden verdeeld:

— onderwijs voor alle civiele studenten, bedoeld als een inleiding in en kennismaking met de wezenlijke aspecten van het vakgebied;

— onderwijs voor alle zich in het vakgebied gezondheidstechniek verdiepende studenten, bedoeld om de student met de 'stand der wetenschap en techniek' op dit gebied vertrouwd te maken;

— onderwijs in speciale gebieden van de gezondheidstechniek, bedoeld om de zich in dit deelgebied verdiepende civiele student de voor het uitwerken van zijn afstudeerprojecten nodige kennis en kunde bij te brengen.

Dit onderwijs wordt voor het overgrote gedeelte als colleges aangeboden. Ter verdieping en illustratie van de collegestof en om enige vaardigheid in de praktische toepassing van het geleerde te verkrijgen worden 3 praktika door alle gezondheidstechnische studenten gevolgd, zij moeten een stage in de praktijk lopen en tenslotte zich zeer uitvoerig in de toepassing d.m.v. aftudeerprojecten bekwamen.

In het volgende overzicht van de colleges en praktika is een en ander kwantitatief samengevat. De vermelde getallen zijn semesteruren; één semesteruur is één college-uur per week gedurende één semester van 13 weken. Lopen van het college en thuis bestuderen van de college-stof van één semesteruur vraagt gemiddeld in totaal 40 uur werk van de student. Deze hoeveelheid werk wordt als één studiepoint (s.p.) gekenmerkt.

Overzicht van het door de Vakgroep Gezondheidstechniek te verzorgen onderwijs:

### a. voor alle civiele studenten:

- water — verontreiniging en zelfreiniging 1 s.p.
- distributie drinkwater, riolering en inzameling van vaste afvalstoffen 2 s.p.
- winning en zuivering van drinkwater, van zwemwater, behandeling van afvalwater 2 s.p.

**b. kerncolleges voor alle gezondheids-technische studenten:**

— algemene hygiëne en epidemiologie	2 s.p.
— scheikunde van water en afvalwater	3 s.p.
— grondslagen van de microbiologie van drink- en afvalwater	2 s.p.
— ecologische aspecten	1 s.p.
— techniek der waterzuivering	3 s.p.
— behandeling van afvalwater	3 s.p.
— ontwerpen van gezondheidstechnische werken	2 s.p.
— energievoorziening van gezondheidstechnische werken	1 s.p.
— verwerking van vaste afvalstoffen	1 s.p.

**c. keuzecolleges voor gezondheidstechnische studenten:**

— procestechnologie	2 s.p.
— limnologie	2 s.p.
— grondwaterwinning	2 s.p.
— kunstmatige grondwateraanvulling	2 s.p.
— winning en berging van oppervlaktewater	2 s.p.
— waterzuivering, bijz. onderwerpen	1 s.p.
— inzameling en transport van rioolwater	1 s.p.
— tertiaire behandeling van afvalwater	1 s.p.
— industrieel afvalwater en kunstmatige slibverwerking	2 s.p.
— watervoorziening en afvalwaterzuivering voor kleine gemeenschappen en ontwikkelingslanden	1 s.p.
— verontreiniging en zelfreiniging van oppervlaktewater	2 s.p.

**d. praktika:**

— microbiologie	1 s.p.
— scheikunde	1,5 s.p.
— zuivering van water en afvalwater	1,5 s.p.

e. stage 8 s.p.

f. afstudeerprojecten 35 s.p.

Bij de vervulling van deze onderwijstaak wordt de vakgroep in vele opzichten bijgestaan. In de eerste plaats worden bepaalde colleges en praktika (scheikunde, microbiologie) door vakgroepen van de Afdeling der Scheikundige Technologie verzorgd. De Vakgroep Gezondheidstechniek en haar studenten worden ten tweede bij stage en afstudeerprojecten in bijzondere mate door de binnen- en buitenlandse praktijk gesteund. Deze medewerking wordt bijzonder op prijs gesteld en is mede waarborg voor het bereiken van enige vaardigheid t.a.v. de praktische toepassing van de opgedane gezondheidstechnische kennis.

Na de vermelding van de doelstelling van het onderwijs in de gezondheidstechniek (hoofdstuk 1) en de bespreking van de middelen, toegepast om deze doelstelling te realiseren, wordt tenslotte kort op het resultaat van al deze bemoeiing ingegaan. Op grond van persoonlijke betrokkenheid onthoudt zich schrijver dezes van een kwalitatieve evaluatie. In kwantitatief opzicht kan het aantal van gemiddeld 29 afstudeerders per jaar als resultaat worden geïnterpreteerd. Dit is ongeveer 12 % van het totale aantal jonge civiele ingenieurs.

