

Haalbaarheid van het Unitanksysteem voor de behandeling van stedelijk afvalwater



**Haalbaarheid van het Unitanksysteem voor
de behandeling van stedelijk afvalwater**

97 22

Arthur van Schendelstraat 816
Postbus 8090, 3503 RB Utrecht
Telefoon 030 232 11 99
Fax 030 232 17 66

Publicaties en het publicatie-
overzicht van de STOWA kunt u
uitsluitend bestellen bij:
Hageman Verpakkers BV
Postbus 281
2700 AC Zoetermeer
o.v.v. ISBN- of bestelnummer en
een duidelijk afleveradres.
ISBN 90.74476.87.2

INHOUDSOPGAVE

blz

TEN GELEIDE	
SAMENVATTING	
1 INLEIDING	1
2 PROCESBESCHRIJVING VAN HET UNITANK®-SYSTEEM	3
2.1 Systeembeschrijving	3
2.1.1 Algemeen	3
2.1.2 Het SSU-systeem	4
2.1.3 Het SSU-N-systeem	7
2.1.4 Het SSU-NP-systeem	9
2.1.5 Het SSU- Δ N en SSU- Δ NP-systeem	12
2.1.6 Ontwikkeling van het drie-compartimenten SSU- Δ NP-systeem	12
2.2 Dimensioneringsgrondslagen en ontwerpaspecten	13
2.3 Procesregeling	16
2.4 Verloop van het slibgehalte	18
3 HET UNITANK®-SYSTEEM IN DE PRAKTIJK	20
3.1 Overzicht van bestaande UNITANK®-systemen	20
3.2 Selectie en inventarisatie van UNITANK®-systemen in de praktijk	20
3.3 RWZI Kesselt/Riemst	23
3.3.1 Beschrijving	23
3.3.2 Dimensioneringsgrondslagen	24
3.3.3 Bedrijfsresultaten en operationele kenmerken	25
3.4 RWZI Galmaarden	27
3.4.1 Beschrijving	27
3.4.2 Dimensioneringsgrondslagen	29
3.4.3 Bedrijfsresultaten en operationele aspecten	29
3.5 Bespreking van de beschikbare informatie	32
4 SYSTEEMVERGELIJKING VOOR DE NEDERLANDSE SITUATIE	35
4.1 Vergelijking met andere technieken	35
4.1.1 Uitgangspunten	35
4.1.2 Overwegingen bij het ontwerp van een UNITANK®-systeem	36
4.2 Dimensionering	37
4.3 Kosten	39
4.3.1 Uitgangspunten	39
4.3.2 Kostenvergelijking	40
4.3.3 Resumé	41
5 EVALUATIE	42
6 CONCLUSIES	43
REFERENTIES	44

VERVOLG INHOUDSOPGAVE

BIJLAGEN

1. Foto's van de bezochte zuiveringsinrichtingen met UNITANK[®]-systemen
2. Dimensionering en kostenberekeningen

TEN GELEIDE

In België is door de Universiteit van Leuven en SEGHERSEngineeringWATER N.V in de jaren '80 het Unitank-systeem ontwikkeld, een afvalwaterbehandelingssysteem dat zich onderscheidt van conventionele actief-slibsystemen door specifieke ontwerpgrondslagen en een andere bedrijfsvoering.

Het systeem bestaat uit een rechthoekige reactor, die in minimaal drie compartimenten is opgedeeld. Er zijn geen afzonderlijke nabezinktanks en er is geen aparte voorziening nodig voor de recirculatie van retourslib. De Unitank fungeert als een continu 'fill and draw'-systeem, met de buitenste compartimenten alternerend als beluchtings- en bezinktank.

De thans voorliggende haalbaarheidsstudie gaat de toepassingsmogelijkheden na van het Unitank-systeem bij uitbreiding of vernieuwing van de huidige zuiveringssystemen voor stedelijk afvalwater in Nederland.

Het onderzoek werd door het bestuur van de STOWA opgedragen aan HASKONING Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau te Nijmegen (projectteam bestaande uit ir. J. Kruit en ir. A.H.H.M. Schomaker). Belangrijke informatie ten behoeve van het onderzoek werd verstrekt door de Belgische firma SEGHERSEngineeringWATER N.V.. Het project werd namens de STOWA begeleid door een commissie bestaande uit ir. G.J.F.M. Vlekke (voorzitter), ing. F.A. Brandse, ir. F.N.C.M. Groot, ir. P.C. Stamperius en ir. P. Versteeg.

Utrecht, juni 1997

De directeur van de STOWA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

SAMENVATTING

In deze haalbaarheidsstudie zijn de toepassingsmogelijkheden nagegaan van het in België ontwikkelde UNITANK[®]-systeem bij uitbreiding of vernieuwing van huidige zuiveringssystemen voor stedelijk afvalwater in Nederland.

Het UNITANK[®]-systeem onderscheidt zich van conventionele actief-slibsystemen door specifieke ontwerpgrondslagen en een andere bedrijfsvoering. Het systeem bestaat uit een rechthoekige reactor, die in minimaal drie compartimenten is opgedeeld. Er zijn geen afzonderlijke nabezinktanks en er is geen aparte voorziening nodig voor de recirculatie van retourslib. Door toepassing van een cyclische bedrijfsvoering kunnen de twee buitenste compartimenten alternerend als beluchtungs- en bezinktank worden bedreven. Door gebruik te maken van intermitterende beluchting is een vergaande P- en N-verwijdering mogelijk.

In deze studie zijn praktijkgegevens van twee communale en zes industriële afvalwaterzuiveringsinstallaties in België, werkend volgens het UNITANK[®]-systeem, geïnventariseerd en geëvalueerd. Vervolgens is voor een RWZI met een capaciteit van 50.000 i.e. een kostenvergelijking gemaakt tussen het UNITANK[®]-systeem met zogenaamde tijdgebonden N- en P-verwijdering, het Carrousel-systeem en het Schreiber-systeem. Daarbij is de haalbaarheid van het UNITANK[®]-systeem voor de Nederlandse situatie vastgesteld door vergelijking van de prestaties (zuiveringsrendementen, slibkarakteristieken), niet-kostengebonden aspecten (noodzaak RWA-bassin, geur/geluidhinder, bedrijfszekerheid, bedieningsgemak) en kostengebonden aspecten (ruimtebeslag, stichtingskosten en exploitatiekosten) met die van de twee genoemde conventionele actiefslibsystemen.

De bedrijfsresultaten van de industriële zuiveringen zijn van dien aard, dat de aldaar toegepaste UNITANK[®]-systemen zichzelf wat betreft procesregeling, bedrijfsvoering en vereiste zuiveringsprestaties in de praktijk bewezen hebben. Van de drie momenteel operationele UNITANK[®]systemen op communale zuiveringen (RWZI Kesselt/Riemst (10.000 i.e.), RWZI Galmaarden (10.000 i.e.) en RWZI Kinrooi (5.000 i.e.)) waren alleen van RWZI Kesselt/Riemst voldoende bedrijfsgegevens beschikbaar voor evaluatie in het kader van deze studie. Derhalve heeft het UNITANK[®]-systeem zich tot nu toe voor het behandelen van communaal afvalwater in de praktijk beperkt bewezen. Uit deze evaluatie komt naar voren dat UNITANK[®]-systemen met name bedrijfszeker zijn indien een bufferbassin wordt toegepast of indien het aanvoerdebiet van het te behandelen afvalwater niet te sterk fluctueert.

Uit de onderlinge vergelijking van het UNITANK[®]-systeem, het Carrousel-systeem en het Schreiber-systeem komt naar voren dat met name de niet-kostengebonden aspecten bepalend kunnen zijn bij de keuze van een UNITANK[®]-systeem. Vergeleken met conventionele actiefslibsystemen is met een UNITANK[®]-systeem een ruimtebesparing mogelijk van maximaal 20% bij een capaciteit van 50.000 i.e. De zuiveringsprestaties van een RWZI met een ingeregeld UNITANK[®]-systeem (incl. RWA-bufferbassin) blijken vergelijkbaar te zijn met die van conventionele actiefslibsystemen. De stichtings- en exploitatiekosten van het UNITANK[®]-systeem zijn lager.

In België is door de Universiteit van Leuven en SEGHERS engineering WATER N.V. (hierna 'Seghers Engineering' genoemd) te Wespelaar in de jaren '80 het UNITANK[®]-systeem ontwikkeld. Dit afvalwaterbehandelingssysteem bestaat uit een rechthoekige reactor, die in drie compartimenten is opgedeeld. Er zijn geen afzonderlijke nabezinktanks en er is geen aparte voorziening nodig voor de recirculatie van retourslib. Het UNITANK[®]-systeem is een continu systeem met de twee buitenste compartimenten altemnerend als beluchtungs- en bezinktank.

Vergaande P- en N-verwijdering is mogelijk door het bijbouwen van meerdere compartimenten (procescontrole in plaats¹) of introductie van intermitterende beluchting (procescontrole in tijd¹). Een dergelijk veelzijdig systeem zou een rol kunnen spelen bij de uitbreiding of vernieuwing van de huidige zuiveringssystemen voor stedelijk afvalwater in Nederland. Ervaringen in het buitenland wijzen op de mogelijkheid compact te bouwen en volledig te automatiseren.

Het UNITANK[®]-systeem kent verschillende toepassingsmogelijkheden en uitvoeringsvormen. Het systeem kan worden toegepast voor de behandeling van zowel communaal als industrieel afvalwater. Daarbij kan het systeem worden ingezet voor alle mogelijke verwerkingsprocessen voor CZV-, stikstof- en fosfaatverwijdering.

Verder kent het systeem een ééntraps en een tweetraps uitvoering. Aldus kunnen 10 configuraties van het systeem worden onderscheiden, zoals weergegeven in tabel 1.

Tabel 1: De verschillende uitvoeringsvormen van het UNITANK[®]-systeem

VERWIJDERINGSPROCES	UNITANK [®] -SYSTEEM ¹	
	EENTRAPS	TWEETRAPS
CZV	SSU	TSU
CZV + N	SSU-N SSU- Δ N ²	TSU-N
CZV + N + P	SSU-NP SSU- Δ NP ²	TSU-NP
CZV anaëroob	SSU-AN	TSU-AN

1. SS.. = single stage; TS.. = two stage

2. Δ .. heeft betrekking op tijdgebonden in plaats van ruimtegebonden stikstof- c.q. nutriëntenverwijdering zoals toegepast bij het SSU-N en SSU-NP-systeem (zie § 2.1.5)

In deze studie wordt de haalbaarheid vastgesteld van toepassing van het UNITANK[®]-systeem voor Nederlandse omstandigheden. Daarbij zal voornamelijk aandacht worden besteed aan de aërobe ééntrapssystemen, aangezien de tweetrapssystemen worden toegepast voor de behandeling van industrieel afvalwater met aanzienlijk hogere CZV-concentraties dan die van stedelijk afvalwater.

