

## **Modelleren van actiefslibsystemen**

Keuze van model en programmatuur

## Modelleren van actiefslibsystemen



Keuze van model en programmatuur

95-01

Publikaties en het publikatieoverzicht  
van de Stowa kunt u uitsluitend  
bestellen bij:  
Hageman Verpakkers BV  
Postbus 281  
2700 AC Zoetermeer  
tel. 079-611188  
fax 079-613927  
o.v.v. ISBN- of bestelnummer en  
een duidelijk afleveradres.  
ISBN 90.74476.21.x

## Ten geleide

In de afvalwaterzuiveringstechniek wordt steeds meer gebruik gemaakt van dynamische modellen voor de simulatie van het actiefslibproces: voor procesanalyse, bedrijfsvoering, optimalisatie, regeling en opleiding. De potentiële toepassingsgebieden voor het gebruik liggen bij de waterkwaliteitsbeheerders, de universiteiten en ingenieursbureaus.

Voor het simuleren van het actiefslibproces bestaan meerdere modellen en zeer veel verschillende computerprogramma's, hetgeen de uitwisselbaarheid en de vergelijkbaarheid van resultaten niet ten goede komt.

Het thans voorliggende rapport tracht op basis van een evaluatie van bestaande modellen en dynamische computerprogramma's de mogelijkheid na te gaan om in Nederland te komen tot een gestandaardiseerd gebruik van één model voor het actiefslibstelsel en één dynamisch computerprogramma.

De werkzaamheden werden door het bestuur van de STOWA opgedragen aan DHV Water B.V. (projectteam ir. R.J. van der Kuij, ir. K. Meinema en dr.ir. W.C. Witvoet). Het project werd namens de STOWA begeleid door een commissie bestaande uit ing. P.P. Weesendorp (voorzitter), mw. dipl.-ing. G. Both, ir. F.T. van Breukelen, ir. P.J.M. Knaapen en ir. P.C. Stamperius.

Het onderzoek geeft aan dat het IAWQ-model nr 1 wereldwijd en op grote schaal wordt toegepast en beschouwd kan worden als wereldstandaard. Waar het uitbreidingen en implementatie van nieuwe ontwikkelingen betreft, wordt er structureel aan dit model gewerkt. Voor de door de STOWA op het gebied van modelleren verder te nemen stappen wordt, behalve voor dit model, ook gekozen voor het zeer gebruikersvriendelijke programma SIMBA, ontwikkeld door het Duitse Institut für Automation und Kommunikation IFAK.

Utrecht, februari 1995

De directeur van de STOWA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

**INHOUD****BLAD**

	SAMENVATTING	4
1	INLEIDING	5
2	OVERZICHT MODELLEN	6
	2.1 UCT-model	6
	2.2 IAWQ-model	6
	2.3 DENIKA-model	6
	2.4 KLAER-model	6
	2.5 IMPERIAL COLLEGE-model	7
	2.6 BKH-model	7
3	OVERZICHT COMPUTERPROGRAMMA'S	8
	3.1 UCTOLD	8
	3.2 IAWQ	8
	3.3 DENIKA	8
	3.4 KLAER	8
	3.5 IMPERIAL COLLEGE	9
	3.6 EFOR	9
	3.7 SIMBAD	10
	3.8 AQUA-SYSTEM	10
	3.9 VITUKI	10
	3.10 STREAM	11
	3.11 LIT	11
	3.12 GPS-X	11
	3.13 VDSE <sup>WT</sup>	12
	3.14 SPEEDUP	12
	3.15 SIMBA	13
4	INVENTARISATIE TOEPASSING IN NEDERLAND	14
	4.1 Inleiding	14
	4.2 Gebruik van modellen en programma's	14
	4.3 Wensen ten aanzien van het gebruik van modellen en programma's	16
5	SELECTIE VAN MODEL EN PROGRAMMA	17
	5.1 Keuze model	17
	5.2 Keuze tussen simulatieprogramma en computerprogramma met modellenbank	18
	5.3 Keuze van computerprogramma met modellenbank	18
	5.4 Voorstel	22
6	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	23

## Bijlagen

- 1      Overzicht van computerprogramma's
- 2      Vergelijking tussen GPS-X, VDSE<sup>WT</sup> en SIMBA
- 3      Verklarende woorden- en begrippenlijst
- 4      SIMBA



## SAMENVATTING

In de afvalwaterzuiveringstechniek wordt steeds meer gebruik gemaakt van dynamische modellen voor de simulatie van actiefslibsystemen. Toepassingen liggen doorgaans op het gebied van procesanalyse, bedrijfsvoering en optimalisatie. Technologisch worden steeds hogere eisen aan het zuiveringsproces gesteld, waardoor het noodzakelijk is een beter inzicht te verkrijgen in de werking ervan. Actiefslibmodellen kunnen daarbij nuttig zijn. De wetenschap heeft een aantal voor de praktijk bruikbare modellen voor het actiefslibproces ontwikkeld.

Er is een onderzoek naar het modelleren van actiefslibsystemen gestart ten behoeve van de ontwikkeling en de toepassing van modellen voor actiefslibsystemen in Nederland. De doelstelling van dit onderzoek is te inventariseren of het mogelijk is om in Nederland te komen tot een gestandaardiseerd gebruik van één model voor een actiefslibstelsel en één dynamisch computerprogramma.

Het eerste deel van dit onderzoek behelst een inventarisatie van de reeds aanwezige kennis en het gebruik van dynamische modellen in Nederland. In het algemeen kan worden geconcludeerd, dat het gebruik van dynamische modellen van actiefslibsystemen in Nederland nog in de kinderschoenen staat en nog niet op grote schaal wordt toegepast.

Door middel van een literatuurrecherche is in het tweede deel van het onderzoek onderzocht welke modellen van actiefslibsystemen bekend zijn. Uit dit onderzoek zijn zes modellen naar voren gekomen, die onderling met elkaar zijn vergeleken. Uiteindelijk is de keuze gevallen op het IAWQ-model, omdat dit model internationaal aanvaard is, een gegarandeerde ontwikkeling heeft en de processen momenteel het best beschrijft.

Na de keuze van het model van het actiefslibstelsel is onderzoek verricht naar bestaande simulatieprogramma's en modellenbanken, die gebaseerd zijn op dit model. Hierbij is specifiek rekening gehouden met de Nederlandse situatie, waarbij een programma dient te kunnen worden gebruikt door waterkwaliteitsbeheerders, ingenieursbureaus en universiteiten. Belangrijke eisen aan de programma's zijn de mogelijkheid tot het zelf ontwikkelen van componenten en regelstrategieën, en het kunnen simuleren van elke gewenste zuiveringsconfiguratie. Simulatieprogramma's, specifiek voor één model geschreven, voldoen niet aan deze eisen. Dit is echter wel het geval bij computerprogramma's met modellenbanken.

In totaal zijn vijf computerprogramma's met modellenbanken, die zijn gebaseerd op het IAWQ-model, met elkaar vergeleken en beoordeeld op basis van elf criteria. Een drietal programma's (GPS-X, VDSE<sup>WT</sup> en SIMBA) is softwarematig nagenoeg gelijk aan elkaar. Mede op basis van de kosten wordt geadviseerd om uit te gaan van SIMBA.

Om te komen tot een gestandaardiseerd gebruik van modellen en programma's in Nederland moet een structuur worden opgezet, waarin een aantal activiteiten ten behoeve van de gebruikers wordt gecoördineerd. Hierbij valt te denken aan de distributie van het programma, het opzetten van een informatielijn en het organiseren van lezingen en instructies. Voor de uitwisseling van kennis en ervaringen is het aan te bevelen een gebruikersplatform op te richten. Dit gebruikersplatform kan tevens wensen formuleren met betrekking tot aanpassing of uitbreiding van model of programma, alsmede voor onderzoek.



## 1 INLEIDING

In de afvalwaterzuiveringstechniek wordt steeds meer gebruik gemaakt van dynamische modellen voor de simulatie van actiefslibsystemen. Met name in Duitsland, Zwitserland, Denemarken en Zuid-Afrika wordt aan en met deze modellen gewerkt, en vinden ontwikkeling en toetsing plaats. Toepassingen liggen doorgaans op het gebied van bedrijfsvoering, procesanalyse en optimalisatie. Ook in Nederland is hiervoor een groeiende belangstelling waarneembaar. Op een aantal lokaties zijn in dit kader reeds activiteiten ontplooid.

Op het gebied van modelleren kunnen enkele begrippen worden onderscheiden. Deze zijn hieronder kort weergegeven:

- **model** = mathematische beschrijving van een proces of een complex van processen. Zo is er een model van een aëratietank, een model van een nabezinktank etc. Deze modellen op de juiste manier met elkaar verbonden geeft een model voor een rwzi;
- **simulatieprogramma** = een computerprogramma waarmee een model kan worden doorgerekend. Simulatieprogramma's kunnen zijn ontwikkeld rond een specifiek model, of modellen kunnen zijn opgebouwd in een bestaand simulatiepakket. Hierdoor is het niet mogelijk om gebruik te maken van andere modellen of andere configuraties;
- **computerprogramma's met modellenbanken** = een computerprogramma dat gebruik maakt van modellen opgeslagen in een zogenaamde modellenbank. Door deze verschillende modellen met elkaar te verbinden kan ieder type zuivering worden gesimuleerd.

In Nederland is een aantal potentiële toepassingsgebieden voor dynamische modellen. Deze modellen kunnen worden gebruikt door waterkwaliteitsbeheerders, universiteiten en ingenieursbureaus. Sommige maken reeds gebruik van een model. Het gaat hierbij in de meeste gevallen om het HSA-model of het IAWQ-model nr.1, maar ook andere modellen worden gebruikt. Deze modellen worden in zeer veel verschillende computerprogramma's toegepast. Dit komt de uitwisselbaarheid en met name de vergelijkbaarheid van gegevens niet ten goede.

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA) heeft een onderzoek "Modelleren van actiefslibsystemen" gestart ten behoeve van de ontwikkeling en de toepassing van modellen voor actiefslibsystemen in Nederland. Voor toepassingsgebieden kan worden gedacht aan bedrijfsvoering, optimalisatie van het zuiveringsproces, ontwerpen en opleiding. Een te kiezen of te ontwikkelen model moet door meer categorieën gebruikers - waterkwaliteitsbeheerders, ingenieursbureau's en universiteiten - kunnen worden toegepast.

In deze rapportage is in hoofdstuk 2 een overzicht gegeven van modellen van actiefslibsystemen. Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van computerprogramma's. Hoofdstuk 4 geeft de toepassing van modellen en programma's in Nederland weer. In hoofdstuk 5 is een keuze gemaakt voor één model en één computerprogramma. Hoofdstuk 6 tenslotte bevat de conclusies en de aanbevelingen.