**3. Onderzoek.****3.1 Algemeen**

Het laboratorium van de Vakgroep Gezondheidstechniek heeft een drietal taken:

1. het uitvoeren van een praktikum voor gezondheidstechnische studenten ter illustratie en verdieping van de collegestof;
2. het begeleiden van het experimentele werk van afstudeerders, die voor een onderzoek-project hebben gekozen;
3. het verrichten van fundamenteel-toegepast en voor de praktijk relevant onderzoek op de drie genoemde deelgebieden van de gezondheidstechniek: drinkwaterbereiding, afvalwaterzuivering en waterkwaliteitsbeheersing of milieutechniek.

Bij het onderwijsgebonden onderzoek (sub 1 en 2) staan onderwijskundige aspecten voorop, bijv. het leren verrichten van onderzoek, het leren opstellen van een proefprogramma, het leren evalueren van meetgegevens, etc. Dergelijke projecten worden zo veel mogelijk in het lopende onderzoekprogramma (sub 3) geïntegreerd, enerzijds ter motivatie van de student, ten tweede, om goede resultaten van dit onderzoek verder te kunnen gebruiken. Het 'professionele' onderzoekprogramma van de drie deelgebieden wordt door overeenkomende drie werkgroepen, waarin iedere actieve onderzoeker van de vakgroep op dat deelgebied zitting heeft, opgesteld. Het totale onderzoekprogramma behoeft de goedkeuring van het vakgroepsbestuur. Daarbij geschiedt opstelling van het onderzoekprogramma, ten dele ook de uitvoering ervan, in overleg met vakgenoten buiten de vakgroep en met de bedrijfstak. Lag vroeger het accent van de onderzoeksinspanning van het laboratorium hoofdzakelijk op het deelgebied drinkwaterbereiding, thans zijn de inspanningen t.a.v. het onderzoek globaal als volgt over de drie deelgebieden verdeeld: drinkwaterbereiding 15 %, afvalwaterzuivering 65 %, milieutechniek 20 %.

Navolgend zal zeer in het kort worden ingegaan op het lopende onderzoek op de deelgebieden drinkwaterbereiding en waterkwaliteitsbeheersing/milieutechniek, terwijl daarna het lopende onderzoek op het deelgebied afvalwaterzuivering uitvoerig aan de orde wordt gesteld. Alle activiteiten van de vakgroep op dit deelgebied zijn op één project, het 'Project zuivering afvalwater' (PZA), gericht. De hiervoor gebouwde proefinstallatie op het buitenterrein kan vanmiddag worden bezichtigd.

**3.2 Lopend onderzoek drinkwaterbereiding en waterkwaliteitsbeheersing/milieutechniek**  
In het Laboratorium Gezondheidstechniek

wordt momenteel in een viertal projecten onderzoek op het deelgebied drinkwaterbereiding verricht.

Het project 'aspecten van het koagulatieproces' heeft als doel, het inzicht in dit proces te verdiepen en de aanwezige kennis op de Nederlandse praktijk af te stemmen. Specifieke onderwerpen op dit moment zijn de verwerking van het koagulatieslib d.m.v. vries-dooien, de stoichiometrie van het koagulatieproces en de vlokvorming. In het project 'vlokkingsfiltratie' wordt de te bereiken verbetering van de filtraatkwaliteit d.m.v. vlokkingshulpmiddelen bij de zandfiltratie, bij upward-flow filters en t meerlagenfilters onderzocht.

De ontwikkeling van betere technieken ter verwijdering van hoge concentraties van Fe, Mn en  $\text{NH}_4^+$  uit grondwater wordt beoogd met het project 'aspecten van de grondwaterzuivering'.

Door het project 'bacteriologisch onderzoek van actieve koolfilters' wordt nagegaan welke bijdrage de micro-organismen, die zich in een actief koolfilter ontwikkelen, tot het zuiveringsproces leveren.