De volgende ééntrapssystemen komen in deze studie aan de orde, waarbij om praktische redenen de Engelse naamgeving volgens de leverancier van de systemen, Seghers Engineering, is gehanteerd:

- SSU: het '*Single Stage Unitank system*'
- SSU-(Δ)N: het '*Single Stage Unitank system with biological Nitrogen removal*'. Het SSU-N-systeem kan worden toegepast met of zonder chemische fosfaatverwijdering;
- SSU-(Δ)NP: het '*Single Stage Unitank system with biological Nitrogen and Phosphorus removal*'

In hoofdstuk 2 wordt de procesbeschrijving van het UNITANK[®]-systeem gegeven en wordt ingegaan op de belangrijkste procestechnologische en operationele kenmerken van het systeem. Hoofdstuk 3 geeft de resultaten van een inventarisatie van toepassingen van UNITANK[®] systemen in de praktijk. In hoofdstuk 4 wordt het UNITANK[®]-systeem op basis van bedrijfsvoering en kosten vergeleken met een Carrousel en een Schreiberinstallatie en worden de toepassingsmogelijkheden van het systeem in de Nederlandse situatie geëvalueerd. Hoofdstuk 5 geeft de conclusies die op grond van de resultaten van deze studie kunnen worden getrokken.

2 PROCESBESCHRIJVING VAN HET UNITANK[®]-SYSTEEM

In dit hoofdstuk wordt de procesbeschrijving van het UNITANK[®]-systeem gegeven op basis van beschikbare literatuurinformatie | 1 t/m 12 | .

Allereerst wordt hierna ingegaan op het principe van het SSU-, het SSU-N-, het SSU-NP- en de SSU- Δ N- en SSU- Δ NP-systemen. In deze volgorde zijn de UNITANK[®]-systemen in de loop der tijd door Seghers Engineering ontwikkeld. Vervolgens worden de belangrijkste specifieke ontwerpaspecten, procestechnologische kenmerken en de procesregeling van deze systemen behandeld. Tenslotte wordt aandacht besteed aan het verloop van het slibgehalte in de verschillende compartimenten van een UNITANK[®]-systeem.

2.1 Systeembeschrijving

2.1.1 Algemeen

Het UNITANK[®]-systeem is gebaseerd op dezelfde principes van beluchting en bezinking als toegepast bij conventionele actief-slibsystemen. Het UNITANK[®]-systeem onderscheidt zich van deze systemen door specifieke ontwerpgrondslagen en een andere bedrijfsvoering.

Een conventioneel actief-slibstelsel wordt in principe gekenmerkt door een gescheiden procesgang:

- een beluchtingstank waarin gesuspendeerde en opgeloste organische en anorganische verbindingen zo snel en efficiënt mogelijk door middel van biochemische omzettingen uit de vloeistoffase worden verwijderd en
- een nabezinktank waarin de gesuspendeerde biomassa door middel van bioflocculatie van de vloeistoffase wordt gescheiden.

Elke tank in dat conventionele actief-slibstelsel heeft één functie. Het te behandelen afvalwater stroomt continu op een vooraf vastgestelde wijze door deze tanks. Stroomrichting en functie van een tank kunnen daarbij niet worden gewijzigd.

Het UNITANK[®]-systeem kent een andere procesvoering. Door toepassing van een cyclische bedrijfsvoering kunnen de compartimenten verschillende functies vervullen. Zij kunnen alternerend als beluchtingstank (aerob, anoxisch of anaëroob) en als bezinktank worden gebruikt (zie hierna). Daarbij wordt de tijd van een cyclus afgestemd op de karakteristieken van het te behandelen afvalwater.

Evenals conventionele actief-slibsystemen kent het UNITANK[®]-systeem een continue bedrijfsvoering. In dit opzicht wijkt het systeem af van het SBR-systeem (sequencing batch reactor). Een SBR-systeem is een ladingsgewijs bedreven actief-slibstelsel | 10,11 | . Dit systeem kan samengesteld worden uit één of meer tanks. Elke tank heeft een cyclus van vijf processtappen (periodes): een vulperiode (1), een reactieperiode/beluchtingsperiode (2), een bezinkperiode (3), een aflatperiode (4) en een stilstandperiode (5).

Het vullen met afvalwater en het aflaten van het gezuiverde water dienen elke cyclus plaats te vinden. De reactieperiode (de beluchtingstijd), de bezinkperiode en de stilstandperiode kunnen worden ingesteld afhankelijk van het gewenste eindresultaat en de bezinkeigenschappen van het actief-slib.

Bij gebruik van één tank is het proces discontinu. Indien meer tanks ter beschikking staan dan kan de afvalwaterzuivering (semi-)continu plaatsvinden.

Het UNITANK[®]-systeem is geen SBR-systeem omdat door gebruikmaking van minimaal drie tanks een continue bedrijfsvoering met een constant waterniveau kan worden gerealiseerd. Een dergelijke bedrijfsvoering vergt een procesregeling die optimaal op het type proces en het soort afvalwater is afgesteld. In die zin neemt de complexiteit in de volgorde conventioneel actief-slibstelsysteem, SBR-systeem, UNITANK[®]-systeem toe.

Op basis van de beschikbare informatie zijn de belangrijkste verschillen in het ontwerp van het UNITANK[®]-systeem ten opzichte van conventionele systemen weergegeven in tabel 2. Bij de bespreking van de beschikbare informatie (3.5) wordt aan de hand van de praktijkervaringen teruggekomen op de aspecten zoals genoemd in tabel 2.

Tabel 2: Verschillen tussen het UNITANK[®]-systeem en conventionele actief-slibsystemen op basis van vergelijking van de basissystemen

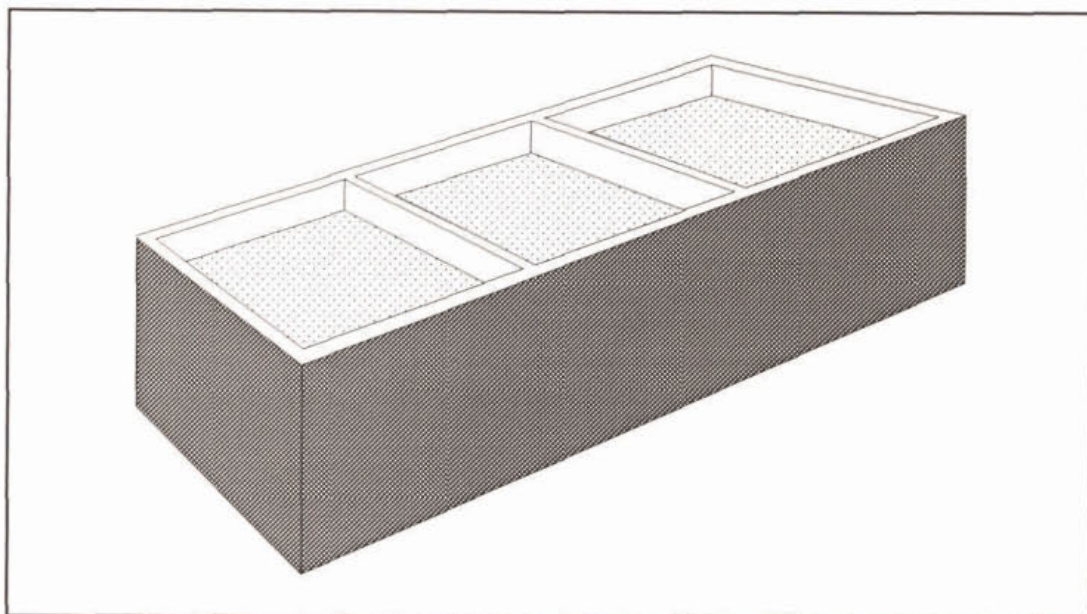
KENMERK	UNITANK [®] -SYSTEEM	CONVENTIONEEL SYSTEEM
Aparte nabezinktank	niet benodigd	benodigd
Mechanische slibruiming	niet benodigd	benodigd
Mengers in beluchte ruimten	aanwezig	afwezig
Slibrecirculatie	niet benodigd	benodigd
Slibbezinking	semi-continu	continu
Selector	niet benodigd	vaak benodigd
RWA-bufferbassin [*]	aanwezig	niet aanwezig
Compactheid	compact	minder compact
Te installeren beluchtingscapaciteit	120-150%	100%

^{*}) Een geboden alternatief is installatie van lamellenpakketten in de buitenste compartimenten (oplossing tot 5xDWA)

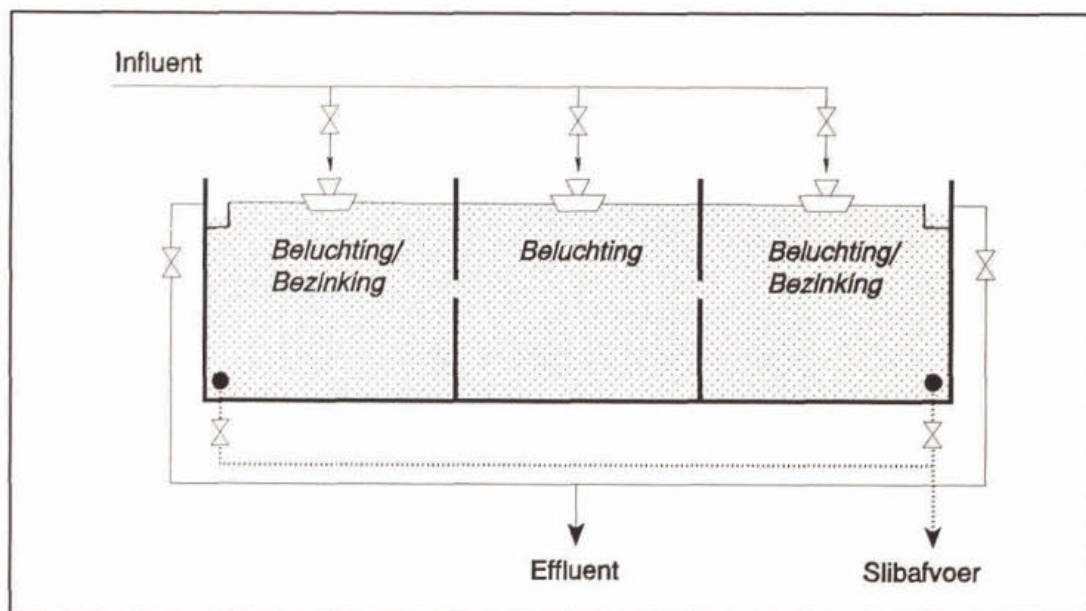
2.1.2 Het SSU-systeem

Het SSU-systeem (*Single Stage Unitank system*) kan beschouwd worden als de basiseenheid van het UNITANK[®]-systeem, waarvan alle andere systemen zijn afgeleid. Het SSU-systeem is een ééntapssysteem zonder aanpassingen ten behoeve van vergaande nutriëntenverwijdering. Zoals alle UNITANK[®]-systemen is het SSU-systeem opgebouwd uit één rechthoekige reactor, die bestaat uit drie compartimenten: zie figuur 1.