## **2 OVERZICHT MODELLEN**

### **2.1 UCT-model**

Het UCT-model is ontwikkeld aan de Universiteit van Kaapstad. Het beschrijft het actiefslibproces zeer uitvoerig. Er wordt onderscheid gemaakt tussen 14 verschillende processen met 14 variabelen. Als belangrijkste parameters worden CZV en Kjeldahlstikstof beschouwd. CZV wordt vervolgens onderverdeeld in drie fracties, namelijk biologisch afbreekbaar (gemakkelijk en langzaam afbreekbaar), niet biologisch afbreekbaar (opgelost en particulier) en biomassa. Het UCT-model is voortgekomen uit een statisch model, waarin de processen voor koolstof en stikstof zijn beschreven. De belangrijkste onderdelen van het dynamische model zijn de bisubstraat hypothese, dat wil zeggen de onderverdeling tussen gemakkelijk en slecht biologisch afbreekbaar CZV, en de dood-regeneratie hypothese. Dit laatste behelst het ontstaan van niet afbreekbaar en langzaam afbreekbaar materiaal na het afsterven van biomassa. Het UCT-model is in een latere versie uitgebreid met een beschrijving van de fosfaatverwijderingsprocessen.

### **2.2 IAWQ-model**

Het IAWQ-model is een gemodificeerde versie van het UCT-model. De International Association on Water Pollution Research and Control (IAWQ) heeft een Task Group ingesteld, die op basis van het UCT-model een standaard model heeft ontwikkeld.

Ten opzichte van het UCT-model zijn twee belangrijke veranderingen aangebracht in de matrix van processen en parameters. Deze veranderingen hebben betrekking op de adsorptie en de omzetting van langzaam afbreekbaar CZV in gemakkelijk afbreekbaar CZV door extracellulaire enzymen. Hierdoor is de matrix vereenvoudigd tot 10 processen en 13 parameters.

### **2.3 DENIKA-model**

In Duitsland is door het Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover (ISAH) een model voor het actiefslibproces ontwikkeld op basis van de ATV-A131 richtlijn en de Hochschulansatz (HSG9). Het model is voortgekomen uit het statische model DENNI en is in feite een halfdynamisch model.

Bij de ontwikkeling is een aantal aannames gedaan met betrekking tot de (dynamiek van de) processen van het actiefslibstelsel, waardoor het basisprincipe van het IAWQ-model veel eenvoudiger kan worden uitgevoerd. Dit komt de nauwkeurigheid echter niet ten goede. In DENIKA wordt uitgegaan van een gemiddelde slibamenstelling, die niet verandert. Alleen de concentraties van ammonium en nitraat in het effluent kunnen worden gesimuleerd.

### **2.4 KLAER-model**

Het model KLAER is een eenvoudig model voor een zuivering en evenals DENIKA ontwikkeld door het ISAH. In het model wordt alleen de afbraak van organische stof door heterotrofe bacteriën berekend. De belangrijkste parameters zijn BZV en zwevend stof. De verwijdering van stikstof en fosfaat is niet gemodelleerd.



## 2.5 IMPERIAL COLLEGE-model

Op het Department of Civil Engineering van het Imperial College te Londen is een eenvoudig dynamisch model ontwikkeld ten behoeve van optimalisatie van de effluentkwaliteit of de exploitatiekosten. Voor de berekening van de exploitatiekosten is voornamelijk uitgegaan van energiekosten voor pompen en beluchters. Het model bestaat uit twee delen, namelijk een oxydatiesloot en een optimalisatie-algoritme.

Teneinde een eenvoudig model voor het actiefslibstelsysteem te verkrijgen is een aantal aannames gedaan, waaronder:

- een kleine en constante netto biomassagroei;
- opgelost BZV is nagenoeg nul;
- de mate van zuurstofverbruik is een functie van het BZV in het influent;

Het model omvat de oxydatie van koolstof en stikstof, alsmede het nabezinkproces bestaande uit afscheiding en indikking.

## 2.6 BKH-model

Door het ingenieursbureau BKH wordt een eigen model ontwikkeld. Hierbij is uitgegaan van het DENIKA-model, dat in Lotus is geïmplementeerd. Het model berekent dynamisch de verwijdering van ammonium en nitraat en derhalve de effluentkwaliteit, gebaseerd op de reactiekinetiek van statische modellen.

### 3 OVERZICHT COMPUTERPROGRAMMA'S

#### 3.1 UCTOLD

UCTOLD is gebaseerd op het UCT-model voor het actiefslibproces en een eenvoudig model voor het nabezinkproces. Voor de bezinking wordt uitgegaan van een volledige scheiding tussen slib en water.

Als invoer dient het aanvoerpatroon van CZV en  $N_{Kj}$  over de dag. Eventueel kan voor een statische berekening ook worden uitgegaan van een gemiddelde aanvoer. De configuratie van de zuivering moet worden ingevoerd. Belangrijke aspecten hierbij zijn:

- het aantal reactoren;
- de verdeling van het influent over de reactoren;
- beluchte of onbeluchte reactoren;
- interne stromen tussen reactoren.

De volgende parameters kunnen worden ingevoerd: slibleeftijd, temperatuur, influentdebiet, retourlibdebiet, intern recirculatie-debiet. Door de grootte van deze parameters te veranderen kan het proces worden geregeld.

Tevens kunnen de kinetische constanten en de stoïchiometrie worden aangepast.

UCTOLD kan worden gedraaid op een IBM PC onder DOS 3.0 of hoger. De grootte van het RAM-geheugen bepaalt het aantal mogelijke reactoren. Het programma is menugestuurd.

#### 3.2 IAWQ

Het simulatieprogramma van de IAWQ heeft dezelfde opzet als UCTOLD. Vanzelfsprekend is hierbij het IAWQ-model voor het actiefslibproces geïntegreerd in plaats van het UCT-model.

#### 3.3 DENIKA

Het DENIKA-model van het ISAH is ook uitgewerkt tot een programma voor een zuiveringsinstallatie. Ten gevolge van de eenvoud van het model kunnen alleen de ammonium- en nitraatconcentraties in het effluent worden gesimuleerd. Het proces kan worden geregeld door middel van de zuurstofinbreng en het retourlibdebiet.

Voor de parameters kan gebruik worden gemaakt van de standaardwaarden van de Hochschule Hannover, waar het model is ontwikkeld.

DENIKA kan worden gedraaid op een IBM PC onder DOS 3.0 of hoger. Het programma is menugestuurd.

#### 3.4 KLAER

Het programma KLAER bestaat uit een model van het voorbezinkproces, van het actiefslibproces en van het nabezinkproces. Het nabezinktankmodel bestaat uit een 10-lagen model, waarbij gebruik is gemaakt van de fluxtheorie. Verschillende besturingsstrategieën kunnen worden gesimuleerd. Het model kan met name worden gebruikt voor lange termijnvoorspellingen.



### 3.5 IMPERIAL COLLEGE

Het model van het actiefslibstelsysteem, zoals ontwikkeld door het Imperial College, is geïmplementeerd in een simulatieprogramma. Het kan enerzijds dienen voor een optimalisatie van de effluentkwaliteit en anderzijds voor een optimalisatie van de exploitatiekosten. De controleparameters zijn:

- de effluentkwaliteit (bijvoorbeeld BZV,  $\text{NO}_3$ );
- de zuurstofconcentratie;
- procesindicatoren (F/M-verhouding, slibleeftijd, Oxygen Uptake Rate);
- drogestofgehalte;
- geïntegreerde beheersing van prestaties en kosten.

Het dynamische model is gericht op controle en besturing. De inputvariabelen moeten worden voorspeld voor een bepaalde tijdsperiode gebaseerd op Auto Regressive Integrated Moving Average (ARIMA). De bepaling van de parameters geschiedt met behulp van de kleinste kwadratenmethode.

De optimalisatie is een minimalisatie van een functie van de effluentparameters (bijvoorbeeld  $\text{NH}_4$ , zwevend stof) of van de exploitatiekosten (beluchting, retourslibpompen, slibafvoer).

In het programma kan voor het actiefslibproces eventueel ook het IAWQ-model worden ingebouwd.

De invoervariabelen zijn het influentdebiet, concentratie van zwevend stof en ammonium in het influent. De variabelen, die kunnen worden geregeld, zijn het retourslibdebiet, het surplusslibdebiet en de beluchttingsintensiteit.

In de literatuur staat niet vermeld, welke hardware nodig is om met dit programma te kunnen werken.

### 3.6 EFOR

Het EFOR-programma is ontwikkeld in Denemarken door het Deens Instituut voor Waterkwaliteit, de Technische Universiteit Denemarken, Emolet Data, Cowi Consult AS en I. Krüger AS.

Het programma geeft een beschrijving van de lay-out, de hydraulica, de fysische en de biologische processen. De volgende processen zijn geïntegreerd:

- voorbezinking;
- préprecipitatie;
- biosorptie;
- actiefslibprocessen (IAWQ: koolstofoxydatie, nitrificatie, denitrificatie aangevuld met simultane precipitatie);
- nabezinking (eenvoudig model of fluxtheorie).

Belangrijke kenmerken van dit model zijn:

- de mogelijkheid tot het inbouwen van regelingen voor beluchting, surplusslib, retourslib, recirculatie, chemicaliëndosering, koolstofdosering, overstortrandcontrole;
- regeling kan geschieden met behulp van debiet, zuurstofconcentratie, nitraatconcentratie, ammoniumconcentratie, fosfaatconcentratie, slibniveau;
- de methoden ten aanzien van de regeling zijn aan/uitschakeling, stappenregeling, proportionele regeling, debietproportionele regeling, tijdregeling.

Voor de parameters worden defaultwaarden gebruikt volgens het IAWQ-model, behalve waar onderzoek andere waarden heeft opgeleverd.

Momenteel wordt gewerkt aan een versie van het model met biologische defosfatering.

In de literatuur staat niet vermeld, welke hardware nodig is om met dit programma te kunnen werken.



### 3.7 SIMBAD

SIMBAD is de afkorting van SIMulation des Boues Activées Dynamique. Het simulatieprogramma is ontwikkeld door Anjou Recherche en Générale des Eaux in Frankrijk. Het is gebaseerd op het IAWQ-model. Het is met name ontwikkeld voor de dimensionering van rwzi's en voor ondersteuning van de bedrijfsvoering.

Voor de nabezinktank wordt gebruik gemaakt van een model volgens de flux theorie.

De regelparameters zijn de dimensies van de tanks, de sibleeftijd, het zuurstofgehalte, het retourslibdebiet en interne recirculatiedebieten.

SIMBAD kan worden gedraaid op een IBM PC onder DOS.

### 3.8 AQUA-SYSTEM

Program nr. 111 van AQUA-SYSTEM uit Zwitserland is ontwikkeld op basis van het IAWQ-model en op basis van programma's van Gujer, één van de ontwikkelaars van het IAWQ-model.

Ten opzichte van het IAWQ-model is een aantal wijzigingen doorgevoerd. Dit betreft de processnelheden voor aërobe en anoxische groei van heterotrofe bacteriën en de processnelheid voor nitrificatie. De formules zijn ten opzichte van de oorspronkelijke formules van het IAWQ-model uitgebreid met extra Monod-termen.

Het nabezinktankmodel bestaat uit een ideale afscheider, waarbij al het slib in het retourslib komt.

Invoervariabelen zijn CZV, het Kjeldahlstikstof-, het nitraat- en het bicarbonaatgehalte.

Er zijn twee soorten regelingen ingebouwd, namelijk proportionele regelingen en stappenregelingen.

Program nr. 111 beschrijft actiefslibsystemen. Daarnaast is er nog nr. 112 voor alternerende systemen en nr. 113 voor tweetrapssystemen.

Het programma kan worden gedraaid op een IBM PC onder DOS 3.0 of hoger. Het programma is menugestuurd.