Onderzoek op het deelgebied waterkwaliteitsbeheersing/milieutechniek wordt in het kader van twee projecten verricht. De bijdrage van de bodem tot de verontreiniging en eutrofiëring van ondiepe meren wordt in het project 'uitwisselingsprocessen water-bodemslib' nagegaan. In het project 'eutrofiëringstoetsen' worden methoden (bio-assays m.b.v. algen) ontwikkeld, om de reactie van het ontvangende oppervlaktewater op een lozing van afvalwater van verschillende zuiveringsgraad experimenteel te kunnen simuleren en beoordelen. Dit project is mede geïntegreerd in het 'Project Zuivering Afvalwater' en zal in het volgende hoofdstuk nog ter sprake komen.

**3.3 Het 'Project Zuivering van Afvalwater'****3.3.1 Algemeen**

Alle activiteiten van de Vakgroep Gezondheidstechniek t.a.v. onderzoek op het deelgebied afvalwaterzuivering zijn momenteel geconcentreerd op het 'Project Zuivering Afvalwater'. Met de resultaten van dit project hoopt de vakgroep een bijdrage te kunnen leveren tot een optimale toepassing van verdergaande zuiveringsprocessen van afvalwater in de praktijk. Op semi-technische schaal wordt het afvalwater in een proefinstallatie van 10 m<sup>3</sup>/h capaciteit d.m.v. de volgende deelstappen gezuiverd:

1e fase:

— mechanisch-biologische zuivering incl. nitrificatie

2e fase:

— stikstofverwijdering d.m.v. biologische denitrificatie

— fosforverwijdering d.m.v. chemische precipitatie en coagulatie

3e fase:  
— verwijdering van zwevende stof d.m.v. zandfiltratie

— desinfectie en chemische oxydatie d.m.v. chloor enerzijds en ozon anderzijds

— verwijdering van refractaire organische stoffen m.b.v. actief koolfilter.

De doelstellingen van dit project zijn:

— Het verkrijgen van inzicht in de civieltechnische en procestechnologische factoren, die bepalend zijn voor de effluentkwaliteit en voor de stabiliteit daarvan onder praktijkomstandigheden alsmede voor de kosten van het zuiveringsproces.

— Het ontwikkelen van wiskundige modellen, die het dynamische gedrag van de zuiveringstrappen beschrijven.

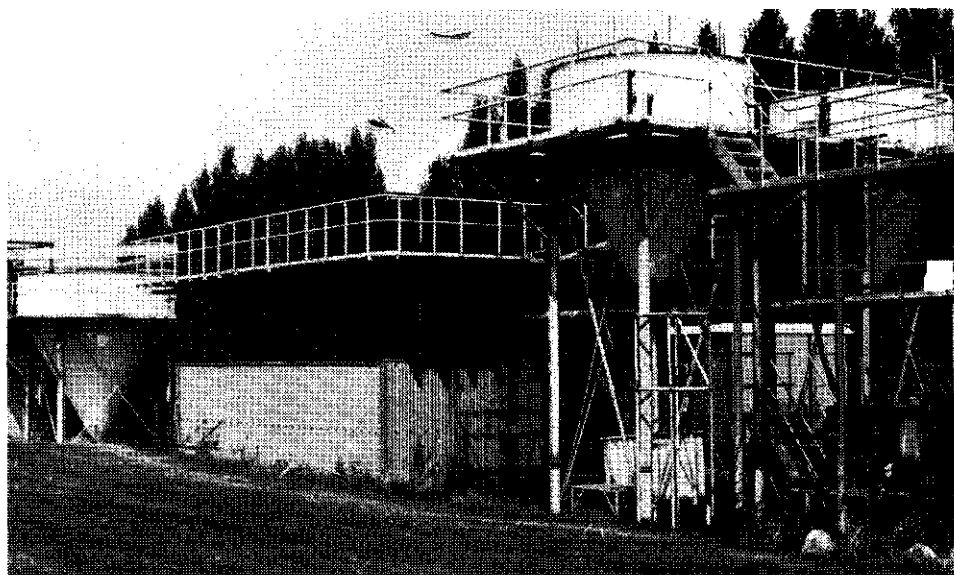
— Het ontwikkelen en operationeel maken van processturingssystemen, om een zo konstant mogelijke hoge effluentkwaliteit te verkrijgen, onafhankelijk van variaties van de influent-kwaliteit.

— Het ontwikkelen en toepassen van methoden, om de effluentkwaliteit op biologische grondslag (bio-assays) te kunnen waarderen t.a.v. de invloed op het ecosysteem van het ontvangende water.

— Onderzoek naar de zuiveringstrappen van een zuiveringssysteem, die noodzakelijk zijn om een bepaalde hoge kwaliteit van het effluent of van het ontvangende water te verkrijgen.