Figuur 2 geeft het prinscipeschema van het SSU-systeem. Alle compartimenten van het systeem zijn uitgerust met beluchtingssystemen. Afgebeeld is een systeem met oppervlaktebeluchting. Bellenbeluchtingssystemen zijn evenwel ook mogelijk. De twee buitenste compartimenten fungeren afwisselend als nabezinktank of als beluchtingstank. Het middelste compartiment wordt permanent belucht.



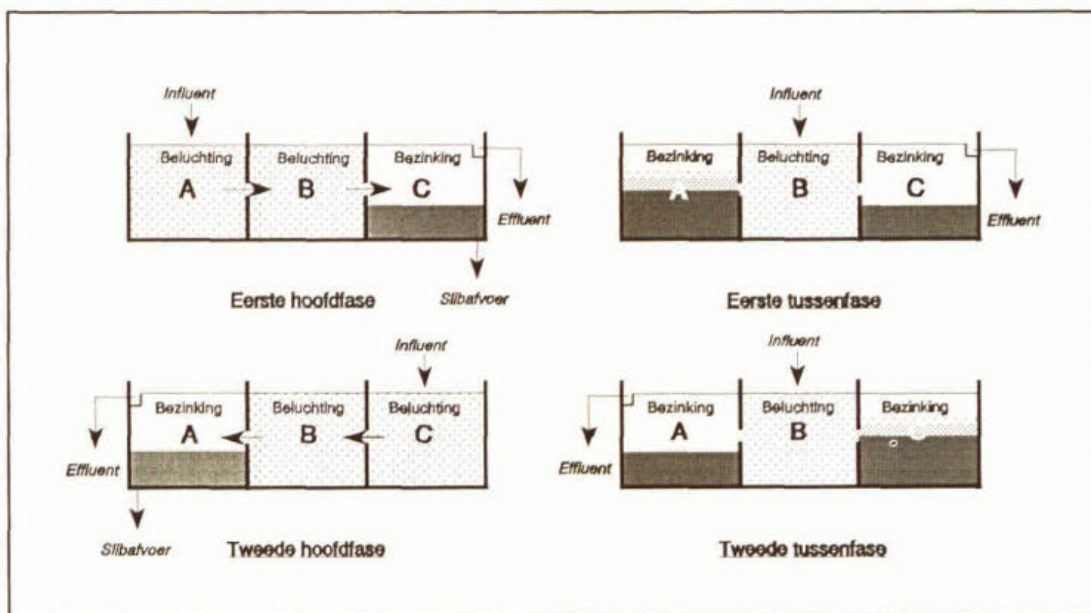
Figuur 1. Lay-out van het SSU-systeem



Figuur 2. Prinscipeschema van het SSU-systeem

In figuur 3 wordt de cyclische bedrijfsvoering van het SSU-systeem grafisch weergegeven. Deze bedrijfsvoering bestaat uit twee cycli. Elke cyclus bestaat uit een langer durende hoofdfase en een kortdurende tussenfase.

In de eerste hoofdfase komt het afvalwater in het uiterste compartiment A. In dit compartiment adsorbeert CZV aan de slibvlok en vindt een eerste CZV-oxidatie plaats. Het slib-watermengsel stroomt dan door naar compartiment B, dat altijd belucht is. Hier treedt verdere CZV-oxidatie op en wordt het slib geregenereerd. In compartiment C dat in deze cyclus niet wordt belucht, kan het slib bezinken en wordt het gezuiverde water via effluent-overstortgoten geloosd.



Figuur 3. Bedrijfsvoering van het SSU-systeem

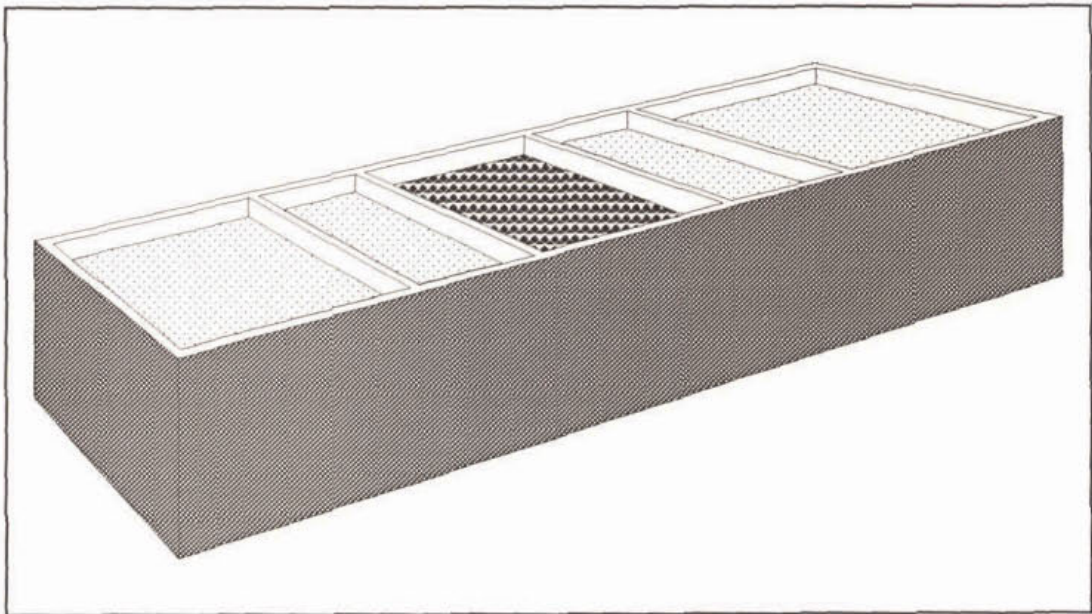
Om te voorkomen dat het slibgehalte in de compartimenten B en C als gevolg van slibtransport te veel zal toenemen, wordt na een bepaalde tijd (variërend van 90 tot 180 minuten) de stroomrichting omgekeerd. Dit vindt plaats in de tweede hoofdfase waarin compartiment C wordt belucht en de beluchting in compartiment A is uitgeschakeld. Het influent wordt nu eerst in compartiment C geleid, stroomt dan verder naar het tweede, permanent beluchte compartiment B en het slib-watermengsel komt tenslotte in compartiment A. Dit compartiment dient tijdens de tweede hoofdfase als bezinktank.

Beide hoofdfasen zijn van elkaar gescheiden door tussenfasen van telkens circa 15-30 minuten. In deze tussenfasen vindt in het uiterste beluchte compartiment de omschakeling van beluchting naar bezinking plaats: in de eerste tussenfase in compartiment A, in de tweede is dit in compartiment C. Tijdens de tussenfasen komt het afvalwater binnen in het middelste compartiment. Het bezinkingscompartiment van de vorige hoofdfase blijft als nabezinker dienst doen, terwijl in het andere uiterste compartiment de beluchting wordt gestopt zodat het slib daar kan bezinken. Een retourstroom vanuit dit compartiment naar het middelste compartiment treedt niet op als gevolg van het principe van de communicerende vaten. Afvoer van surplusslib vindt tijdens de hoofdfasen plaats vanuit het compartiment dat op dat moment als bezinktank dienst doet.

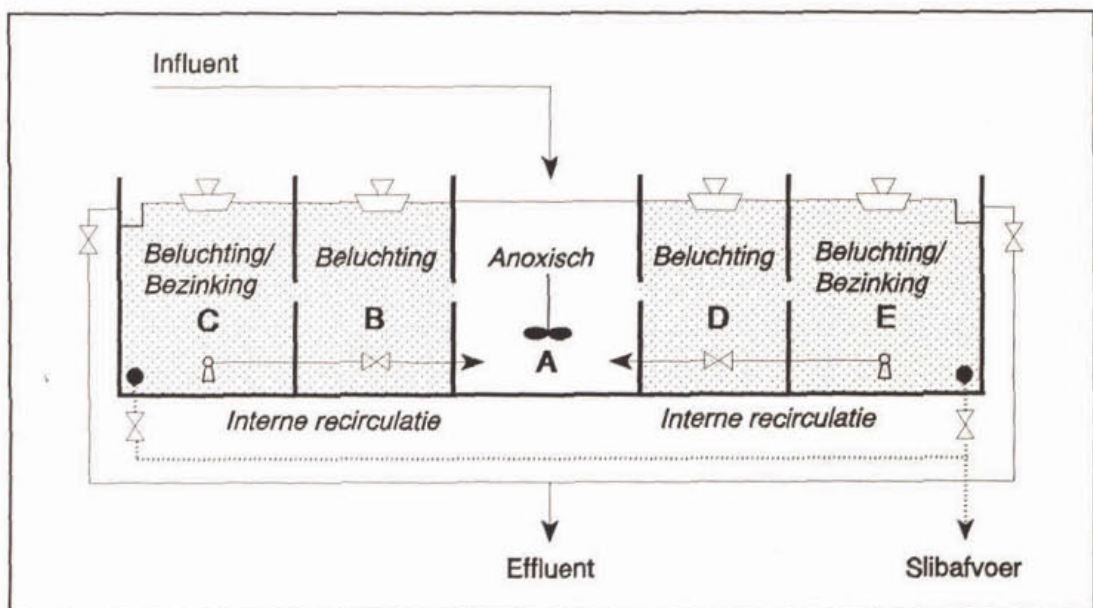
2.1.3 Het SSU-N-systeem

Het SSU-N-systeem (*Single Stage Unitank system with biological Nitrogen removal*) is een ééntraps UNITANK[®]-systeem met biologische stikstofverwijdering. Het systeem bestaat uit vijf compartimenten: zie figuur 4.

In figuur 5 is het principeschema van het SSU-N-systeem weergegeven. Het middelste compartiment A is uitgerust met een mengsysteem en is binnen deze configuratie de anoxische reactor. De andere compartimenten zijn uitgerust met beluchtingssystemen. De twee buitenste compartimenten fungeren afwisselend als nabezinktank of als beluchtingstank en hebben effluent-overstortgoten.