### 3.9 VITUKI

Op het Institute for Water Pollution Control, VITUKI, te Budapest is een programma ontwikkeld op basis van het UCT-model.

Ten opzichte van het UCT-model is een aantal veranderingen aangebracht:

- de constanten, die de verschillende organische fracties in het afvalwater weergeven, zijn veranderd in variabelen (evenals de temperatuur);
- de maximale substraatdegradatiesnelheid is veranderd.

Daarnaast is het model voorzien van de Langmuir-isotherm, zodat de dosering van actiefkool kan worden gesimuleerd.

Tenslotte is de Pflanz-vergelijking geïmplementeerd ten behoeve van de bezinking en retourslibconcentratie.

Het programma kan worden gedraaid op een IBM PC onder DOS.

### 3.10 STREAM

DHV Water BV heeft de beschikking over verschillende simulatiemodellen, die zijn samengebracht onder de naam STREAM. De modellen in STREAM zijn geschreven in de simulatietaal SIMPLEX. De beschrijving van de biologische zuiveringsprocessen en de karakterisering van het influent zijn gebaseerd op het IAWQ-model.

De opstellers van het IAWQ-model hebben het model gecalibreerd voor een Zwitserse zuiveringsinrichting. Bij de toepassing in Nederland is gebleken dat de uitkomsten van het model niet overeenkomen met de Nederlandse praktijkwaarden. Het model is daarom gecalibreerd met behulp van de Nederlandse modelparameters op basis van praktijkervaringen van DHV en anderen in Nederland.

STREAM is opgebouwd uit verschillende modellen, die elk een procesonderdeel beschrijven. Dit zijn onder andere een aërietank (op basis van het IAWQ-model), een voorbezinktank en een nabezinktank. Met deze bouwstenen kan op een vrij eenvoudige wijze ieder denkbaar actiefslibstelsysteem worden gemodelleerd.

De opdeling van het biologische deel van de zuiveringsinrichting in verschillende compartimenten is niet gebonden aan een maximum. Het aërietankmodel beschrijft de biologische zuiveringsprocessen in een ideaal gemengde tank. Door verschillende tanks achter elkaar te plaatsen, kan een propstroom of een omloopreactor worden gesimuleerd.

Het is bovendien mogelijk om regelingen in het model in te bouwen. Hiermee kan de zuiveringsinrichting worden gestuurd en geoptimaliseerd. In principe kan elke denkbare regeling worden gesimuleerd.

De simulatietaal SIMPLEX draait onder UNIX. Omdat er geen grafische user interface is, is het programma minder gebruikersvriendelijk.

### 3.11 LIT

Door het Lund Institute of Technology (LIT), Department of Automatic Control, is in opdracht van de Swedish Board for Technical Development een modellenbank gemaakt.

De verschillende modellen kunnen met behulp van een verbindingssysteem met elkaar worden verbonden tot een totaal model van een zuiveringsinstallatie. De taal, waarin de modellen en het verbindingssysteem zijn geschreven is SIMNON.

De parameters, de initiële waarden en de vergelijkingen zijn eenvoudig aan te passen.

### 3.12 GPS-X

De GENERAL PURPOSE SIMULATOR (GPS-X) is een modulair/multi-purpose modelleersysteem, ontwikkeld door Hydromantis in Canada. Het is bedoeld en wordt gebruikt voor analyse, ontwerp, bedrijfsvoering en controle van rwzi's.

GPS-X bestaat uit een bibliotheek van modellen, waaronder:

- voorbezinking;
- aërobe biologische modellen (koolstof, stikstof, biologische fosfaatverwijdering);
- anaërobe biologische modellen;
- hydraulische componenten (egalisatiebassins, verdeelwerken, pompen);
- nabezinking.

Daarnaast zijn modellen voor chloring, filtratie en chemische fosfaatverwijdering in ontwikkeling.

Door de grote verscheidenheid aan modellen kunnen nagenoeg alle zuiveringsconfiguraties worden gesimuleerd.



GPS-X draait onder alle soorten UNIX, die XVIEW ondersteunen. Het is een gebruikersvriendelijk systeem met volledige menubesturing. Eigen visies met betrekking tot de besturing en regeling kunnen afhankelijk van de versie zelf worden aangebracht. Er is een uitgebreid aantal regelingen opgenomen in GPS-X.

GPS-X kan worden toegepast in samenhang met een kennissysteem (G2), waardoor het mogelijk is eventuele procesafwijkingen op basis van de simulatie te voorspellen. Tevens is een verbinding naar MATLAB in voorbereiding, zodat het toepassen van complexe geavanceerde regelingen mogelijk wordt.

### 3.13 VDSE<sup>WT</sup>

Door VERTIS wordt een programma ontwikkeld, dat enerzijds gebruik maakt van de modellenbank van GPS-X, maar anderzijds een compleet andere user interface heeft. Deze user interface wordt zodanig opgebouwd, dat communicatie mogelijk is met databases (van bijvoorbeeld meetwaarden) en statistische rekenprogramma's. VDSE<sup>WT</sup> maakt gebruik van het kennissysteem G2.

VDSE<sup>WT</sup> draait onder alle soorten UNIX. Het is een gebruikersvriendelijk systeem met volledige menubesturing. Eigen visies met betrekking tot de besturing en regeling kunnen afhankelijk van de versie zelf worden aangebracht. Er is een uitgebreid aantal regelingen opgenomen in VDSE<sup>WT</sup>.

### 3.14 SPEEDUP

SPEEDUP is door het Amerikaanse bedrijf Aspen Technology Inc. ontwikkeld en op de markt gebracht. Het programma is speciaal voor de chemische industrie geschreven. Dit betekent, dat de modellenbank voornamelijk fysisch-chemische processen bevat. Modellen voor de biologische processen in een afvalwaterzuiveringsinstallatie, zoals het IAWQ-model en het UCT-model, bevat het programma niet, maar kunnen op eenvoudige wijze worden geïmplementeerd.

Het programma beschikt niet over een zogenaamde grafische user interface, waardoor het gebruikersgemak niet zo hoog is als programma's die hier wel over beschikken. De connecties tussen de verschillende modellen moeten namelijk zelf worden geschreven in een zogenaamde high-level component.

Sterke punten van het programma zijn de mogelijkheid om met externe programma's/databases/on-line gegevens te communiceren en de mogelijkheid tot het maken van een executable file. Deze laatste kan zelfstandig draaien op een andere computer en is met name geschikt voor bedrijfsvoerders.

SPEEDUP draait onder UNIX.



### 3.15 SIMBA

SIMBA is een Duits computerprogramma, dat is ontwikkeld door het IFAK (Institut für Automation und Kommunikation). Het is gebaseerd op SIMULINK, een dynamisch computerprogramma, dat door het Amerikaanse bedrijf Math Works Inc. is ontwikkeld. Het programma bestaat uit twee hoofdcomponenten, namelijk modelleren en analyse. Met behulp van de modelleer-component kan op eenvoudige wijze via een grafische methode een blokdiagram worden samengesteld. Deze blokken - bijvoorbeeld de verschillende zuiveringstechnieken - worden bewaard in een bibliotheek. De analyse-component beschikt over drie categorieën van analysetechnieken, namelijk simulatie, linearisatie en evenwichtspuntbepaling.

Het programma beschikt over verschillende methoden ter oplossing van differentiaalvergelijkingen. Daarnaast maakt SIMULINK gebruik van het rekenprogramma MATLAB, waardoor alle mogelijkheden van dat programma ook kunnen worden aangewend. Dit houdt onder meer in parameteroptimalisatie, gevoeligheidsanalyse en het ontwerpen van geavanceerde controlecomponenten.

MATLAB/SIMULINK heeft de mogelijkheid om gegevens uit te wisselen met een groot aantal programma's, alsmede on-line metingen.

SIMBA kan zowel onder DOS op een IBM-compatibele PC draaien als onder UNIX.

## 4 INVENTARISATIE TOEPASSING IN NEDERLAND

### 4.1 Inleiding

Naast de inventarisatie van modellen en programma's, die in de hoofdstukken 2 en 3 is beschreven, is ook het huidige gebruik van modellen en programma's in Nederland geïventariseerd. Hiertoe zijn in eerste instantie de verschillende groepen (waterkwaliteitsbeheerders, universiteiten en ingenieursbureaus) benaderd door middel van een enquête en vervolgens door middel van drie workshops. De groepen zijn apart benaderd, omdat het doel en daarmee de toepassingsgebieden per groep verschillend zijn. In deze enquête en workshops is gevraagd naar het gebruik van modellen en de eventuele wensen, die aan modellen en programma's worden gesteld.

### 4.2 Gebruik van modellen en programma's

In tabel 1 staat het gebruik en de aanwezige kennis van modellen en programma's weergegeven.

Uit de inventarisatie blijkt dat het gebruik van modellen en programma's in eigen beheer bij de waterkwaliteitsbeheerders nog beperkt is. Enkele waterkwaliteitsbeheerders hebben wel een model of programma aangeschaft, maar dit wordt nog niet structureel gebruikt. Door sommige waterkwaliteitsbeheerders is in samenwerking met ingenieursbureaus reeds een aantal projecten op het gebied van dynamische simulatie uitgevoerd.

De ingenieursbureaus hebben meer ervaring met het gebruik van dynamische computermodellen. Door sommige wordt een geheel eigen model ontwikkeld, andere maken een programma op basis van het IAWQ-model of het DENIKA-model. Daarnaast echter zijn er ook ingenieursbureaus die gebruik maken van bestaande programma's.

De universiteiten maken ten dele gebruik van bestaande modellen, maar verrichten primair fundamenteel onderzoek naar de juistheid van bestaande modellen en wijzigen deze naar eigen inzichten en nieuwe ontwikkelingen. Hierbij valt ondermeer te denken aan modellen voor biologische fosfaatverwijdering en slibbezink eigenschappen.

Al met al kan worden geconcludeerd, dat het gebruik van dynamische computermodellen van actiefslibsystemen in Nederland nog in de kinderschoenen staat en nog niet op grote schaal plaatsvindt.

In Europees verband is een COST-project gestart op het gebied van modelleren van zuiveringsinstallaties. Namens Nederland zitten hierin vertegenwoordigers van de L.U. Wageningen en de T.U. Delft. De doelstelling van COST is enerzijds het stimuleren van onderzoek en anderzijds uitwisseling van kennis en gegevens.