— Onderzoek naar het lot van (specifieke) organische stoffen in de afzonderlijke zuiveringstrappen.

— Onderzoek naar de per zuiveringstrap geproduceerde hoeveelheid slib en naar de



Afb. 2 - Het mechanisch-biologisch gedeelte van de proefinstallatie met 2 voorbezinkstanks (rechts), één van de beluchtingstanks (midden) en een nabezinkstank (links).

kenmerkende eigenschappen daarvan.

Het project is tot stand gekomen na overleg met diverse instellingen (IMG-TNO), STORA, RIZA, RID, Vakgroep Waterzuivering LH Wageningen) en met (vak-) groepen van de Afdeling der Scheikundige Technologie.

Voor de definitieve samenstelling van het onderzoekprogramma, de coördinatie van de verschillende activiteiten, de projectadministratie, het financiële beheer en de rapportering is een projectgroep verantwoordelijk, waarin thans vertegenwoordigers van de vakgroepen Gezondheidstechniek en Analytische Scheikunde zitting hebben.

De projectgroep onderhoudt tevens contacten met genoemde instellingen, (vak-) groepen en de bedrijfstak.

### 3.3.2 Beschrijving van de proefinstallatie

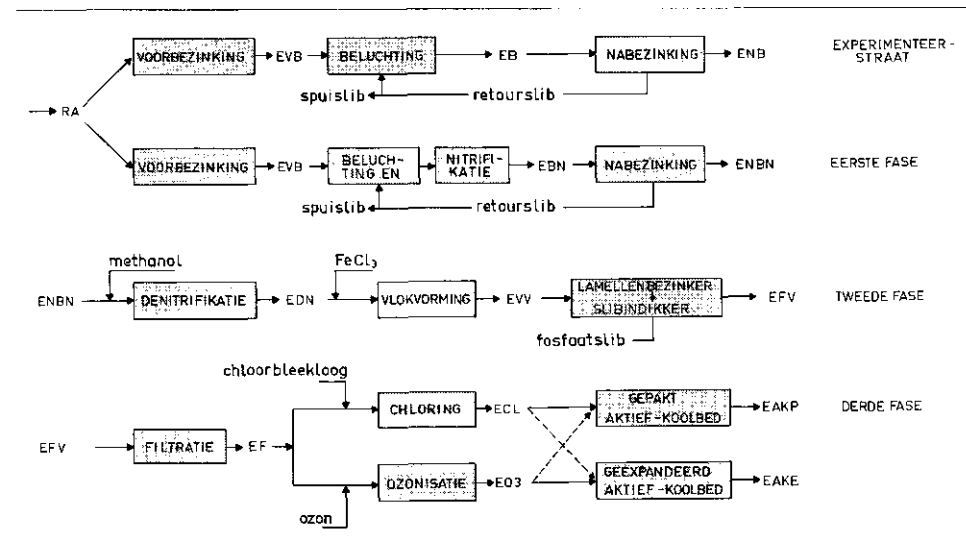
In figuur 1 is een stroomdiagram van de proefinstallatie op het buitenterrein weergegeven. De reeds eerder genoemde drie fasen kunnen daarin duidelijk worden onderscheiden. Navolgend worden de belangrijkste parameters van de afzonderlijke eenheden toegelicht (zie ook [3, 4 en 5]). Het ruwe afvalwater (RA) is afkomstig uit het gemeentelijke rioolstelsel van Delft en bevat naast huishoudelijk afvalwater een flink aandeel van industriële herkomst. De twee oorspronkelijke identieke straten voor de mechanisch-biologische zuivering van het afvalwater ontvangen elk 10 m<sup>3</sup>/h. Een straat staat als experimenteerstraat voor onderwijsgebonden onderzoek of onderzoek buiten het directe PZA-kader ter beschikking (zie afb. 2).