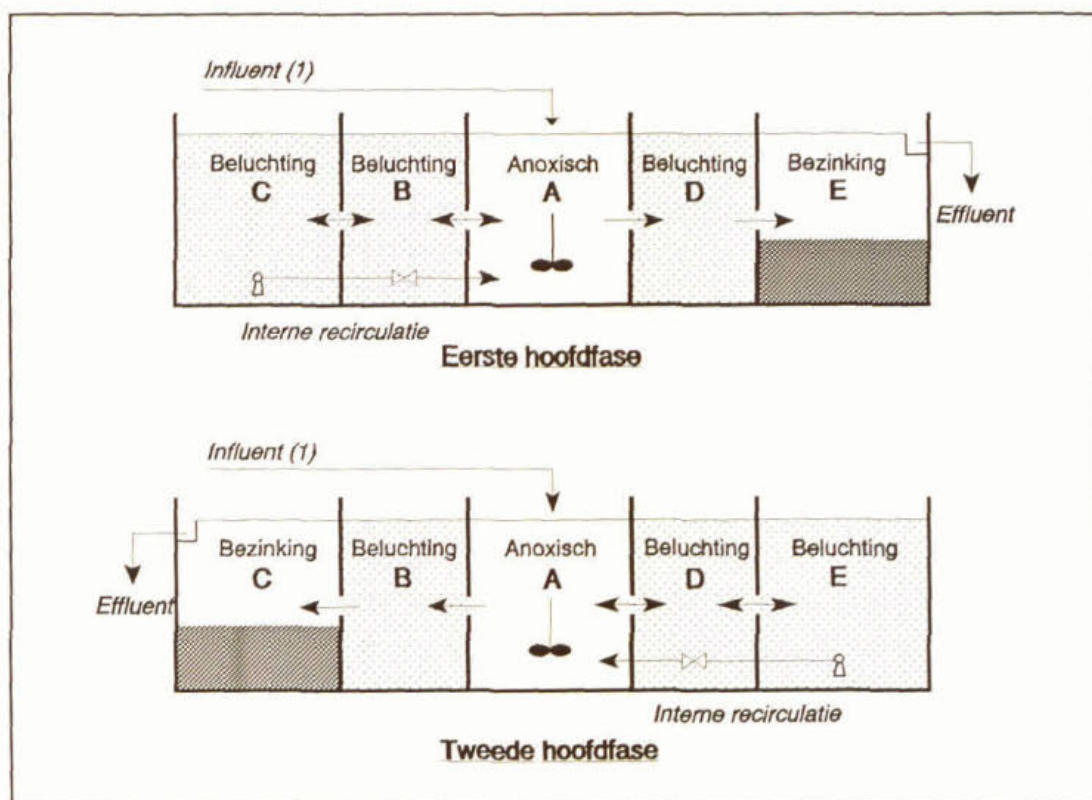
Figuur 4. Lay-out van het SSU-N-systeem



Figuur 5. Principeschema van het SSU-N-systeem

In figuur 6 wordt de bedrijfsvoering van het SSU-N-systeem grafisch weergegeven. Het proces kent evenals het SSU-systeem twee cycli. Elke cyclus bestaat uit een langer durende hoofdfase en een kortdurende tussenfase.

Het afvalwater komt steeds binnen in het middelste anoxische compartiment. Tijdens de eerste hoofdfase wordt compartiment C wel en compartiment E niet belucht. De compartimenten B en D worden continu belucht. Vanuit compartiment C wordt het slib-watermengsel verpompt naar compartiment A, dat hydraulisch is verbonden met compartiment B. In de compartimenten B en C treedt de nitrificatie op. Het gevormde nitraat wordt vervolgens gedenitrificeerd in compartiment A, waarbij efficiënt gebruik gemaakt wordt van het BZV van het influent.



Figuur 6. Bedrijfsvoering van het SSU-N-systeem

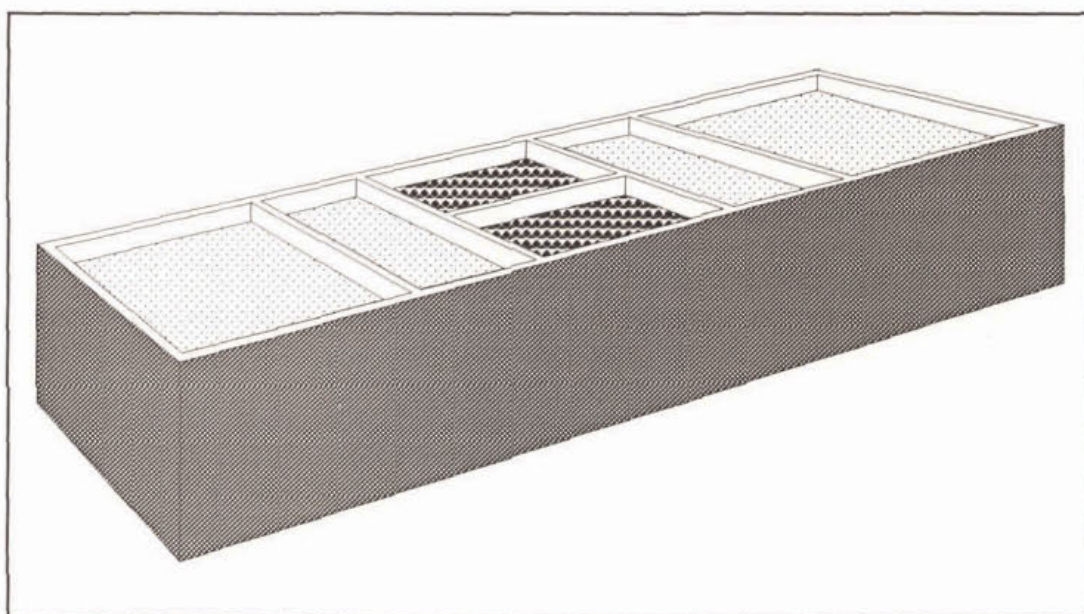
Het debiet van deze interne recirculatie wordt bepaald door de hoeveelheid te denitrificeren nitraat in de retourstroom en het gewenste c.q. vereiste nitraatgehalte in het effluent. Het recirculatie-debiet is voor stedelijk afvalwater gewoonlijk drie- tot vijfmaal het debiet van het binnenkomende afvalwater (recirculatiefactor 3-5). Uit compartiment A stroomt derhalve tijdens de eerste hoofdfase circa 75% van het influent-debiet naar het uiterste compartiment C, terwijl circa 100% doorstroomt naar compartiment D. In dit re-aëratiecompartiment wordt het stikstofgas uitgedreven en vindt een rest-nitrificatie plaats. Compartiment E, waar de beluchting is uitgeschakeld, doet dienst als bezinktank. In de tweede hoofdfase wordt de stroomrichting omgekeerd. Dan zijn de compartimenten B, D en E belucht en dient compartiment C als nabezinker.

Tijdens de tussenfasen wordt de interne recirculatiestroom stopgezet en wordt de beluchting uitgeschakeld in dat compartiment dat tijdens de volgende hoofdfase als bezinktank zal fungeren. Na de eerste hoofdfase wordt dan in compartiment C en na de tweede hoofdfase in compartiment E de beluchting uitgeschakeld.

Het SSU-N-systeem kan worden gecombineerd met simultane chemische fosfaatverwijdering.

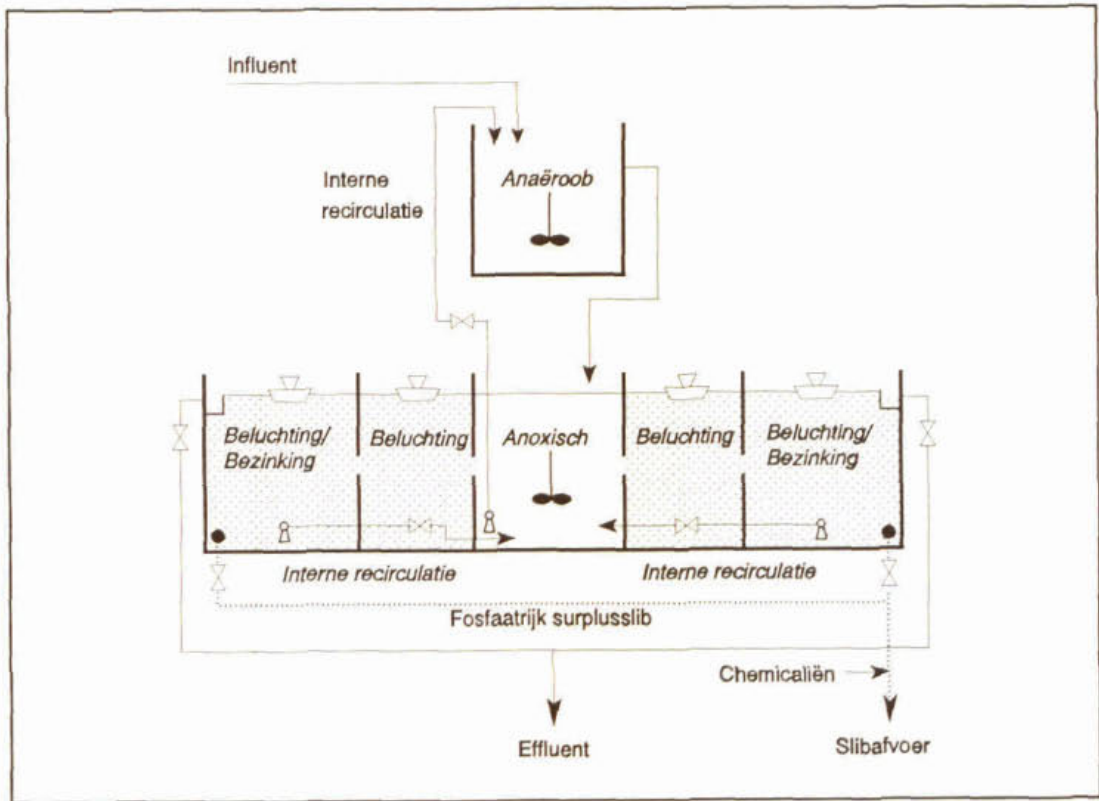
2.1.4 Het SSU-NP-systeem

Het SSU-NP-systeem (*Single Stage Unitank system with biological Nitrogen and Phosphorus removal*) is een ééntrapssysteem met biologische stikstof- en fosfaatverwijdering. Het systeem bestaat uit zes compartimenten: zie figuur 7.