**Tabel 1**  
**Gebruik en kennis van modellen en programma's (oktober 1993)**

Reacties	Model	Programma	Toepassingsgebied	Wensen
<b>Waterkwaliteitsbeheerders</b>				
ZS Oostelijk – Gelderland	geen	geen	niet	eenvoud, flexibiliteit
RW Amsterdam	geen	geen	niet	eenvoud, flexibiliteit, standaard configuraties
WS Friesland	geen	geen	niet	–
HH van Schieland	geen	geen	niet	t.b.v. optimalisatie, sturing, SVI
HH van US	geen	geen	niet	verschillende gebruikersniveaus, standaard configuraties
ZS Veluwe	DENIKA	DENIKA	niet	optimalisatie
ZS Amstel – en Gooiland	geen	geen	niet	optimalisatie, ontwerp, opleiding
Pr. Utrecht	geen	geen	niet	gebruikersvriendelijk, bio – P, SVI
GTD	IAWQ	AQUA – SYSTEM	niet	–
Pr. Groningen	geen	geen	niet	optimalisatie
ZS West – Overijssel	geen	geen	niet	–
HH West – Brabant	geen	geen	niet	t.b.v. regelingen
ZS Limburg	geen	geen	niet	scholing, optimalisatie, bedrijfsvoering
HS Fleverwaard	geen	geen	niet	–
ZS Regge & Dinkel	geen	geen	niet	verschillende gebruikersniveaus
HH van Rijnland	geen	geen	niet	scholing, uitwisseling
ZS Drenthe	geen	geen	niet	–
<b>Universiteiten</b>				
T.U. Delft	eigen ontwikkeling	BIOSIM, ASIM	onderzoek, procesregeling, ontwerp, onderwijs	)
T.U. Eindhoven	IAWQ	?	onderzoek, regelstrategieën	) internationaal model + ontwikkeling van nieuw
L.U. Wageningen	vereenvoudigd IAWQ	SIMNON, STEM	onderzoek, parameterschatting, regelstrategieën	) model
V.U. Amsterdam	eigen ontwikkeling	?	onderzoek	)
<b>Ingenieursbureaus</b>				
Witteveen & Bos	eigen ontwikkeling	FRAME, PSI	optimalisatie, sturing	eenvoud
Grontmij	IAWQ	AQUA – SYSTEM	optimalisatie, sturing	internationaal geaccepteerd
BKH	BKH (gebaseerd op DENIKA)	LOTUS	onderbouwing van ontwerpkeuzes	geen
Haskoning	geen	geen	niet	–
TAUW Infra	IAWQ	?	optimalisatie	–
VERTIS	IAWQ	GPS – X	simulatie, ontwikkeling	–
DHV Water	IAWQ	SIMPLEX	optimalisatie, sturing, uittesten van maatregelen	flexibiliteit



### 4.3 Wensen ten aanzien van het gebruik van modellen en programma's

In het algemeen kan worden gesteld, dat waterkwaliteitsbeheerders behoefte hebben aan:

- een model dat eenvoudig is ten aanzien van het gebruik (o.a. calibratie en validatie);
- een model dat gericht is op stikstof, fosfaat en SVI;
- een model dat gebruik kan maken van defaultwaarden;
- een programma dat beschikt over standaard zuiveringsconfiguraties.

Het belangrijkste doel van de waterkwaliteitsbeheerders is het uitvoeren van procesoptimalisatie in allerlei facetten. Dat wil zeggen, het verkrijgen van een zo goed mogelijke effluentkwaliteit, een optimale regeling van de beluchters e.d.

De universiteiten hebben geen specifieke wensen op het gebied van modellen en programma's naar voren gebracht.

De ingenieursbureaus zijn van oordeel, dat het uit oogpunt van communicatie aan te bevelen is om in Nederland gebruik te maken van één model voor actiefslibsystemen. De voorkeur gaat hierbij uit naar het IAWQ-model vanwege zijn algemene mogelijkheden.

Een model moet zodanig uitgebreid zijn dat het geen beperking is bij het simuleren van alle mogelijke situaties. Een eventueel programma dient bij voorkeur op verschillende niveaus te kunnen worden gebruikt, afhankelijk van de eisen die door de gebruiker (bedrijfsvoerder, technoloog, etc.) worden gesteld.

## 5 SELECTIE VAN MODEL EN PROGRAMMA

### 5.1 Keuze model

De in hoofdstuk 2 vermelde modellen van het actiefslibsysteem zijn op basis van een aantal criteria met elkaar vergeleken. Deze keuzecriteria zijn:

- dynamisch model voor biologische processen.  
Hiermee wordt bedoeld dat het model volledig dynamisch moet zijn voor de biologische processen, die zich afspelen in een actiefslibsysteem. Alleen volledig dynamische modellen kunnen worden gebruikt voor procesanalyse, optimalisatie en ontwikkelen van regelstrategieën.
- internationaal aanvaard en toepasbaar.  
Met het oog op de verdere ontwikkeling van het model dient het internationaal aanvaard te zijn en te worden toegepast.
- gegarandeerde ontwikkeling in de toekomst.
- betrokken parameters.  
Teneinde de processen goed te kunnen beschrijven moeten minimaal koolstof en stikstof zijn gemodelleerd.

In tabel 2 is een indicatieve vergelijking van de modellen weergegeven.

Tabel 2  
Vergelijking in hoofdlijnen tussen de modellen

	UCT <sup>1)</sup>	IAWQ <sup>2)</sup>	DENIKA	KLAER	IMPERIAL COLLEGE	BKH
dynamisch model	++	++	+/-	+/-	++	+/-
internationaal aanvaard en toepasbaar	++	++	++	-	-	-
gegarandeerde ontwikkeling	+/-	++	++	+/-	+/-	+/-
parameters	CZV N P	CZV N	BZV N	BZV Zw.St.	BZV N	BZV N

1) fosfaat in een latere versie  
2) fosfaatversie is in ontwikkeling

Op basis van tabel 2 vallen vier modellen af.

- het UCT-model, omdat de ontwikkeling min of meer is stop gezet. Het IAWQ-model wordt verder ontwikkeld (onder andere ten aanzien van de biologische fosfaatverwijdering);
- het KLAER-model, omdat alleen de verwijdering van BZV en zwevend stof kan worden gesimuleerd;
- het IMPERIAL COLLEGE-model, omdat het model niet internationaal aanvaard is en de ontwikkeling niet is gegarandeerd;
- het BKH-model, omdat het nog in een ontwikkelingsfase is en omdat dit beperkt is in systeemconfiguraties. Tevens is dit model niet internationaal aanvaard.



Zodoende blijven twee modellen over, namelijk het DENIKA-model (op basis van ATV-131 en Hochschulansatz HSG9) en het IAWQ-model. Het DENIKA-model is echter beperkter dan het IAWQ-model. Met name het denitrificatieproces wordt minder goed gesimuleerd. Nieuwe inzichten hebben recentelijk geleid tot een fractionering van de BZV, waardoor beide modellen naar elkaar toe groeien. In het algemeen is het IAWQ-model uitgebreider, waardoor er meer mogelijkheden zijn voor het simuleren van verschillende regelingen. Het model is daardoor wel complexer.

Ten gevolge van het fractioneren van de BZV in het DENIKA-model gaan de voordelen (eenvoudiger in- en uitvoer, influentkarakterisering en wijze van calibratie) ten opzichte van het IAWQ-model ten dele verloren. Tevens wordt verwacht, dat ten gevolge van onderzoek het gebruik van het IAWQ-model in de toekomst eenvoudiger wordt.

Op grond van bovenstaande wordt gekozen voor het IAWQ-model voor het modelleren van actiefslibsystemen.

## **5.2 Keuze tussen simulatieprogramma en computerprogramma met modellenbank**

Bij de keuze tussen de verschillende simulatieprogramma's en computerprogramma's met modellenbank moet rekening worden gehouden met de wensen van de toekomstige gebruikers. De belangrijkste doelgroepen zijn de waterkwaliteitsbeheerders en de ingenieursbureaus. Deze hebben behoefte aan programma's die op verschillende niveaus kunnen worden toegepast. Technologen hebben met name behoefte aan het zelf ontwikkelen en uitproberen van regelstrategieën, terwijl bij de bedrijfsvoering alleen setpoints worden gevarieerd. Eigen componenten kunnen alleen in modellenbanken worden toegevoegd, niet in simulatieprogramma's. Als een programma op verschillende gebruikersniveaus kan worden toegepast, kan het ook geschikt zijn voor opleiding van personeel.

Daarnaast moet een programma de mogelijkheid bieden om elke gewenste configuratie te simuleren. Programma's die slechts gebruik maken van een beperkt aantal standaardconfiguraties, voldoen derhalve niet.

Uit het voorgaande kan worden geconcludeerd dat simulatieprogramma's niet voldoen aan de eis dat het mogelijk moet zijn zelf componenten en regelingen te schrijven, en aan de eis dat iedere gewenste configuratie moet kunnen worden gesimuleerd. Derhalve wordt voor een keuze slechts de aandacht gericht op programma's die gebruik maken van modellenbanken.

## **5.3 Keuze van computerprogramma met modellenbank**

De in hoofdstuk 3 genoemde computerprogramma's op basis van een modellenbank worden in deze paragraaf nader beschouwd om tot een keuze te komen. Alleen het programma van het Lund Institute of Technology (LIT) is niet meegenomen in deze beschouwing omdat hierover te weinig informatie aanwezig was. De programma's zijn op basis van 11 criteria vergeleken. Per programma zijn deze criteria en de scores in tabelvorm weergegeven. Deze tabellen zijn in bijlage 1 opgenomen. In tabel 3 staat een samenvatting van deze tabellen.

**Tabel 3****Beoordeling van de verschillende programma's**

criterium	GPS-X	VDSE <sup>WT</sup>	SIMPLEX	SIMBA	SPEED-UP
gebruikersniveaus	+	++	-	+	+
mogelijkheden tot compilatie	-	-	-	+	+
aansluiting op andere systemen	+	++	+/-	+	+
eisen aan hard- en software	+	+	+	++	+
organisatie van de ontwikkelaar	+	+	+/-	+	+
ontwikkeling	+	+	+/-	+	+/-
voor- en nadelen (naar eigen inzicht)	+	+	-	+	+
wiskundige regelaars	+	+	+	++	+
ontwikkelomgeving	+/-	+	+/-	++	-
benodigde kennis	+	+	-	+	-
kosten	-	--	++	++	+/-

Voor tabel 3 geldt:

- ++ zeer goed
- + goed
- +/- redelijk
- matig
- slecht

### Gebruikersniveaus

Met name het programma VDSE<sup>WT</sup> biedt de mogelijkheid om op verschillende niveaus te werken door middel van het toekennen van passwords. Bij SIMPLEX is dit helemaal niet mogelijk, terwijl het bij GPS-X, SIMBA en SPEEDUP in beperkte mate mogelijk is.

### Mogelijkheden tot compilatie

Zowel SIMBA als SPEEDUP bieden de mogelijkheid om een gecompileerde versie van een bepaalde configuratie te maken, die stand-alone kan draaien. Dit is met name interessant voor de bedrijfsvoering op de rwzi.

### Aansluiting op andere systemen

SIMPLEX biedt de mogelijkheid om gegevens van databestanden in te lezen. GPS-X, SIMBA en SPEEDUP bieden bovendien nog de mogelijkheid om gegevens van on-line meetapparatuur te verwerken. VDSE<sup>WT</sup> heeft echter door toepassing van het programma G2 de meest uitgebreide mogelijkheden voor het inlezen van bestanden en communicatie met andere programma's, waaronder statistische programma's.

### Eisen aan hard- en software

Alleen SIMBA kan worden gedraaid op een IBM-compatibele PC (386 of hoger), de overige programma's (op VDSE<sup>WT</sup> na) draaien alleen onder UNIX en hebben derhalve een UNIX-machine nodig. Voor VDSE<sup>WT</sup> is de hardware afhankelijk van de soort toepassing, zie hiervoor bijlage 2.