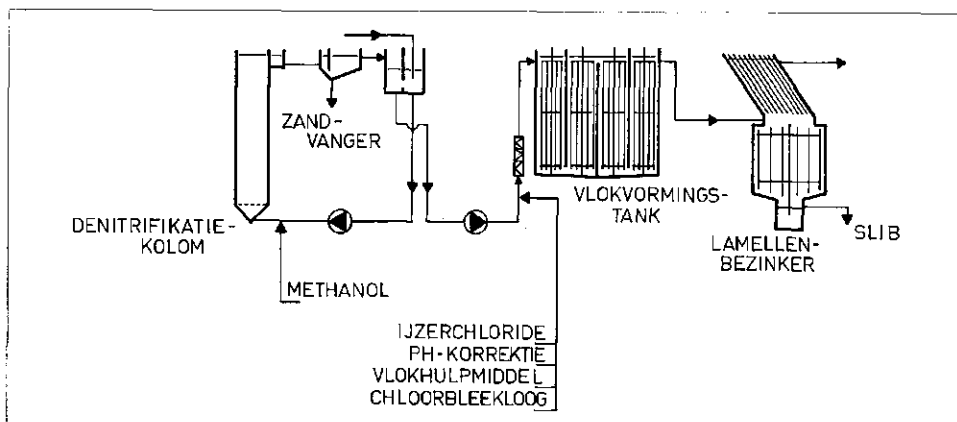
De voorbezinking wordt m.b.v. eenvoudige dortmundtanks gerealiseerd. Voor een betrouwbaar slibtransport is de helling van het conische gedeelte 60° en bij een grootste diameter van 3,00 m wordt een oppervlaktebelasting van 1,5 m/h en een verblijftijd van 1,0 h bereikt.

De beluchtingstank heeft een nuttige inhoud van 60 m<sup>3</sup>. De slibbelasting van circa 0,4 kg BOD/kg ds.d is niet voldoende laag voor volledige nitrificatie. De beluchtingstank van de PZA — straat werd derhalve met een tweede tank van 60 m<sup>3</sup> uitgebreid. Beluchting m.b.v. fijne bellen zorgt voor voldoende zuurstofaanvoer en mening.

De nabezinkstanks zijn qua vormgeving identiek aan de voorbezinkstanks. De grootste diameter is echter 4,10 m, hetgeen een oppervlaktebelasting van slechts 0,8 m/h en een verblijftijd van 2,25 h betekent.

Afb. 1 - Stroomdiagram van de proefinstallatie buitenterrein.





Afb. 3 - Schema van de tweede fase.

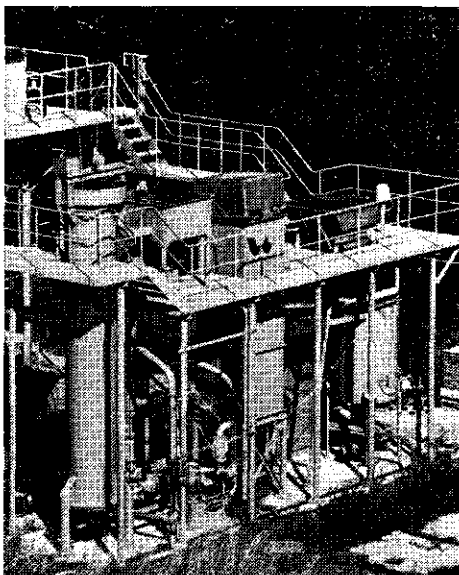
De tweede fase (afb. 3 en 4) heeft als eerste zuiveringstrap de verwijdering van de genitricificeerde stikstof d.m.v. biologische denitrificatie m.b.v. methanol als waterstof-donor. Dit geschiedt in een opwaarts doorstroomd gefluidiseerd bed, waarin de biomassa zich heeft gehecht aan zandkorrels. In de kolom van 0,80 m diameter en 5 m hoogte worden door recirculatie van kolomeffluent opwaartse snelheden tot 60 m/h bereikt en het zandbed 3 à 4 m hoog geëxpandeerd. Een kleine zandvanger verhindert, dat zandkorrels met het effluent (EDN) naar de fosfaatverwijdering geraken.  $FeCl_3$  — oplossing wordt in de aanvoerbuis naar de vlokvormingstank gedoseerd en m.b.v. een statische mengers in het afvalwater verdeeld. Bovendien zijn er doseerpunten voor vlokkingshulpmiddelen, pH-correctie en chloorbleekloog. De vlokvormingstank bestaat uit vier compartimenten, elk met een vierkant grondvlak  $0,5,0,5\text{ m}^2$  en een nuttige hoogte van 0,85 m. Duik- en overloopschotten zorgen ervoor, dat de compartimenten achter elkaar worden doorstroomd. Het roerwerk van elk compartiment wordt ter optimalisering van de vlokvorming individueel aangedreven. Na een totale verblijftijd van 20 min. stroomt het effluent (EVV) in de opwaarts doorstroomde lamellenbezinker. Deze bestaat uit een pakket van platen 0,8 m breed en 2,0 m lang die onder een hoek van  $55^\circ$  (tegen de horizontale) zijn geplaatst. De plaatafstand is variabel instelbaar van 20 tot 100 mm. Bij de normale instelling van 60 mm platenafstand kunnen 12 platen worden ondergebracht en de oppervlaktebelasting bedraagt 0,9 m/h. Onder de lamellenbezinker bevindt zich een geroerde indikker waarin het ijzer-fosfaat-slib wordt ingedikt.