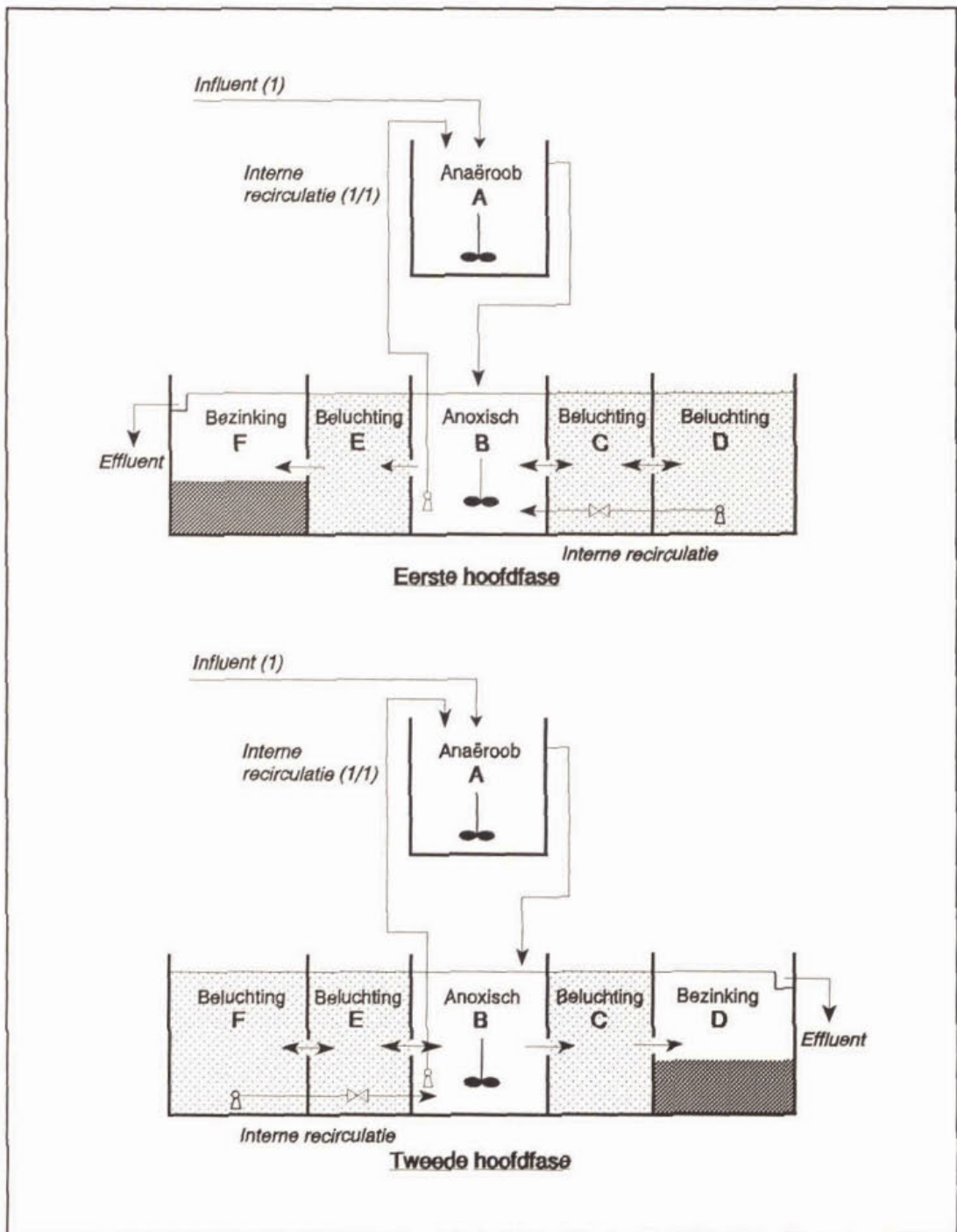
Figuur 7. Lay-out van het SSU-NP-systeem

Figuur 8 geeft het prinsipeschema van het SSU-NP-systeem. De middelste twee van de zes compartimenten (A en B) zijn voorzien van een mengsysteem, de overige vier compartimenten zijn uitgerust met beluchtingssystemen. De twee buitenste compartimenten fungeren afwisselend als nabezinktank of als beluchtingstank en hebben effluent-overstortgoten.



Figuur 8. Principeschema van het SSU-NP-systeem

In figuur 9 wordt de bedrijfsvoering van het SSU-NP-systeem weergegeven. Het proces kent evenals het SSU- en het SSU-N-systeem twee cycli. Elke cyclus bestaat uit een langer durende hoofdfase en een kortdurende tussenfase.



Figuur 9. Bedrijfsvoering van het SSU-NP-systeem

Het afvalwater komt altijd binnen in het anaërobe compartiment A. In dit compartiment vindt de P-release plaats. Compartiment A is hydraulisch verbonden met het anoxische compartiment B, waar de denitrificatie optreedt. Om de slibuitspoeling uit compartiment A te compenseren, wordt het slib-watermengsel vanuit compartiment B in de verhouding 1:1 naar compartiment A gepompt.

De rest van het systeem werkt analoog aan het SSU-N-systeem. In de eerste hoofdfase worden de compartimenten C, D en E belucht en fungeert compartiment F als nabezinktank. In de tweede hoofdfase dient compartiment D als nabezinktank en wordt compartiment F belucht. Het slib-watmengsel uit compartiment B stroomt tijdens de hoofdfasen naar het uiterste beluchttingscompartiment (respectievelijk compartiment D en F) met een debiet dat drie tot vijf maal hoger is dan het influentdebiet. In deze beluchte compartimenten vinden nitrificatie en fosfaatfixatie plaats en wordt het residuele BZV geoxideerd.

De beide hoofdfasen hebben elk een duur van 90 tot 180 minuten en zijn van elkaar gescheiden door tussenfasen van telkens 15-30 minuten. Tijdens de tussenfasen blijft het onbeluchte compartiment (respectievelijk F en D) als nabezinktank fungeren. De beluchting in het uiterste compartiment (respectievelijk D en F) en de interne recirculatie van compartiment D worden dan uitgeschakeld om bezinking in deze compartimenten mogelijk te maken. Het spuien van retourslib geschiedt telkens uit een belucht compartiment teneinde slib met een maximaal P-gehalte te verwijderen.

2.1.5 Het SSU- Δ N en SSU- Δ NP-systeem

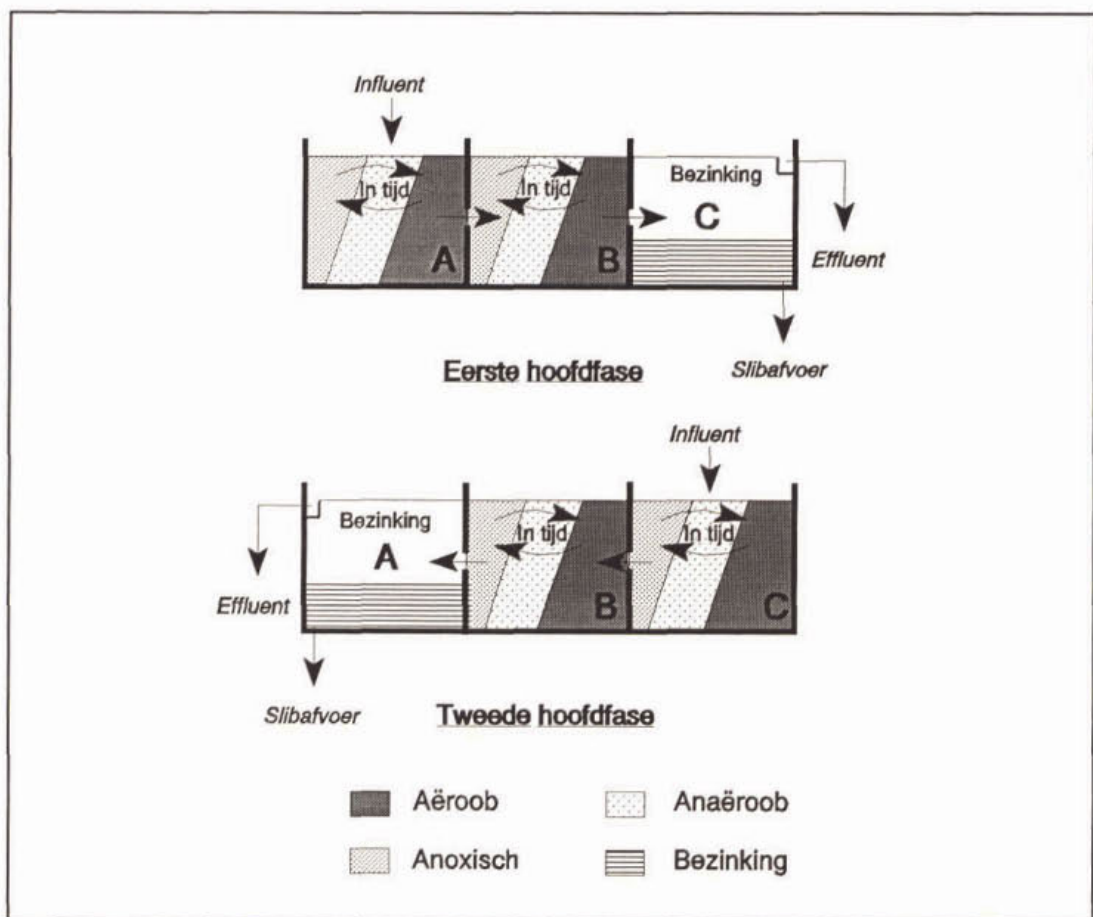
Bij het SSU-N- en het SSU-NP-systeem vindt stikstof- en fosfaatverwijdering plaats door het afvalwater achtereenvolgens door een anaëroob, een anoxisch en verschillende aërobe compartimenten te leiden (zie figuur 9). Evenals bij conventionele actief-slibsystemen is een dergelijke nutriëntenverwijdering plaatsgebonden. In plaats van dit ruimtegebonden proces wordt tegenwoordig voor nieuw te bouwen UNITANK[®]-systemen door Seghers Engineering een tijdgebonden biologische nutriëntenverwijdering volgens het SSU- Δ NP concept toegepast. Tijdgebonden nutriëntenverwijdering kan in een drie-compartimenten SSU-systeem worden gerealiseerd. Voor het principeschema van een SSU- Δ NP systeem wordt in dit verband verwezen naar figuur 2 in § 2.1.2.

De bedrijfsvoering van een SSU- Δ NP systeem is echter essentieel anders dan die van een SSU-systeem zonder nutriëntenverwijdering: zie figuur 10 en vergelijk met figuur 3 in § 2.1.2. Bij een procesvoering met controle in de tijd worden in één en hetzelfde compartiment achtereenvolgens anoxische, anaërobe en aërobe condities gecreëerd. Waar ruimtegebonden controle een constante verhouding van anaërobie/anoxie/aërobie impliceert, biedt controle in de tijd het voordeel van een variabele verhouding anaërobie/anoxie/aërobie en bijgevolg meer flexibele procesvoorwaarden. Een nadeel is een hoger geïnstalleerd zuurstofinbrengend vermogen.

2.1.6 Ontwikkeling van het drie-compartimenten SSU- Δ NP-systeem

Voordat Seghers Engineering, na ervaringen met het zes-compartimenten (ruimtegebonden) systeem, de wijze van tijdgebonden procesvoering introduceerde, is op RWZI Kesselt/Riemst voor het eerst met succes een tijdgebonden nutriëntenverwijdering in een vier-compartimenten systeem toegepast (zie § 3.3). De daarbij gehanteerde wijze van procesvoering wijkt in zoverre af van die van het hiervoor beschreven drie-compartimenten systeem, dat een extra compartiment als vóórdennitrificatie-ruimte is ingezet.