### **Organisatie van de ontwikkelaar**

SIMPLEX wordt ontwikkeld door een universiteit. Dit is geen commerciële instelling, waardoor de ontwikkeling afhankelijk is van subsidie. De overige programma's worden ontwikkeld door gespecialiseerde bedrijven.

### **Ontwikkeling**

SIMPLEX is op dit moment nog niet gebruikersvriendelijk; er wordt gewerkt aan de grafische user interface. SPEEDUP is een algemeen simulatieprogramma, dat voor de toepassing op het gebied van de afvalwaterzuivering moet worden aangepast. Zowel GPS-X, VDSE<sup>WT</sup> als SIMBA is speciaal geschreven voor deze toepassing.

### **Voor- en nadelen naar eigen inzicht van de ontwikkelaar**

GPS-X beroept zich op het feit dat het momenteel het enige programma is, dat geschikt is voor de simulatie van rwzi's. VDSE<sup>WT</sup> heeft als voordeel dat het een Nederlands product is, waardoor de communicatie en de ontwikkeling gemakkelijker kunnen verlopen. SIMULINK (waarop SIMBA is gebaseerd) is naar eigen zeggen wereldleider op het gebied van simulatieprogramma's in het algemeen. SPEEDUP is wereldleider op het gebied van het ontwikkelen van simulatieprogramma's voor de procesindustrie. SIMPLEX is een simulatiepakket, dat geschikt is voor verschillende doeleinden (transport, zuiveringen, ecologie, etc).

### **Wiskundige regelaars**

In SIMBA zit een zeer uitgebreid scala aan wiskundige regelaars, waaronder fuzzy logic en neurale netwerken. Dit komt doordat SIMBA is gebaseerd op de combinatie MATLAB/SIMULINK. Deze zijn slechts in beperkte mate aanwezig in GPS-X, VDSE<sup>WT</sup>, SPEEDUP en SIMPLEX.

### **Ontwikkelomgeving**

Met dit criterium is aangegeven of het mogelijk is zelf eigen componenten, regelstrategieën en wiskundige regelaars te schrijven. Binnen SIMBA is dit op eenvoudige wijze mogelijk. De simulatietalen SIMPLEX en SPEEDUP vergen meer moeite, terwijl ACSL (de simulatietaal van GPS-X en VDSE<sup>WT</sup>) redelijk veel kennis vereist. Door toepassing van G2 is het schrijven binnen VDSE<sup>WT</sup> iets eenvoudiger dan binnen GPS-X.

### **Benodigde kennis**

De programma's GPS-X, VDSE<sup>WT</sup> en SIMBA zijn zeer gebruikersvriendelijk en vergen derhalve niet veel kennis om zelf aan de slag te gaan. Dit is niet het geval bij SIMPLEX en SPEEDUP. Voor het werken met die programma's is aanzienlijk meer kennis en ervaring gewenst/vereist.

### **Kosten**

De aanschafkosten van de verschillende programma's lopen uiteen van circa f 18.000,- tot f 400.000,-. Voor GPS-X en VDSE<sup>WT</sup> moeten ook nog jaarlijkse licentiekosten worden betaald. VDSE<sup>WT</sup> biedt voor gebruik een scala aan mogelijkheden aan met verschillende "prijskaartjes". Voor drie programma's zijn de jaarlijkse kosten nader uitgewerkt. Deze zijn in tabel 4 weergegeven. De berekening van de kosten is gebaseerd op de volgende uitgangspunten. Eénmalig wordt het programma en de hardware aangeschaft. De afschrijvingstermijn bedraagt drie jaar. Gedurende deze drie jaar dienen ook jaarlijkse gebruikskosten te worden betaald aan de leveranciers. Voor de berekening van de rekentijd is uitgegaan van een gemiddeld gebruik van circa 5 uur per week.

Zowel voor GPS-X, VDSE<sup>WT</sup> als SIMBA zijn er mogelijkheden om voor bepaalde onderdelen kwantumkorting te krijgen. Deze korting is niet meegenomen in de vergelijking.





Zowel GPS-X, VDSE<sup>WT</sup> als SIMBA zijn zeer gebruikersvriendelijke programma's en vergen een geringe kennis om met het programma te werken. Het grootste verschil tussen de programma's zijn de kosten. SIMBA is in vergelijking tot GPS-X en VDSE<sup>WT</sup> aanzienlijk voordeliger.

#### 5.4 Voorstel

Voor het modelleren van actiefslibsystemen wordt voorgesteld om uit te gaan van het IAWQ-model. Dit model is internationaal aanvaard. Tevens wordt op verschillende plaatsen gewerkt aan de verdere ontwikkeling van het model.

Ten behoeve van een computerprogramma wordt geadviseerd om uit te gaan van SIMBA. Deze keuze is gebaseerd op de kosten en andere niet in kosten uit te drukken factoren zoals aanwezigheid van verschillende gebruikersniveaus, wiskundige regelaars, ontwikkelomgeving en benodigde kennis.

## CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Op basis van het voorafgaande kan het volgende worden geconcludeerd:

- In Nederland is behoefte te komen tot een gestandaardiseerd gebruik van modellen en programma's op het gebied van de biologische processen in de rioolwaterzuivering.
- Het huidige gebruik van modellen en programma's beperkt zich tot universiteiten en ingenieursbureaus. De waterkwaliteitsbeheerders maken geen structureel gebruik van modellen en programma's.
- Uit een vergelijking tussen zes modellen voor actiefslibsysteemen blijkt, dat het IAWQ-model de meeste voordelen biedt en het meest geschikt is voor het modelleren.
- Een computerprogramma wordt met name gebruikt voor het optimaliseren van rwzi's en voor het ontwerpen van regelstrategieën. Voor dit laatste moeten eigen componenten worden geschreven. Dit is niet mogelijk bij simulatieprogramma's, maar wel bij computerprogramma's, die gebruik maken van een modellenbank.
- Een vergelijking tussen vijf computerprogramma's met modellenbanken leert dat drie programma's technisch en technologisch nagenoeg gelijkwaardig zijn, te weten GPS-X, VDSE<sup>WT</sup> en SIMBA. SIMBA heeft echter betere mogelijkheden voor het ontwerpen van regelingen en is bovendien financieel aantrekkelijker

Voor een gestandaardiseerd gebruik van modellen en programma's voor actiefslibsysteemen wordt geadviseerd uit te gaan van het IAWQ-model en het computerprogramma SIMBA. Daarnaast moet in Nederland een structuur worden opgezet, waarin een aantal activiteiten ten behoeve van de gebruikers wordt gecoördineerd. Hierbij valt te denken aan de distributie van het programma, het opzetten van een informatielijn en het organiseren van lezingen en instructies. Voor de uitwisseling van kennis en ervaringen is het aan te bevelen een gebruikersplatform op te richten.





## **BIJLAGE 1**

### **Overzicht van computerprogramma's**



## VDSE<sup>WT</sup>

VERTIS is ontstaan als joint-venture tussen AKZO en AVEBE ten behoeve van de automatisering (zowel administratief als procesmatig). Bij de verzelfstandiging is AKZO teruggetreden. Eén van de eerste opdrachten voor de procesautomatisering betrof de simulatie van een afvalwaterzuiveringsinstallatie van AVEBE. Hierna ontstond het idee om het programma uit te werken, zodat het eveneens geschikt zou zijn voor huishoudelijke installaties.

Het programma maakt gebruik van de modellenbank van GPS-X. Het computerprogramma heet G2, de modellen zijn geschreven in de (industriële) simulatietaal ACSL.

In tabel 1.1 staat de nadere beoordeling van het programma van VDSE<sup>WT</sup> weergegeven.

Tabel 1.1  
VDSE<sup>WT</sup>

1	gebruikersvrijheden	d.m.v. passwords is het gebruikersniveau te regelen
2	mogelijkheden tot compilatie	geen mogelijkheid tot stand-alone versie (.exe)
3	aansluiting op andere systemen	G2 biedt de mogelijkheden tot gegevensuitwisseling met andere hardware (substations) en software (databases, statistische rekenprogramma's, etc)
4	eisen t.a.v. hardware en software	G2 draait onder UNIX, derhalve is een IBM-compatibele machine niet geschikt als server; wellicht wel als netwerkstation
5	organisatie van de ontwikkelaar	Vertis heeft zowel technologen als informatici in dienst. ± 15 man werkt continu aan de ontwikkeling van het programma
6	ontwikkeling	eind 1994 is het basisprogramma gereed. Er wordt samengewerkt met Hydromantis
7	voor- en nadelen naar eigen inzicht	een voordeel is, dat het een Nederlandse ontwikkeling is
8	wiskundige regelaars	in ACSL zijn verschillende wiskundige berekeningsmethoden aanwezig, waarmee eigen regelaars dienen te worden ontwikkeld
9	ontwikkelomgeving	mogelijkheid binnen ACSL
10	benodigde kennis	zeer gebruikersvriendelijk
11	kosten	afhankelijk van het gebruikersniveau, variërend tussen circa f 23.500,- + uurkosten tot circa f 400.000,-

## SIMPLEX

SIMPLEX is het simulatietaal, dat door DHV is uitgebouwd tot STREAM. Het maakt gebruik van de databank ARASIM, waarin modellen op het gebied van de afvalwaterzuivering zijn opgenomen. In principe is het mogelijk om ook andere databanken op te nemen.

SIMPLEX is geschreven in de programmeertaal C. Eigen componenten worden binnen SIMPLEX in een eenvoudige programmeertaal geschreven, waarna het model wordt gecompileerd tot C-code.

In tabel 1.2 staat de nadere beoordeling van SIMPLEX weergegeven.

Tabel 1.2  
SIMPLEX

1	gebruikersvrijheden	t.g.v. de structuur van het programma is het niet mogelijk om op verschillende niveaus te werken. Alle gebruikers moeten op het basisniveau werken
2	mogelijkheden tot compilatie	er is geen mogelijkheid tot stand-alone versie (.exe)
3	aansluiting op andere systemen	er kan informatie worden ingelezen van databestanden
4	eisen t.a.v. hardware en software	SIMPLEX draait onder UNIX, derhalve is een IBM-compatibele machine niet geschikt als server, wel als werkstation
5	organisatie van de ontwikkelaar	SIMPLEX wordt aan de Universiteit van Passau ontwikkeld bij de vakgroep Meet- en regeltechniek. ARASIM is afkomstig van de Universiteit van Aken
6	ontwikkeling	momenteel wordt gewerkt aan een nieuwe update, die geheel grafisch is. Exacte datum van uitbrengen is niet bekend
7	voor- en nadelen naar eigen inzicht	SIMPLEX is een simulatiepakket, dat geschikt is voor meerdere toepassingen (transport, opslag, zuivering)
8	wiskundige regelaars	in SIMPLEX zijn verschillende wiskundige berekeningsmethoden aanwezig, waarmee regelaars dienen te worden ontwikkeld
9	ontwikkelomgeving	mogelijkheid binnen SIMPLEX. Nadeel is geen grafische output tijdens simulatie
10	benodigde kennis	er is redelijk wat kennis vereist om met het programma te kunnen werken
11	kosten	de aanschafkosten bedragen f 40.000,-



## GPS-X

GPS-X wordt door de Canadese firma Hydromantis op de markt gebracht. Tegenwoordig is een joint-venture opgericht met het Engelse Cambridge Control ter ondersteuning van de Europese activiteiten en het ontwikkelen van een ontwikkelomgeving en regelaars. Het programma bestaat uit een uitgebreide modellenbank, die wordt aangestuurd door een door het bedrijf zelf ontwikkeld communicatie- en presentatieprogramma. Het programma maakt evenals het programma van VDSE<sup>WT</sup> gebruik van de (industriële) simulatietaal ACSL.