De tweede fase is in 1979 gereed gekomen en in augustus in bedrijf genomen.

De derde fase (afb. 1) verkeert nog in het stadium van aanbesteding. Op de zuiverings-trappen van deze fase, filtratie, desinfectie

en actief-koolbehandeling, wordt derhalve slechts zeer kort ingegaan. Het effluent van de fosfaatverwijdering (EFV) wordt m.b.v. een dubbellaagsfilter uit hydro-anthraciet en zand met een snelheid van 10 m/h gefiltreerd. Het effluent (EF) wordt in twee gelijk grote deelstromen gesplitst. Aan één stroom wordt chloorbleekloog tot maximaal  $20\text{ g Cl}_2/\text{m}^3$  toegevoegd waarna desinfectie en oxydatie in een zeer langwerpige kontaktgoot met een verblijftijd van maximaal 1,0 h plaatsvindt. De andere helft van het effluent (EF) wordt naar een 5 m hoge ozonkolom gepompt, waarin tot  $10\text{ g O}_3/\text{m}^3$  kan worden gedoseerd. De maximale contacttijd voor desinfectie en oxydatie m.b.v. ozon bedraagt 20 minuten. Het effluent van de desinfectie/oxydatie wordt tenslotte nog aan een actief-koolbehandeling onderworpen. Een van de twee effluënten doorstroomt een gepakt actief-koolbed met 5 m/h snelheid neerwaarts, terwijl het andere effluent in een

Afb. 4 - De tweede fase met de denitrificatiekolom (links) en zandvanger (daarnaast op bordes), de vlokvormingstank (midden) en de lamellenbezinker (rechts boven) met daaronder de indikker.



opwaarts doorstroomde geëxpandeerde actief-koolkolom wordt behandeld. De fluidisatiesnelheid bedraagt maximaal 20 m/h. Het leidingwerk is zodanig aangelegd, dat de derde fase ook in de volgorde filtratie — adsorptie — desinfectie/oxydatie kan worden bedreven.

De afmetingen en de bedrijfsvoering van de genoemde zuiveringstrappen zijn op grond van uitvoerige proefnemingen met een kleine proefinstallatie vastgesteld. Hierover werd reeds elders bericht [5 en 6].

### 3.3.3 Meetprogramma en voorlopige resultaten

Het effluent van alle zuiveringstrappen wordt continu bemonsterd en tot 24-uur-monsters verzameld. De meeste gebruikelijk chemisch/fysische bepalingen worden aan de 7 monsters per week verricht, sommige aan 5 per week, terwijl tijdrovende bepalingen slechts om de 4 dagen worden uitgevoerd. Een aantal grootheden wordt continu gemeten, zoals temperatuur (ook van buitenlucht), pH, zuurstofgehalte in beluchtingstanks, geleidbaarheid en troebeling. Daarnaast wordt de bacteriologische kwaliteit van een aantal effluënten bepaald (2 van de 1e fase, 2 van de 2e en alle van de 3e fase). Alle meetgegevens worden in een computer opgeslagen zodat een verdere evaluatie bijzonder eenvoudig en snel kan geschieden.

Ter aanvulling van de informatie verkregen uit de genoemde gebruikelijke analyses wordt het effluent van de verscheidene zuiveringstrappen t.a.v. van invloed op de biologische kwaliteit van het ontvangende water beoordeeld. Dit geschiedt met behulp van een algentoets. Na een voorbehandeling (filtratie, pasteurisatie) van het effluent en menging met ontvangend oppervlaktewater wordt de groeisnelheid en de maximale biomassa van twee groenalgensoorten onder gestandaardiseerde condities van temperatuur, belichting en beweging van de monsters bepaald. Deze in het Laboratorium voor Gezondheidstechniek ontwikkelde toets (7) geeft een kwantitatieve indicatie van het eutrofiëringvermogen van de afzonderlijke minder of meer vergaand gezuiverde effluënten.