In overleg met Aquafin en met Belgische ontwerp bureaus is in 1996 door Seghers Engineering vastgesteld dat deze wijze van vóórdenitrificatie ook volledig met een drie-compartimenten SSU- Δ N(P)-ontwerp kon geschieden, waarbij de processturing door middel van redox-metingen plaatsvindt. Dit ontwerp heeft als voordelen dat geforceerde interne recirculatie (zie figuur 9) achterwege kan blijven en dat er meer flexibiliteit is in de keuze van procescondities. Bij de huidige ontwerpen van RWZI's wordt door Seghers Engineering in plaats van ruimtegebonden nutriëntenverwijdering meestal uitgegaan van het drie-compartimenten systeem met tijdgebonden nutriëntenverwijdering. Dit is volgens Seghers Engineering de beste oplossing wat betreft de verhouding zuiveringsrendement en kosten. Het drie-compartimentensysteem komt onder andere in het ontwerp van de nieuw te bouwen RWZI Geraardsbergen in (30.000 i.e.) België en RWZI Macao (100.000 i.e.) tot uitdrukking.



Figuur 10. Bedrijfsvoering van het drie-compartimenten SSU- Δ N(P)-systeem

2.2 Dimensioneringsgrondslagen en ontwerpaspecten

Het UNITANK[®]-systeem kent in vergelijking met conventionele actief-slibinstallaties een aantal specifieke dimensioneringsgrondslagen en ontwerpaspecten, die hierna in het kort worden behandeld.

Waterdiepte/bouwhoogte

Voor de dimensionering van de compartimenten van een UNITANK[®]-systeem spelen de volgende parameters een rol: oppervlaktebelasting, benodigd volume en type beluchting. Voor elke RWZI wordt een optimale verhouding gezocht tussen de verschillende parameters. Ook wordt rekening gehouden met de kosten van de civiele werken. In de praktijk is bij toepassing van oppervlaktebeluchting de waterdiepte tussen 3,5 en 5,5 m. Bij bellenbeluchting varieert deze diepte tussen de 5,5 en 8 m.

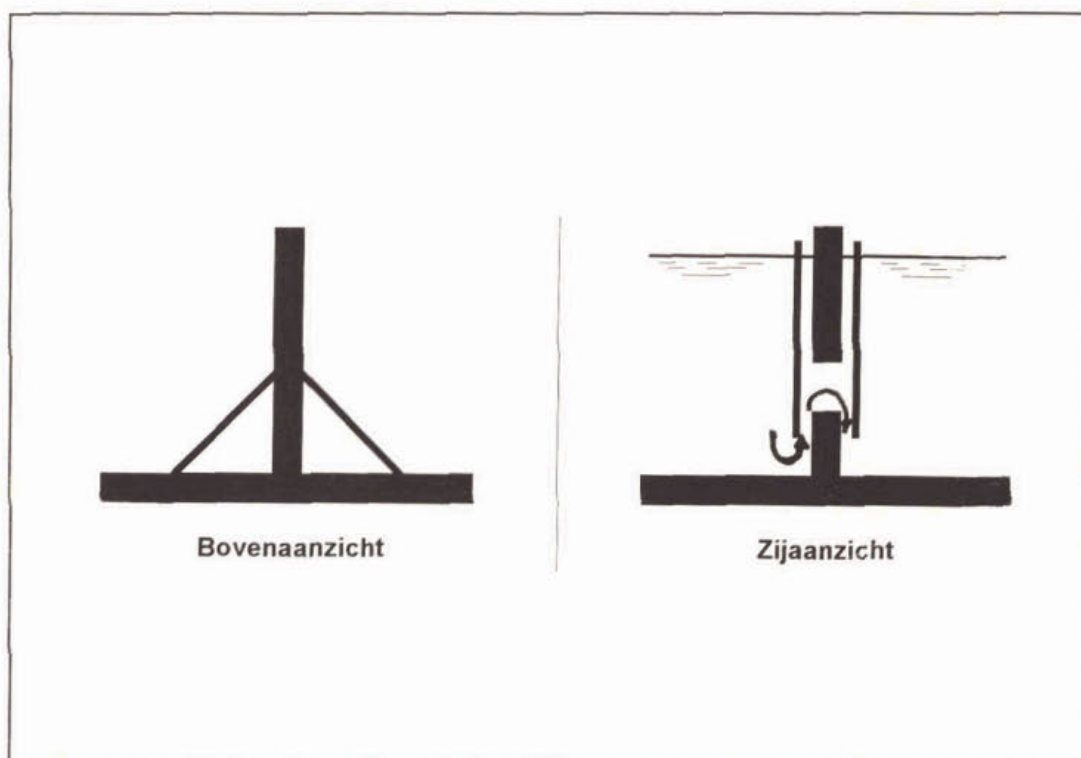
Beluchting

Puntbeluchters worden vooral toegepast bij een effectieve waterdiepte van 3,5 tot 5,5 m, hetgeen in de regel duidt op een relatief hoge oppervlakte/hoogteverhouding van de compartimenten in UNITANK[®]-systemen. Deze verhouding wordt bepaald door de vereiste maximale oppervlaktebelasting van de compartimenten in de bezinkfase. Indien bellenbeluchting wordt toegepast, kunnen in verband met de dubbele functie van een compartiment (beluchting/bezinking) alleen membraanschotelementen worden gebruikt. In verband met de optredende krachten veroorzaakt door de slibdeken is buisbeluchting niet toepasbaar.

Vergeleken met de beluchtingscapaciteit voor conventionele actief-slibsystemen is bij toepassing van oppervlaktebeluchters in UNITANK[®]-systemen vanwege de alternerende bedrijfsvoering (beluchting/bezinking) van de buitenste compartimenten installatie van extra beluchtingscapaciteit noodzakelijk.

Bezinking

Toevoer van het slib/watermengsel uit het beluchte compartiment naar het bezinkcompartiment vindt in alle systemen onder de bovenkant van de slibdeken op circa 2 meter plaats. Daarbij is diagonaal in de hoek van het compartiment een duikschot aangebracht om opwerveling van de slibdeken tegen te gaan. De functie van dit duikschot is vergelijkbaar met die van de inlooptrommel in een conventionele ronde nabezinktank. In figuur 11 is de toevoer van het slibwatermengsel schematisch weergegeven.



Figuur 11. Schematische weergave toevoer slibwatermengsel in bezinkingscompartiment

Oppervlaktebelasting

Bij het ontwerp van de nabezinktanks wordt voor communale zuiveringsinrichtingen in België uitgegaan van een oppervlaktebelasting lager dan 1 m/h. Volgens Seghers Engineering | 12 | zouden belastingen tot 1,5 m/h toegepast kunnen worden, aangezien de slibvolume-index (SVI) in 'communale' UNITANK[®]-systemen tot nu toe overal stabiel en laag is: de SVI ligt in alle gevallen onder 150 ml/g. Doorgaans wordt voor deze zuiveringen door de waterkwaliteitsbeheerder Aquafin voor deze SVI een oppervlaktebelasting van 1,0 m/h gehanteerd.

Aangezien de bezinkruimtes van het UNITANK[®]-systeem een vierkant oppervlak hebben, is de genoemde ontwerpwaarde vergelijkbaar met die van ronde nabezinktanks. Bij installatie van lamellenpakketten wordt een maximale oppervlaktebelasting van de tank van circa 3 m/h gehanteerd.

Hydraulische belasting

Als dimensioneringsgrondslag voor de hydraulische capaciteit van een communale zuivering met een UNITANK[®] systeem wordt door Aquafin een maximaal RWA-debiet van $2,5 \cdot \text{DWA}$ gehanteerd, waarbij DWA gelijk is aan het aanvoerdebiet Q_{14} gedurende 14 uur per etmaal. Volgens Seghers Engineering zou een ontwerpwaarde van $5 \cdot Q_{14}$ in de praktijk als maximum kunnen worden gehanteerd. Er dienen dan echter lamellenpakketten in de buitenste compartimenten te worden geïnstalleerd. Voor de hydraulische capaciteit van influentgemaal (doorgaans vijzels), roostergoedinstallatie en zandvang wordt door Aquafin een RWA-debiet van $5 \cdot Q_{14}$ aangehouden. Het surplusdebiet boven $2,5 \cdot Q_{14}$ wordt gebufferd in een regenwaterbassin voor latere biologische behandeling.

Voor de dimensionering van dit bassin wordt uitgegaan van een overstortfrequentie van vijfmaal per jaar bij een bergingscapaciteit van het rioelstelsel van 7 mm neerslag. Zie ook § 1 in bijlage 4.

In het ontwerp van UNITANK[®] systemen gaat Seghers Engineering ervan uit dat de maximum capaciteit voor één module 100.000 i.e. bedraagt. Bij hogere capaciteiten dienen meer modules te worden geplaatst.

Effluentgoten

De effluentgoten in de buitenste compartimenten hebben een spoelvoorziening om te voorkomen dat slib dat in die goten bezinkt bij omschakeling van die compartimenten van beluchting naar bezinking met het effluent wordt afgevoerd. Bij aanvang van de hoofdfasen wordt het slib in de goten gedurende 5-10 minuten weggespoeld naar een spoelput, vanwaar het naar het tussencompartiment wordt gepompt.

2.3 Procesregeling

Door het cyclische karakter van de bedrijfsvoering van UNITANK[®] systemen is een procesregeling vereist die in de verschillende procesfasen de nodige pompen, beluchters, mixers en afsluiters sturen. Daarbij zijn in elke hoofdfase van de procescyclus meerdere deelfasen te onderscheiden, terwijl voor de tussenfasen slechts één procesfase geldt. Het aantal deelfasen in een hoofdfase is afhankelijk van het type UNITANK[®] systeem.

In figuur 12 is de procesregeling voor een RWZI met een drie-compartimenten SSU- Δ NP-systeem gegeven. Op een RWZI met dit systeem kent elke hoofdfase twee deelfasen. In één procescyclus van een SSU- Δ NP-systeem zijn derhalve zes deelfasen te onderscheiden, te weten hoofdfase 1a en 1b, tussenfase 1, hoofdfase 2a en 2b en tussenfase 2).