In tabel 1.3 staat de nadere beoordeling van GPS-X weergegeven.

Tabel 1.3  
GPS-X

1	gebruikersvrijheden	het programma kan op verschillende niveaus worden gebruikt
2	mogelijkheden tot compilatie	het is mogelijk een stand-alone versie te maken van een bepaalde configuratie
3	aansluiting op andere systemen	er kunnen gegevens uit databestanden en on-line meetgegevens worden ingelezen
4	eisen t.a.v. hardware en software	GPS-X draait onder UNIX; voor de stand-alone versie kan een IBM compatibele PC worden gebruikt
5	organisatie van de ontwikkelaar	Hydromantis heeft een staf van circa 15 personen, waaronder technologen en informatici
6	ontwikkeling	naar eigen zeggen "het stabiliseren van de positie van Hydromantis als wereldleider op het gebied van computertechnologie/simulatie m.b.t. afvalwater- en drinkwatertechnologie"
7	voor- en nadelen naar eigen inzicht	het enige pakket op dit gebied in de wereld op dit moment
8	wiskundige regelaars	in ACSL zijn verschillende wiskundige berekeningsmethoden aanwezig, waarmee eigen regelaars dienen te worden ontwikkeld
9	ontwikkelomgeving	koppeling met een externe ontwikkelomgeving is in de maak
10	benodigde kennis	zeer gebruikersvriendelijk
11	kosten	afhankelijk van de versie: - complete versie f 100.000,- plus jaarlijkse licentiekosten - runtime versie f 35.500,- plus jaarlijkse licentiekosten

## SIMBA

SIMBA is een toepassing van het simulatiepakket SIMULINK, dat door de Amerikaanse firma Math Works Inc. op de markt wordt gebracht. SIMBA wordt zelf door het Duitse Institut für Automation und Kommunikation ontwikkeld. Het is een grafisch georiënteerd simulatieprogramma. Het programma maakt gebruik van het rekenkundig programma MATLAB, waarin een groot aantal standaardroutines is opgenomen. In MATLAB kunnen regelaars worden ontworpen, die onder meer gebruik kunnen maken van fuzzy logic en neurale netwerken.

In tabel 1.4 staat de nadere beoordeling van SIMBA weergegeven.

Tabel 1.4  
SIMBA

1	gebruikersvrijheden	t.g.v. de structuur van het programma is het niet mogelijk om op verschillende niveaus te werken. Alle gebruikers moeten op het basisniveau werken
2	mogelijkheden tot compilatie	het is mogelijk een stand-alone versie te maken van een bepaalde configuratie
3	aansluiting op andere systemen	er kan informatie worden ingelezen van databestanden
4	eisen t.a.v. hardware en software	SIMBA draait onder WINDOWS op een IBM compatibele PC (386 of hoger), maar kan ook onder UNIX draaien
5	organisatie van de ontwikkelaar	IFAK is een onderzoeksinstituut op het gebied van automatiseren en communicatie. MATH WORKS Inc. is de wereldleider op het gebied van programma's in de regeltechniek
6	ontwikkeling	nieuwe modellen en ontwikkelingen worden geïmplementeerd
7	voor- en nadelen naar eigen inzicht	een voordeel is, dat het programma voor regeltechnici zeer geschikt
8	wiskundige regelaars	in MATLAB zijn zeer veel wiskundige regelaars aanwezig
9	ontwikkelomgeving	MATLAB is een zeer geschikte omgeving om regelaars en componenten te schrijven
10	benodigde kennis	zeer gebruikersvriendelijk
11	kosten	de aanschafkosten bedragen vanaf f 18.500,- (eventuele uitbreidingen maken het programma duurder)

## SPEEDUP

SPEEDUP is een door het Amerikaanse bedrijf Aspen Technology Inc. ontwikkeld simulatiepakket, dat met name in de procesindustrie wordt toegepast. Het programma is volledig grafisch georiënteerd.

In tabel 1.5 staat de nadere beoordeling van SPEEDUP weergegeven.

Tabel 1.4  
ASPEN PLUS

1	gebruikersvrijheden	het programma kan op verschillende niveaus worden gebruikt
2	mogelijkheden tot compilatie	de SPEEDUP routine biedt de mogelijkheid een stand-alone versie van een bepaalde configuratie te maken
3	aansluiting op andere systemen	de SPEEDUP routine heeft een subroutine genaamd EDI (External Data Interface) die voor de communicatie met o.a. databestanden en on-line meetgegevens kan zorgen
4	eisen t.a.v. hardware en software	ASPEN PLUS draait onder UNIX; voor de stand-alone versie kan een IBM compatibele PC worden gebruikt
5	organisatie van de ontwikkelaar	de staf van ASPEN TECH bestaat uit circa 100 personen. ASPEN TECH is wereldleider op het gebied van simulatieprogramma's voor de procesindustrie
6	ontwikkeling	er dient een speciale versie van ASPEN PLUS geschikt voor het simuleren van afvalwaterzuiveringsinstallaties te worden gemaakt
7	voor- en nadelen naar eigen inzicht	de nieuwste versie van het programma is zeer sterk in het snel simuleren van processen
8	wiskundige regelaars	er zijn verschillende wiskundige berekeningsmethoden aanwezig
9	ontwikkelomgeving	het is mogelijk om zelfstandig regelaars en componenten te ontwikkelen
10	benodigde kennis	er is redelijk wat kennis vereist om met het programma te kunnen werken
11	kosten	de jaarlijkse kosten bedragen circa f 35.000,-



**BIJLAGE 2**

**Vergelijking tussen GPS-X, VDSE<sup>WT</sup> en SIMBA**

Table 2.1

nr	question	GPS-X	VDSE <sup>WT</sup>	SIMBA
1	Is there a possibility to work at different user levels	Not really within one program. Hydromantis has 3 products; the most suitable product depends on the user level (development version, runtime version, SimWorks)	The program offers possibilities to define different user levels. In runtime version 3 standard levels are defined, in development version more levels can be defined	There's no possibility to work at different user levels
2	Is there a possibility to make an executable file	The Fortran compiler makes an executable file, which can't be used as a stand-alone program	No, a generated file can only be employed in the runtime environment. Only a possibility to create an executable of the ASCL simulation model	An executable file can be made. Therefore it's possible to obtain a stand-alone version
3	Does the program have a connection to other systems and programs	GPS-X has links to G2, GFX, any spreadsheet	G2 offers gateways to other software environments and hardware ports. Standard interfaces to databases and PLC-systems	SIMBA can read on-line measurements by means of a separate data-acquisition module
4	Which are the hardware requirements	SUN LX, 32 MB RAM, 1 GB hard disk, 1/4 " tape backup, Colour Graphics (15"), Solaris 2.3, ACSL, Fortran	G2 is hardware independent, it requires an UNIX-operating system. An end-user using Telewindows needs a PC386 or higher (MS-Windows 3.1), PC/TCP kernel, a modem. An end-user using runtime version needs a workstation. A developer user using Telewindows needs a UNIX station running GPS-X and a modem. A developer using development version needs a workstation running GPS-X.	An IBM-compatible PC with at least a 386-processor with 8 MB RAM

Table 2.1 (continued)

nr	question	GPS-X	VDSEWT	SIMBA
5	What is the organisation of the developing company	Hydromantis (1985) is an environmental engineering consulting company specializing in the development and application of emerging and innovative computer-based technologies in water and wastewater engineering. The number of employees in Canada is 12.	Vertis is working on innovative, especially information technologies, for the agroprocess industry. Vertis also operates the AVEBE computer centre. The department for process modeling has 10 employees, the whole company about 90.	The MathWorks Inc. is founded in 1984. It is a privately held company with over 180 employees. The IFAK is a research institute for automation and communication with 45 employees
6	Can the program be used at this moment? What kind of developments can be expected, and when	Yes, version 2.0 was released in august 1993. Future developments are Openool (mar. '95), dynamic parameter estimation (summer '94), 2D computational fluid dynamic module (mar. '95), hydraulics (mar. '95), dynamic 2D and 3D graphs (autumn '94), realtime control system (dec. '96)	No, the end-user version will be commercially available late summer 1994. The complete development environment will be available late 1994. Future extension modules are: physical chemical phosphate removal, sludge treatment, energy module. Further coupling modules for SCADA, dedicated databases and a module for on-line parameter estimation	Yes, at this moment version 2.0 is available. Future developments are new toolboxes and an open program
7	What kind of mathematical calculation methods are present in the simulation language	7 different numerical integration routines (e.g. Adams' Moulton, Runge-Kutta) and 2 steady state solvers (Newton-Raphson, decoupled linear search)	All methods available in GPS-X and ACSL	All mathematical calculation methods are present
8	Is there a possibility to write own components and models or to change existing models. Which language is used to write components and models	GPS-X provides a graphical interface to allow the user to modify rate equations. All segments of code can be modified by the user. Language: ACSL or Fortran	It is possible to add own components to the modelbase. All models are written in ACSL, which is an extension of Fortran	It is possible to add own components to the modelbase. All models are written in the graphical SIMULINK language or in MATLAB
9	Is the program user-friendly (graphic user interface, help function etc)	GPS-X is a user friendly program, but very powerful. Three manuals exist; the program has a help function. The program is a tool for model development as well as a simulator interface	The end-user does not need much knowledge of software or modeling. The user of the development version needs more knowledge of both modeling and software. The program has a graphic interface (english or dutch). A manual and on-line help system exist	SIMBA is a very user friendly program



## **BIJLAGE 3**

**Verklarende woorden- en begrippenlijst**

## Algemeen

model	:	mathematische beschrijving van een proces of een complex van processen. Zo is er een model van een aëratietank, een model van een nabezinktank etc. Deze modellen op de juiste manier met elkaar verbonden geeft een model voor een rwzi.
simulatieprogramma	:	een computerprogramma waarmee een model kan worden doorgerekend. Simulatieprogramma's kunnen zijn ontwikkeld rond een specifiek model, of modellen kunnen zijn opgebouwd in een bestaand simulatiepakket. Hierdoor is het niet mogelijk om gebruik te maken van andere modellen of andere configuraties.
computerprogramma met modellenbank	:	een computerprogramma dat gebruik maakt van modellen opgeslagen in een zogenaamde modellenbank. Door deze verschillende modellen met elkaar te verbinden kan ieder type zuivering worden gesimuleerd.
compilatie	:	het omzetten van een invoer, die in een bepaalde programmeertaal is geschreven, naar uitvoerinstruc-ties in machinetaal
grafische user interface	:	de interactie tussen de computer en de gebruiker vindt grafisch plaats met behulp van een muis
gebruikersniveau	:	niveau, waarop toegang wordt verkregen tot de bestanden (te onderscheiden zijn bijvoorbeeld technoloog en bedrijfsvoerder)
ontwikkelomgeving	:	dat deel van het programma, waarin zelfstandig eigen modellen en componenten kunnen worden ontwikkeld
ontwikkel versie	:	versie van een computerprogramma, waarin naast het simuleren van reeds ontwikkelde rwzi's het ook mogelijk is om zelf rwzi's te ontwikkelen en te simuleren
runtime versie	:	versie van een computerprogramma, waarin het alleen mogelijk is reeds ontwikkelde rwzi's te simuleren