Tot slot zullen enkele bedrijfsresultaten van de experimenteerstraat gedurende de period september t/m december 1977 (tabel I) en de eerste resultaten van de kort geleden in bedrijf genomen 2e fase (tabel II) worden besproken. In de tabellen zijn de gemiddelde waarden en de standaardafwijking ( $\pm$ ) daarvan voor drie effluënten (zie hiervoor stroomdiagram) aangegeven. Zoals uit beide tabellen blijkt is het afvalwater zeer gekoncentreerd t.a.v. organische

TABEL I - *Bedrijfsresultaten experimenteerstraat 1977.*

	RA	EVB	ENB *
organische stof			
BOD (g/m <sup>3</sup> )	581±176	465±194	30± 21
COD (g/m <sup>3</sup> )	967±324	788±572	101± 73
TOD (g/m <sup>3</sup> )	1172±303	963±320	248±116
stikstof			
org. N (gN/m <sup>3</sup> )	65± 25	56± 23	8,6± 7,2
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (gN/m <sup>3</sup> )	32± 11	35± 16	30 ± 26
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (gN/m <sup>3</sup> )	—	—	1,3 — 1,6
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (gN/m <sup>3</sup> )	—	—	16 ± 14
totaal (gN/m <sup>3</sup> )	97	91	56
fosfor			
totaal P (gP/m <sup>3</sup> )	11,5±3,5	8,5±3,9	3,8±2,4
pH			7,7 ± 0,8
temperatuur (°C)			17,2 ± 3,7
debiet (m <sup>3</sup> /h)			6,5 ± 1,5
beluchtingstank:			
zuurstofgehalte (gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> )			0,9 ± 1,4
droogstofgehalte (kg/m <sup>3</sup> )			4,0 ± 0,7
SVI (10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /kg)			137 ± 65
recirkulatiefactor			0,82± 0,18
slibbelasting (kg BOD/kg ds.d)			0,33± 0,16

\* Voor afkortingen zie afb. 1.

TABEL II - *Bedrijfsresultaten PZA augustus/september 1979.*

	EVB	ENBN E 1e fase	EFV * E 2e fase
organische stof			
BOD (g/m <sup>3</sup> )	540 ±150	10 ± 4	23 ± 7
COD (g/m <sup>3</sup> )	860 ±410	62 ±24	102 ±33
stikstof			
org. N (gN/m <sup>3</sup> )	150 ±110	6 ± 7	6 ± 6
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (gN/m <sup>3</sup> )	40 ± 20	7 ± 8	5 ± 8
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N (gN/m <sup>3</sup> )	—	1,2± 1,3	2,4± 1,4
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N (gN/m <sup>3</sup> )	—	37 ±10	29 ±12
totaal (g N/m <sup>3</sup> )	190 ±110	51 ±15	42 ±16
fosfor			
totaal P (g P/m <sup>3</sup> )	10 ± 5	4 ± 2	1,1± 0,7
proefperiode, gefiltreerd		3,9± 2,5	0,3± 0,2
pH	7,7± 0,5	7,0± 0,2	6,9± 0,5
temperatuur (°C)		20,5± 1,1	
troebeling (FTV)	92 ± 65	5,4± 2,0	4,1± 2,7
debiet (m <sup>3</sup> /h)			10,8 ± 0,7
beluchtingstank:			
droogstofgehalte (kg ds/m <sup>3</sup> )			4,1 ± 0,6
SVI (10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> /kg)			60 ± 15
recirkulatiefactor			0,66
slibbelasting (kg BOD/kg ds.d)			0,3

\* Voor afkortingen zie afb. 1.

stof en stikstof, terwijl het fosforgehalte als normaal moet worden beschouwd. Het grootste gedeelte van de organische stof is goed afbreekbaar getuige de hoge verwijderingspercentages van BOD (95 — 98 %) en van COD (90 — 93 %). In de experimenteerstraat wordt stikstof met ruim 40 % verwijderd, in de PZA-straat zelfs met ruim 70 % hetgeen waarschijnlijk door gedeeltelijke denitrificatie wordt veroorzaakt. Ook de biologische fosforverwijdering is met 55 % (experimenteerstraat) en 60 % (PZA) aan de hoge kant. Hiervoor is ten dele het hoge Ca<sup>2+</sup>-gehalte van het afvalwater verantwoordelijk.