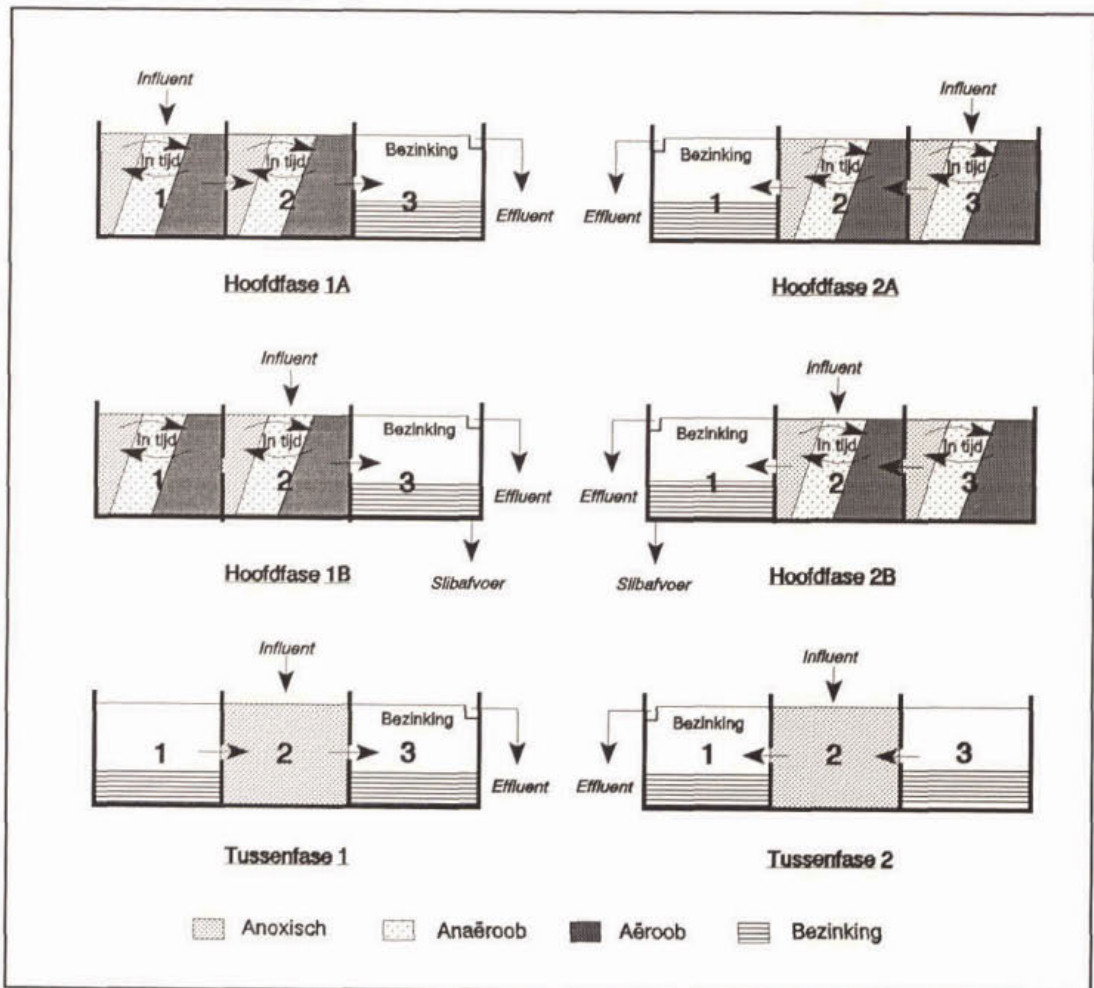
De twee deelfasen in hoofdfase 1 en tussenfase 1 hebben de volgende functies (de deelfasen voor hoofdfase 2 en tussenfase 2 zijn gespiegeld, zoals aangegeven in figuur 12):

Hoofdfase 1A: In deze fase wordt compartiment 1 gevoed met influent. De effluentgoot in compartiment 3, dat als bezinker functioneert, wordt bij aanvang van deze deelfase gespoeld alvorens het effluent wordt afgevoerd. In hoofdfase 1A doorloopt compartiment 1 en 2 enz. achtereenvolgens het anoxische, anaërobe en aerob stadium.

Hoofdfase 1B: In deze fase wordt influent naar compartiment 2 geleid. In hoofdfase 1B doorloopt compartiment 1 en 2 het anoxische, anaërobe en aërobe stadium. Vanuit het 'bezink'-compartiment 3 kan surplusslib worden gespuid. In deze fase lijkt het dat influent meer onbehandeld via compartiment 3 wordt afgelaten. In de praktijk is echter de voedingsverdeling over het buitenste en middelste compartiment circa 60:40 per cyclus (hoofdfase en tussenfase).

Stel dat de hoofdfase 3 uur zou duren, dan betekent dat maximaal 1,2 uur voeding in het middelste compartiment wordt geleid. Dit influent wordt gemengd met de aanwezige hoeveelheid, waarbij een adsorptie- en een verdunningseffect optreedt. De hydraulische verblijftijd van het influent in het middelste compartiment is circa 4 h. Dat wil zeggen dat er geen negatief effect optreedt op de effluentkwaliteit. Het bezinkingscompartiment is reeds lang weer een belucht compartiment voordat er enige invloed kan zijn.

Tussenfase 1: In tussenfase 1 wordt de beluchting van compartiment 1 en 2 gestopt. Aldus kan het slib in compartiment 1 bezinken, zodat dit compartiment in de tweede hoofdfase als bezinkcompartiment dienst kan doen.



Figuur 12. Procesregeling van een drie-compartimenten SSU- Δ NP-systeem

De omschakeling van de verschillende fasen geschiedt door een geheel van automatische afsluiters gestuurd door een centrale PLC. Gedurende hoofdfase 1 neemt de slibconcentratie in compartiment 1 en 2 af, terwijl de slibconcentratie in compartiment 3 stijgt. Daarom is de tijdsduur van de fase gelimiteerd door de hydraulische belasting van de RWZI. De tijdsduur van een hoofdfase varieert normaliter tussen de 90 en 180 minuten. Bij de opstart van een RWZI wordt deze tijdsduur met behulp van ervaringscijfers en de hydraulische aanvoer karakteristiek modelmatig bepaald (zie ook § 2.4). Het doorgelopen hydraulisch debiet naar één kant wordt getotaliseerd en er wordt van influentrichting veranderd als het ingestelde debiet bereikt wordt. Zo wordt de duur van één cyclus optimaal bepaald.

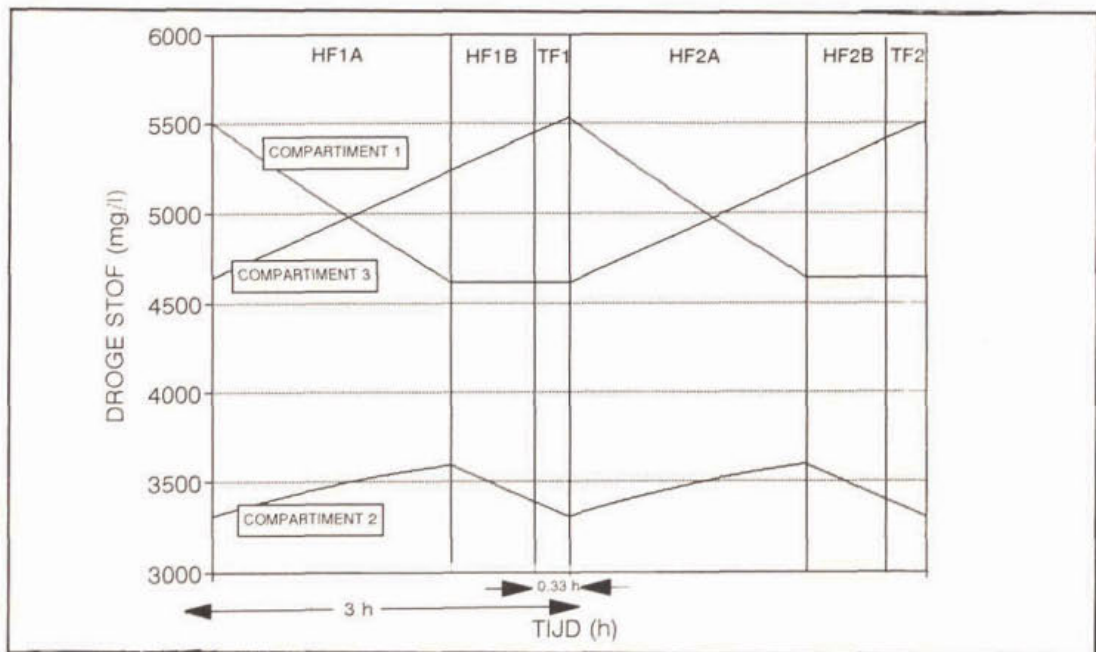
Elk compartiment is uitgerust met oppervlaktebeluchter en een menger. De beluchters en mengers in alle compartimenten worden geregeld door een O_2 -meter en één redoxmeter. Dit komt tot stand door beurtelings monsternemen via een bemonsteringspompje naar een centrale meetinrichting (Bioscan-Biomaster[®]).

Er kan eveneens conventioneel worden gewerkt met één O_2 -meter en redox-meter per compartiment. In de beluchte periode wordt de gewenste zuurstofconcentratie geregeld door de O_2 -meter via een aan/uit-schakeling van de oppervlaktebeluchter. De onbeluchte periode (anoxisch en anaëroob) wordt geregeld door een redoxmeter. De regeling van het zuiveringsproces (per compartiment) is identiek aan de regeling zoals die wordt toegepast op Carrousels met intermitterende beluchting.

2.4 Verloop van het slibgehalte

Als gevolg van de alternerende wijze van bedrijfsvoering van een UNITANK[®]-systeem is het slibgehalte in de verschillende compartimenten niet constant. In figuur 12 is het gemodelleerde verloop van het slibgehalte weergegeven voor een drie-compartimenten SSU-ΔNP systeem. Het verloop in hoofdfase 1 gaat uit van alternerende voeding en beluchting van de compartimenten 1 en 2 en van bezinking in compartiment 3, zoals beschreven in § 2.3. In hoofdfase 2 zijn de compartimenten 3 en 2 alternerend belucht en fungeert compartiment 1 als bezinkruimte. De in figuur 12 weergegeven slibgehaltenes zijn representatief voor een UNITANK[®]-systeem zoals toegepast voor de behandeling van stedelijk afvalwater. Bij de berekening van het verloop van het slibgehalte is rekening gehouden met de slibaanwas in de verschillende compartimenten. Gemiddeld over de drie compartimenten bedraagt het slibgehalte 4,5 g/l.

In hoofdfase 1A neemt het slibgehalte in compartiment 1 geleidelijk af als gevolg van uitspoeling naar compartiment 2. In deze deelfase neemt het slibgehalte in compartiment 2 langzaam toe, aangezien het slib vanuit dit compartiment op zijn beurt naar compartiment 3 doorspoelt.



Figuur 13. Verloop van het slibgehalte in een drie-compartmenten SSU- Δ NP systeem (HF = Hoofdphase; TF = Tussenphase).