## Modellen

BKH	:	op DENIKA gebaseerd dynamisch model voor verwijdering van ammonium en nitraat, door BKH ontwikkeld in LOTUS
DENIKA	:	op statisch model DENNI (ATV-A131 en HSG9) gebaseerd model voor het actiefslibproces, door het ISAH ontwikkeld
DENNI	:	statisch model voor actiefslibsystemen, gebaseerd op de ATV-A131 en HSG9 richtlijnen
IAWQ	:	gemodificeerde versie van het UCT-model, ontwikkeld door de IAWQ
IMPERIAL COLLEGE	:	dynamisch model t.b.v. optimalisatie van effluentkwaliteit of exploitatiekosten, ontwikkeld door het Imperial College te Londen
KLAER	:	eenvoudig model, waarin alleen afbraak van organische stof door heterotrofe bacteriën wordt berekend, ontwikkeld door het ISAH
UCT	:	uitvoerig model aan een actiefslibproces, waarin 14 verschillende processen en 14 variabelen worden onderscheiden, ontwikkeld door de Universiteit van Kaapstad

## Simulatieprogramma's

AQUA-SYSTEM	:	op basis van o.a. IAWQ-model, inclusief nabezinktankmodel en eenvoudige regelingen, ontwikkeld door AQUA-SYSTEM te Zwitserland
DENIKA	:	op basis van het DENIKA-model voor het simuleren van ammonium- en nitraatconcentraties, ontwikkeld door het ISAH te Duitsland
EFOR	:	op basis van het IAWQ-model, o.a. inclusief voor- en nabezinking en eenvoudige regelingen, ontwikkeld in Denemarken
IAWQ	:	op basis van het IAWQ-model, inclusief een nabezinktank een zeer eenvoudige regelingen
IMPERIAL COLLEGE	:	op basis van het gelijknamige model, inclusief nabezinktankmodel een eenvoudige regelingen
KLAER	:	op basis van het gelijknamige model, inclusief voor- en nabezinking en eenvoudige regelingen



SIMBAD	:	op basis van het IAWQ-model, o.a. inclusief nabezinking en eenvoudige regelingen, ontwikkeld door Anjou Recherche en Générale des Eaux te Frankrijk
UCTOLD	:	op basis van het UCT-model, inclusief een nabezinktank een zeer eenvoudige regelingen
VITUKI	:	op basis van het UCT-model, inclusief nabezinking, eenvoudige regelingen en een vergelijking voor de dosering van actiefkool, ontwikkeld door het Institute for Water Pollution Control VITUKI te Hongarije

#### Computerprogramma's met modellenbanken

GPS-X	:	ontwikkeld door Hydromantis te Canada op basis van simulatietaal ACSL
LIT	:	ontwikkeld door het Lund Institute of Technolgy te Zweden op basis van simulatietaal SIMNON
SIMBA	:	ontwikkeld door het Institut für Automation und Kommunikation te Duitsland op basis van simulatiepakket SIMULINK/MATLAB
SPEEDUP	:	ontwikkeld door Aspen Technology in de Verenigde Staten
STREAM	:	ontwikkeld door Universiteit Aken (modellenbank ARASIM) en Universiteit Passau (simulatietaal SIMPLEX)
VDSE <sup>WT</sup>	:	ontwikkeld door Vertis, gebaseerd op GPS-X

#### Overig

DOS	:	Disc Operating System
IBM (compatibele) PC	:	een personal computer, die onder DOS draait
RAM	:	Random Access Memory
UNIX	:	multiprogrammerings- en multi-gebruikerssysteem
Workstation	:	een computer die onder UNIX draait

**BIJLAGE 4**

**Beschrijving van SIMBA**

## Das Programmpaket SIMBA zur Simulation der biologischen Abwasserreinigung

Ralf Otterpohl, Fa. Otterpohl Wasserkonzepte, Aachen/Lübeck

### Kurzbeschreibung

Das Programm SIMBA (**S**imulation der **b**iologischen **A**bwasserreinigung) erlaubt die Modellierung und Simulation der Abwasserreinigungsprozessen auf der Basis des vollgrafischen Berechnungs- und Simulationssystems MATLAB<sup>®</sup>/SIMULINK<sup>™</sup>. Das System läuft auf DOS/Windows-PC, Macintosh und Workstations. SIMBA gestattet den Zugriff auf umfangreiche mathematisch/regelungstechnische Bibliotheken des Simulationssystems. Eine Echtzeiterweiterung und ein Fuzzy-Werkzeug sind verfügbar. Als offenes System erlaubt SIMBA das Einfügen eigener Programme und Modelle und die freie Konfiguration der speziellen Gegebenheiten einer Kläranlage.

Das Programm wurde am ifak, dem Institut für Automation und Kommunikation e.V. Magdeburg in Barleben entwickelt. Ein Schwerpunktthema des ifak, das insgesamt etwa 45 Mitarbeiter hat, ist die Steuerung und Regelung von Kläranlagen. Diese Tätigkeit war der Anlaß zur Entwicklung von SIMBA.

### Der Aufbau von SIMBA

Beim Starten des Programms von Windows aus erscheint das Simba-Kontrollfenster (Bild 1), von dem aus alle Arbeiten vom Modellaufbau bis zur Simulation und grafischen Präsentation von Ergebnissen durchgeführt werden. Besonders wichtig ist dabei die sichere Verwaltung von Initialisierungen und Systemzuständen.

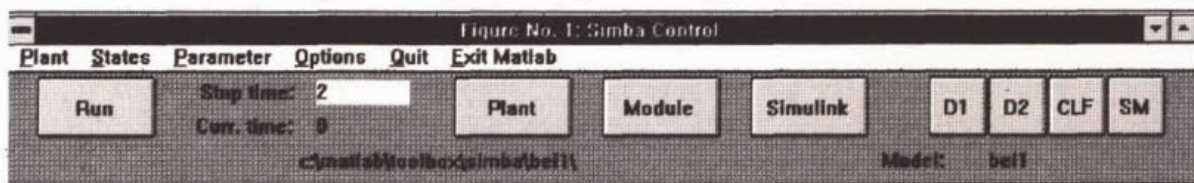


Bild 1: Das SIMBA-Kontrollfenster in Windows

Von diesem Hauptfenster aus kann auch SIMULINK aufgerufen werden, womit eine Fülle zusätzlicher Module zur Verfügung stehen. MATLAB wird immer mit geöffnet, da Meldungen des Systems in diesem Fenster erscheinen und sichtbar sein müssen.

### Modell-Module in SIMBA

SIMBA enthält alle Modell-Module, die für den Aufbau des kompletten abwasserseitigen Teils einer Kläranlage erforderlich sind. Das Modul-Fenster, welches beim Anklicken des entsprechenden Knopfes im Kontrollfenster erscheint, ist in Bild 2 dargestellt.



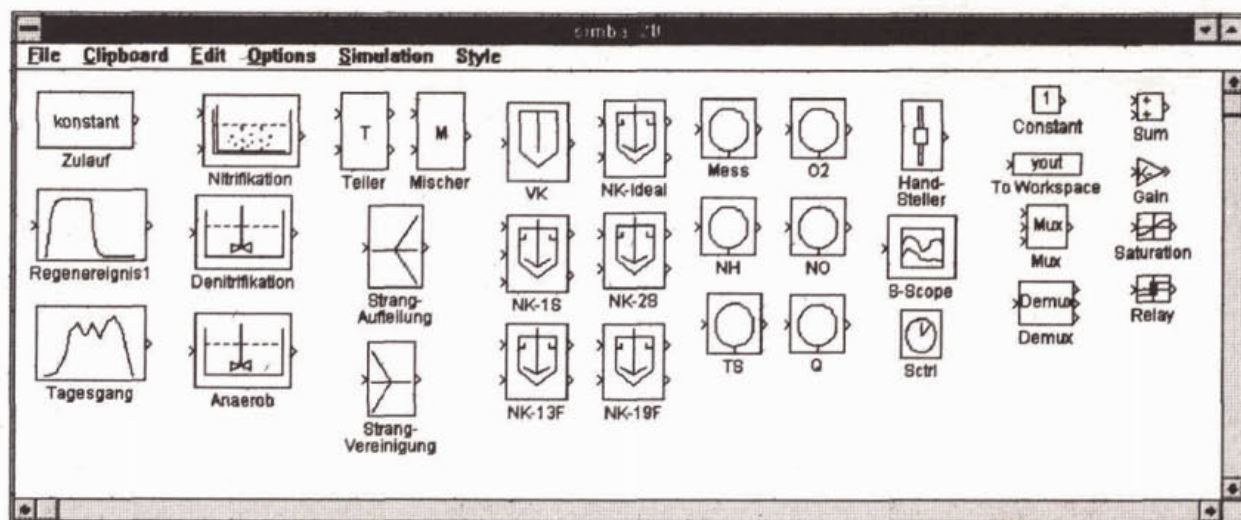


Bild2: In SIMBA enthaltene Modell-Module

Es kann zwischen unterschiedlich detaillierten Modellen gewählt werden. Die Implementierung eigener Modelle des Anwenders ist möglich. Ein dynamisches Modell der Vorklämung nach OTTERPOHL '94 ermittelt die CSB- und N-Elimination in Abhängigkeit von der Abwasserzusammensetzung und der Aufenthaltszeit. Für Belebungsbecken wurde das zum internationalen Standard gewordene IAWPRC-Modell Nr.1 nach HENZE, GRADY, GUJER, MARAIS und MATSUO '87 implementiert. Die Nachklärung kann mit verschiedenen detaillierten Modellen, z.B. dem 2-Komponenten-Schichtenmodell nach OTTERPOHL, FREUND '92, simuliert werden.

### Nachbildung einer Kläranlage aus Modell-Modulen

Aus den Modell-Modulen wird mit der Maus die zu simulierende Kläranlage aufgebaut, wobei durch die grafische Vorgehensweise Fehler vermieden oder schnell sichtbar werden. Alle Wasser- und Schlammleitungen sowie die Informationsweiterleitung werden ebenfalls mit der Maus gezogen. Komplexe Teile können durch Gruppierung zu kleinen grafischen Einheiten zusammengefaßt werden. Durch den Aufbau aus den in Bild 2 dargestellten Objekten kann eine Kläranlage konfiguriert werden.