De gegevens 'effluent fosforverwijdering' (EFV) in tabel II moeten tegen de achtergrond van een nog niet goed werkende denitrifikatiekolom worden gezien. Er zijn op de zandkollers van de kort geleden in bedrijf genomen kolom nog niet voldoende mikro-organismen aanwezig. Als gevolg hiervan wordt slechts 22 % van het nitraat verwijderd en derhalve ook slechts een gedeelte van het gedoseerde methanol geoxydeerd. Het gehalte aan organische stof in het effluent van de 2e fase is momenteel derhalve hoger dan hetgeen van de 1e fase.

De fosforverwijdering dient nog geoptimaliseerd te worden. Tijdens de inwerkperiode werd bij een molaire verhouding van gedoseerd Fe<sup>3+</sup>/totaal P van 2,6 een verwijderingsrendement van slechts 73 % gehaald, terwijl gedurende een ingelaste proefperiode bij Fe<sup>3+</sup>/P = 2,9 ruim 90 % (gebaseerd op gefiltreerde monsters) werd bereikt.

#### Literatuur

- Huisman, L.: *Academisch en post-academisch onderwijs in de waterleidingtechniek*, H<sub>2</sub>O 4 (1971), blz. 605-608.
- Koot, A. C. J.: *Vijftienvintig jaar onderwijs in de Gezondheidstechniek aan de Afdeling der Civiele Techniek van de Technische Hogeschool Delft*, H<sub>2</sub>O 8 (1975), blz. 2 - 5.
- Veldkamp, R. G.: *De proefinstallatie voor zuivering van afvalwater van het Laboratorium voor Gezondheidstechniek te Delft*, H<sub>2</sub>O 10 (1977), blz. 541-545 en 551.
- Veldkamp, R. G.: *Proefinstallatie voor betere zuivering van afvalwater*, Chemisch Weekblad 47 (1977), blz. m 663.
- Nieuwstad, Th. J.: *Het project zuivering van afvalwater*, H<sub>2</sub>O 11 (1978), blz. 226-229.
- Nieuwstad, Th. J., Barneveld, G. v.: *Ervaringen met denitrificatie in een gefluïdeerd bed op laboratoriumschaal*, H<sub>2</sub>O 12 (1979), blz. 430-436.
- Bolier, G.: *Mondelinge informatie*.



## ICW organiseert jubileumbijeenkomst 'Relatie onderzoek en praktijk'

Op 13 november 1980 organiseert het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding ter gelegenheid van zijn 25-jarig bestaan een bijeenkomst gewijd aan het thema 'Relatie onderzoek en praktijk' in het Cultureel Centrum Stichting De Reehorst te Ede. Over de inhoud van het programma en de opgave om deel te nemen volgen zo spoedig mogelijk nadere mededelingen.

## TNO-cursus microscopisch slibonderzoek

Het microscopisch beeld van actief slib uit een biologische afvalwaterzuiveringsinrichting verschaft informatie betreffende vlok grootte, vlokstructuur, protozoën, mate van draadvorming, soorten draadvormige organismen enz. Deze informatie is vrijwel onmisbaar om het zuiveringsproces te kunnen sturen en om bepaalde ontwikkelingen tijdig te signaleren en juist te interpreteren. Tevens zijn de uitkomsten van microscopisch slibonderzoek noodzakelijk om een juiste diagnose te kunnen stellen indien een bepaalde zuiveringsinrichting minder goed functioneert.

Tegen deze achtergrond heeft de Afdeling Water en Bodem van het Instituut voor Milieuhygiëne en Gezondheidstechniek TNO, in het kader van een STORA-onderzoekproject in najaar 1979 op vier plaatsen in Nederland een cursus microscopisch slibonderzoek gegeven. Aan deze cursus konden alleen STORA-leden deelnemen. In verband met gebleken belangstelling van anderen o.a. van industriële zijde, overweegt de Afdeling Water en Bodem van het IMG-TNO ook voor deze groep geïnteresseerden één of meer cursussen te organiseren.

Aan de orde komen o.a.:

- het instellen en gebruiken van een microscoop;
- protozoën in actief slib;
- vlok morfologie;
- visuele schatting van het aantal draadvormige mikro-organismen;
- identificatie van draadvormige organismen;
- het vastleggen van een microscopisch beeld.

Een cursus zal drie dagen duren en zal in Delft worden gegeven. Voor nadere informatie en/of voor opgave: ir. D. H. Eikelboom, IMG-TNO, afdeling Water en Bodem, Postbus 214, 2600 AE Delft, tel. (015) 569330, toestel 2238.