In SIMBA ist eine Beispielkläranlage enthalten, die als Besonderheit Handschieber enthält. Durch diese können während der Simulation Änderungen des Lufteintrages und der Rezirkulation erfolgen. In Bild 3 ist ein Ausschnitt aus diesem Anlagenschema dargestellt. Der Einsatz der Messgeräte mit der Koppelung an die SIMBA-Grafikfenster sind zu erkennen. Die Simulationsergebnisse werden parallel zur Simulation dargestellt und können zusätzlich auf eine Datei geschrieben werden. Unten im Bild 3 ist eine einfache Regelung des Schlammabzuges zur Einstellung der Belebtschlammkonzentration zu erkennen. Auch hier werden die Messgerät-Module eingesetzt

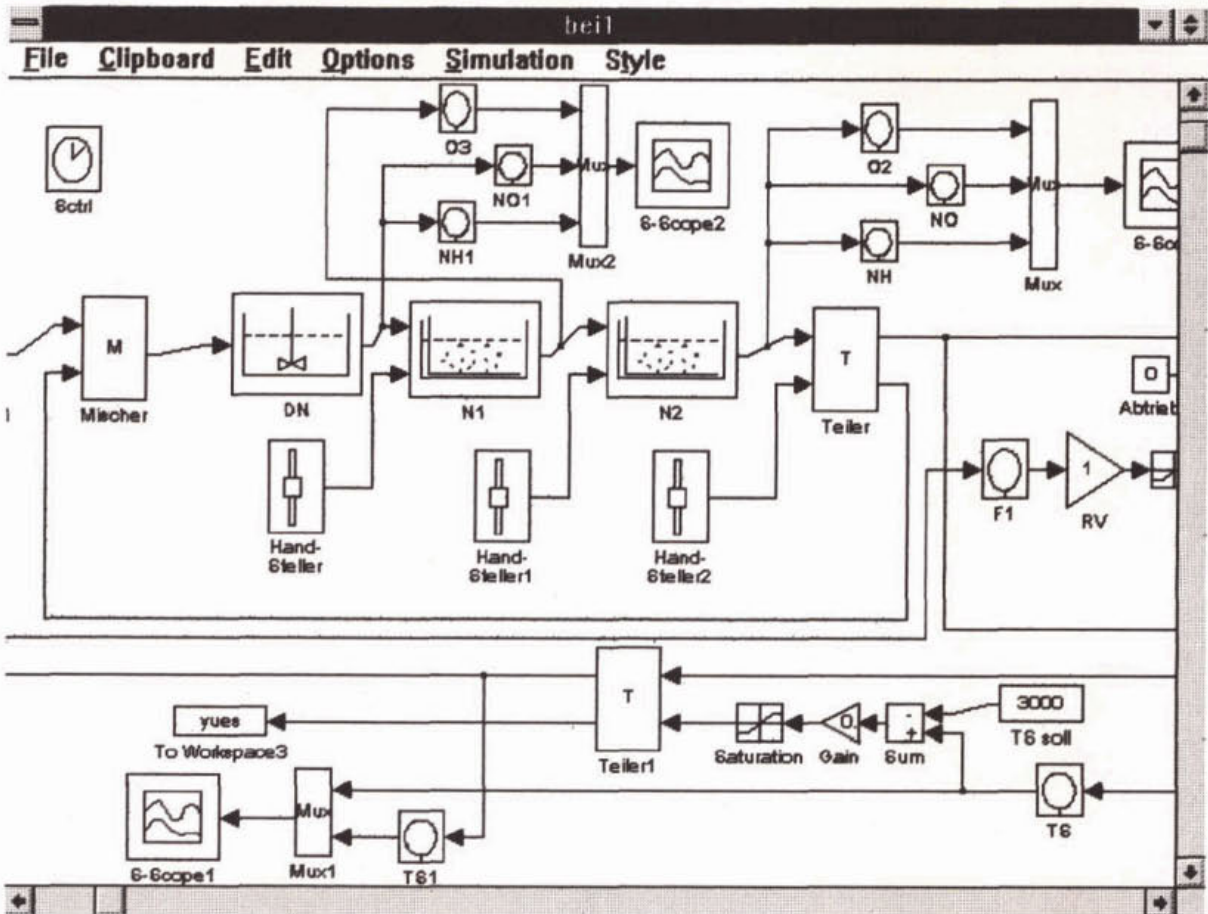


Bild 3: Ausschnitt aus der Simba-Beispielanlage zum "Kläranlagenbetrieb" am Rechner

Die Darstellung von Simulationsergebnissen mit dem SIMBA-Scope während der Simulation erlauben jederzeit die Beurteilung der Ergebnisse. Wenn ein Simulationslauf nicht den Vorgeben entspricht oder unplausibel wird, kann der Lauf ohne zeitaufwendiges Abwarten abgebrochen werden.

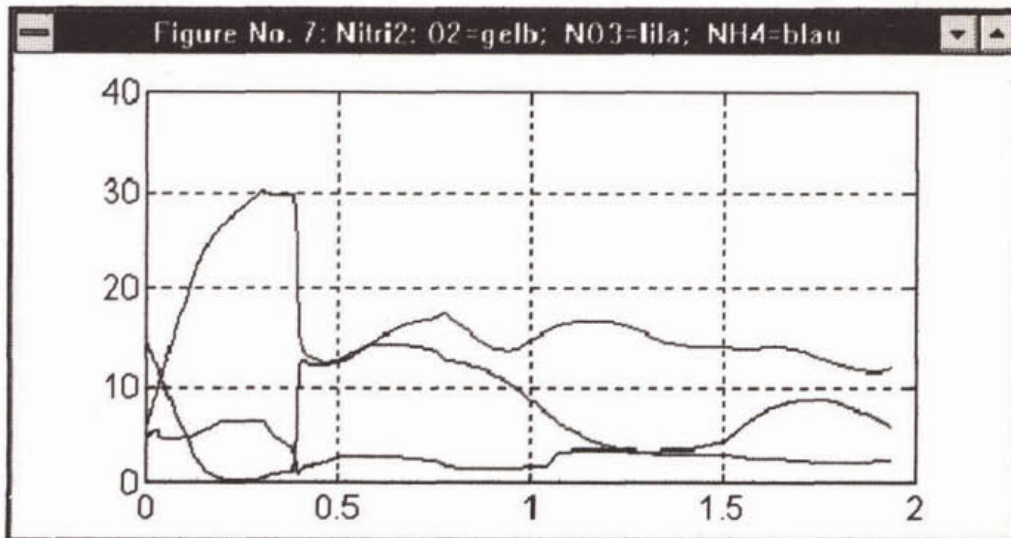


Bild 4: Darstellung von Simulationsergebnissen mit dem SIMBA-Scope während der Simulation mit Handschiebern

Die Beurteilung der Zuverlässigkeit einer Simulationsstudie erfordert eine Prüfung aller Zustandsgrößen. Dieses kann mit dem SIMBA-Monitor erfolgen, der nach Abschluß eines Laufes die Visualisierung der in Dateien gespeicherten Daten erlaubt. Zusätzlich



können berechnete Werte wie Gesamt-CSB oder N-anorganisch als Ganglinie dargestellt werden. Die Grafiken können unter Windows wie alle Darstellungen und Daten in SIMBA direkt in andere Programme eingefügt werden.

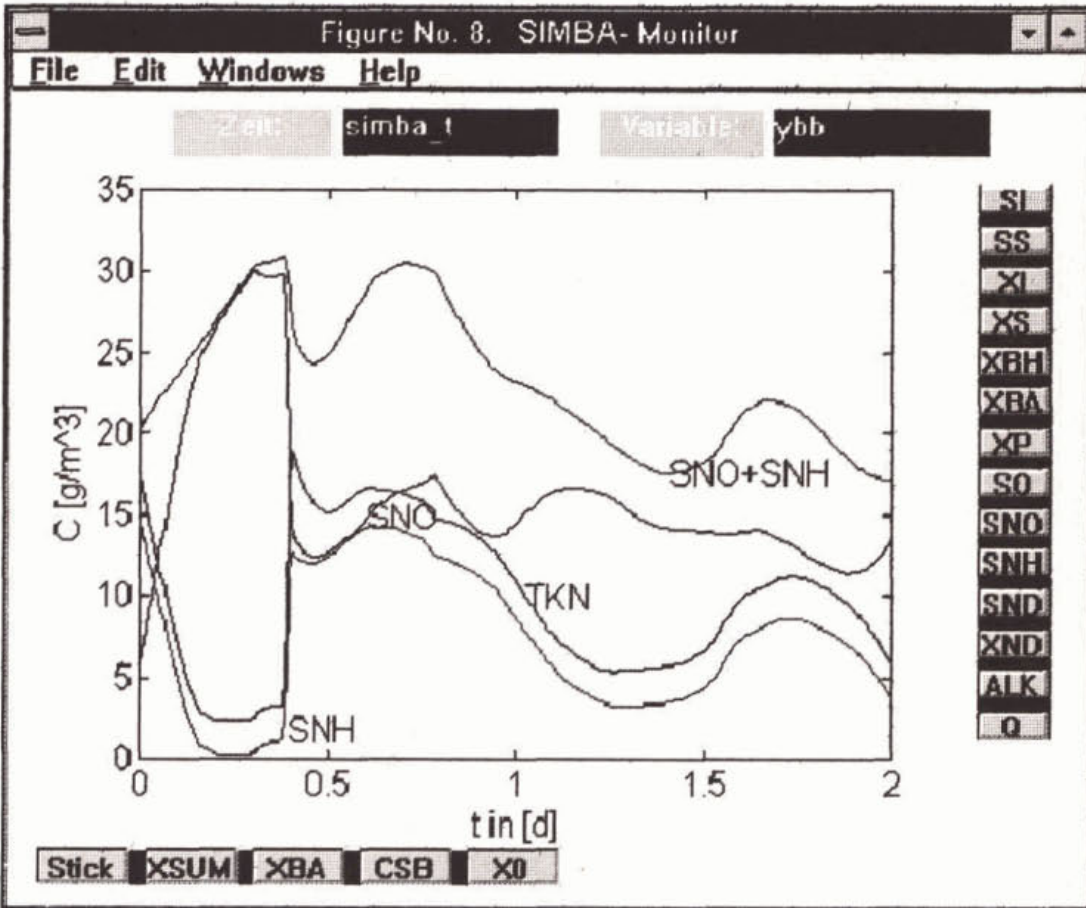


Bild 5: Darstellung von Simulationsergebnissen mit dem SIMBA-Monitor zur Analyse der Einzelergebnisse der Simulation

### Informationen zum Vertrieb des Programmpaketes SIMBA

Fa. Otterpohl Wasserkonzepte GbR, Dipl.-Ing. R. Otterpohl, Maastrichter Str. 55,  
D-52074 Aachen, Tel., AB und FAX 02 41/ 8 12 57 (bis Sept. 1994)

ab Anfang September:

Kanalstraße 52, D-23552 Lübeck, Tel.: 0451-70200-51, FAX und AB: -52

### Paketpreis:

SIMBA<sup>®</sup> 2.0 incl. MATLAB<sup>®</sup>/SIMULINK<sup>™</sup> für DOS/Windows und Macintosh mit Handbüchern:

Vollversion für Hoch-/Fachhochschulen DM 10.400,- zzgl. MwSt (Sonderlizenzen für den ausschließlichen Einsatz in der Lehre und Classroom-Kits sind verfügbar)

Industrielizenzen für Firmen und Behörden: DM 15.800,- zzgl. MwSt

Bei Nachweis einer vorhandenen MATLAB<sup>®</sup>/SIMULINK<sup>™</sup>-Lizenz reduzieren sich die Preise erheblich. Preise für Sun-, HP-, SGI-, IBM- und DEC-Workstations auf Anfrage.

### Produkteinführung:

Juli 1994, Lieferzeit ca. 1 - 2 Wochen, Vorführungs- und Seminartermine können erfragt werden. Die Gründung einer SIMBA-Nutzergruppe zum Erfahrungsaustausch ist in Vorbereitung.