In hoofdphase 1B en in tussenphase 1, waarin compartiment 2 in plaats van compartiment 1 wordt gevoed, blijft het slibgehalte in compartiment 1 constant en neemt het slibgehalte in compartiment 2 geleidelijk af.

Het slibgehalte in compartiment 3 neemt gedurende hoofdphase 1 en tussenphase 1 geleidelijk toe tot een gehalte dat gelijk is aan het gehalte in compartiment 1 aan het begin van de eerste hoofdphase.

Na de eerste tussenphase neemt compartiment 3 de rol van compartiment 1 over en vindt het verloop in het slibgehalte in omgekeerde richting plaats.

Bij gekozen procescondities zal het slibgehalte in compartiment 2 nooit hoger zijn dan de slibgehalten in de twee buitenste compartimenten.

3 HET UNITANK[®]-SYSTEEM IN DE PRAKTIJK

In dit hoofdstuk komen de volgende onderwerpen aan de orde:

- de UNITANK[®]-systemen die in de praktijk zijn gerealiseerd (§ 3.1);
- de ten behoeve van dit onderzoek geselecteerde zuiveringsinrichtingen waar het UNITANK[®]-systeem wordt toegepast (§ 3.2);
- de inventarisatie en evaluatie van de beschikbare praktijkgegevens van de aldus geselecteerde en bezochte UNITANK[®]-systemen (§ 3.3, § 3.4 en § 3.5).

3.1 Overzicht van bestaande UNITANK[®]-systemen

Volgens opgave van Seghers Engineering zijn tot februari 1997 in totaal 131 UNITANK[®]-systemen bij verschillende zuiveringsinrichtingen gerealiseerd.

In tabel 3 is een overzicht gegeven van alleen die gerealiseerde zuiveringen, waar SSU-, SSU-N- en SSU-(Δ)NP-systemen worden toegepast. Daarbij is een indeling naar type afvalwater aangehouden.

Tabel 3: Gerealiseerde zuiveringsinrichtingen met UNITANK[®]-systeem, ingedeeld naar type afvalwater en type SSU-systeem | 2 |

TYPE AFVALWATER	GEREALISEERDE ZUIVERINGEN			
	SSU	SSU-N	SSU-NP	SSU- Δ NP
- Stedelijk afvalwater	4	4	1	1
- Voedingsmiddelen- en zuivelindustrie	14	2		
- Brouwerijen, mouterijen en soft-drinkindustrie	7	1		
- Chemische en aanverwante industrie	3	1		
- Overige (textielindustrie, slachthuizen, destructiebedrijven)	7	1		
Totaal	35	9	1	1

3.2 Selectie en inventarisatie van UNITANK[®]-systemen in de praktijk

Ten behoeve van de inventarisatie van de praktijkgegevens is een aantal operationele afvalwaterzuiveringsinstallaties geselecteerd. Deze selectie van te bezoeken en te beschrijven installaties is verricht op basis van de volgende criteria:

- de inrichting diende bij voorkeur een communale zuivering te zijn, waar het SSU-N-systeem met of zonder chemische P-verwijdering, het SSU-NP-systeem dan wel het SSU- Δ NP-systeem werd toegepast;
- in het geval van een industriële zuivering diende op die (SSU- of TSU-)inrichting stikstof- en/of fosfaatverwijdering te geschieden;
- alleen inrichtingen in België werden geselecteerd omdat het Belgische stedelijke afvalwater dezelfde karakteristieken heeft als het Nederlandse stedelijke afvalwater.

In tabel 4 is een overzicht gegeven van de zuiveringsinrichtingen in België die in overleg met Seghers Engineering op basis van de voornoemde criteria werden geselecteerd en waaraan in de periode van 17 tot en met 21 juni 1996 een bedrijfsbezoek is gebracht.

Tabel 4: Zuiveringsinrichtingen met een UNITANK[®]-systeem in België waaraan een bedrijfsbezoek is gebracht

ZUIVERINGSINRICHTING	LOCATIE	BEHEERDER	SYSTEEM	CAPACITEIT
<u>Communale zuiveringen</u>				
1. RWZI Galmaarden	Galmaarden	Aquafin	SSU-NP	10.000 i.e.
2. RWZI Kesselt/Riemst	Kesselt	Aquafin	SSU-ΔN(P) ¹	10.000 i.e.
3. RWZI Kinrooi	Kinrooi	Aquafin	SSU-N	5.000 i.e.
<u>Industriële zuiveringen</u>				
4. AWZI Masureel	Wevelgem	Textielveredeling Masureel	SSU-N	26.000 i.e.
5. AWZI Haacht	Haacht	Brouwerij Haacht	TSU-N	65.000 i.e.
6. AWZI Martens	Bocholt	Brouwerij Martens	TSU	60.000 i.e.
7. AWZI Cargill	Antwerpen	Cargill	SSU	22.200 i.e.
8. AWZI General Motors	Antwerpen	GM	TSU-N	12.000 i.e.
9. AWZI Hoegaarden	Hoegaarden	Brouwerij Hoegaarden	TSU-P	61.000 i.e.

1. additionele simultane P-verwijdering door dosering van aluminaat

In bijlage 1 zijn foto's van deze negen zuiveringsinrichtingen opgenomen. Hierna worden de belangrijkste ontwerpgegevens, procesparameters en prestaties van deze negen inrichtingen gegeven: zie tabel 5. De in deze tabel vermelde BZV- en N-belastingen zijn berekend op basis van de hoeveelheid slib, die in de beluchte en/of gemengde compartimenten in suspensie is (i.e. de totale hoeveelheid slib verminderd met het slib van één compartiment met bezinkfunctie).

In § 3.3 en § 3.4 wordt in detail ingegaan op de dimensioneringsgrondslagen, bedrijfsresultaten en operationele aspecten van de communale zuiveringsinrichtingen te Kesselt/Riemst en Galmaarden. Aangezien RWZI Kinrooi op moment van het bedrijfsbezoek nog niet operationeel was, zijn hiervan geen bedrijfsgegevens beschikbaar. Een verdere beschrijving van deze RWZI is dan ook achterwege gelaten.

De bedrijfsresultaten van de zes bezochte industriële zuiveringen zijn van dien aard, dat de aldaar toegepaste UNITANK[®]-systemen zichzelf wat betreft procesregeling, bedrijfsvoering en behaalde zuiveringsprestaties in de praktijk bewezen hebben. Met betrekking tot de effluentconcentraties van BZV, CZV en N_{totaal} voldoen alle industriële zuiveringen zonder meer aan de gestelde effluenteisen. De mate van stikstofverwijdering is gezien de hoge BZV/N-verhoudingen van het influent op deze zuiveringen geheel volgens de verwachting. Een verdere bespreking van de prestaties van de industriële zuiveringen wordt hierna achterwege gelaten, aangezien

- deze industriële zuiveringen een ander UNITANK[®]-systeem toepassen dan het SSU-ΔNP-systeem dat momenteel voor communale zuiveringen wordt gebruikt,
- de samenstelling van het influent en de ontwerpbelastingen van deze industriële zuiveringen aanzienlijk verschillen van die van de communale RWZI's.

Tabel 5: Procesparameters, SVI en effluentkarakteristieken van de bezochte zuiveringsinrichtingen met een UNITANK®-systeem in België.
De gegevens van de SVI en de effluentkarakteristieken zijn rekenkundige gemiddelden

ZUIVERINGSINRICHTING	SYSTEEM	INFLUENTDEBIET (m ³ /dag)		BZV-BELASTING (g BZV/g DS.d)		SLIBGEHALTE ¹ (g/l)	SVI (ml/g)	BZV/N	N-BELASTING (g N/g DS.d)
		Ontwerp	Praktijk	Ontwerp	Praktijk				
<u>Communale zuiveringen</u>									
1. RWZI Galmaarden	SSU-NP	1.800 ³	640 ⁴	0,05 ⁹	0,01	3,0	125	2,4	0,004
2. RWZI Kesselt/Riemst	SSU-ΔN(P) ²	1.800 ³	2.340 ²	0,05	0,025	3,5 ⁵	90	2,6	0,008
3. RWZI Kinrooi	SSU-N	900 ³	--	0,05	--	--	--	--	--
<u>Industriële zuiveringen</u>									
4. AWZI Masureel	SSU-N	3.500	1.250	0,10	0,01	2,9	150	3,9	
5. AWZI Haacht	TSU-N	3.000	1.900	1/0,1 ⁶	2/0,1 ⁶	3/3 ⁶	100/115 ⁶	21	
6. AWZI Martens	TSU	2.000	1.800	1/0,1 ⁶	0,3/0,1 ⁶	6/4 ⁶	75		
7. AWZI Cargill	SSU	2.400	2.250	0,2	0,2	2,8	80-100	55	
8. AWZI General Motors	TSU-N	1.715	1.715	1/0,1 ⁶	2/0,1 ⁶	3/3 ⁶	75	5,9	
9. AWZI Hoegaarden	TSU-P	3.000	3.000	1/0,1 ⁶	0,5/0,1 ⁶	6/4 ⁶	130/120 ⁶		

ZUIVERINGSINRICHTING	INFLUENTCONCENTRATIES (mg/l)			EFFLUENTCONCENTRATIES (mg/l)				EFFLUENTEISEN (mg/l)				
	BZV	N _{totaal}	P _{totaal}	BZV	N _{totaal}	P _{totaal}	ZS	BZV	CZV	ZS	N _{totaal}	P _{totaal}
<u>Communale zuiveringen</u>												
1. RWZI Galmaarden	104	43	5,8	3,2	9,0	1,9	8	< 10	< 80	< 20	< 10	< 2
2. RWZI Kesselt/Riemst	105	40	5,3	4,3	7,9	1,4 ⁸	11	< 12,5	< 75	< 17,5	< 10	< 2
3. RWZI Kinrooi	--	--	--	--	--	--	--	< 12,5	< 75	< 17,5	< 20	< 2
<u>Industriële zuiveringen</u>												
4. AWZI Masureel	105	27	6,1	7,7	10	7,4	15	< 10	< 120	< 20	< 10	
5. AWZI Haacht	1.070	58	31	8	5,3	14	20	< 15	< 80	< 20	< 10	< 2
6. AWZI Martens	1.600	-- ⁷	--	16	-- ⁷	--	5	< 15	< 50	< 20	< 10	< 2
7. AWZI Cargill	315	9,1	30	15	3,3	18	20	< 15	< 100	< 20	< 20	< 7
8. AWZI General Motors	375	60	10	3,5	1,8	2,0 ⁸	8	< 5	< 40	< 10	< 10	2
9. AWZI Hoegaarden	1.100	-- ⁷	32	10	-- ⁷	4	10	< 10	< 80	< 20	15	< 4

1. gemiddeld gehalte in de beluchte compartimenten
2. additionele simultane P-verwijdering door dosering van aluminaat
3. DWA
4. DWA + RWA gemiddeld

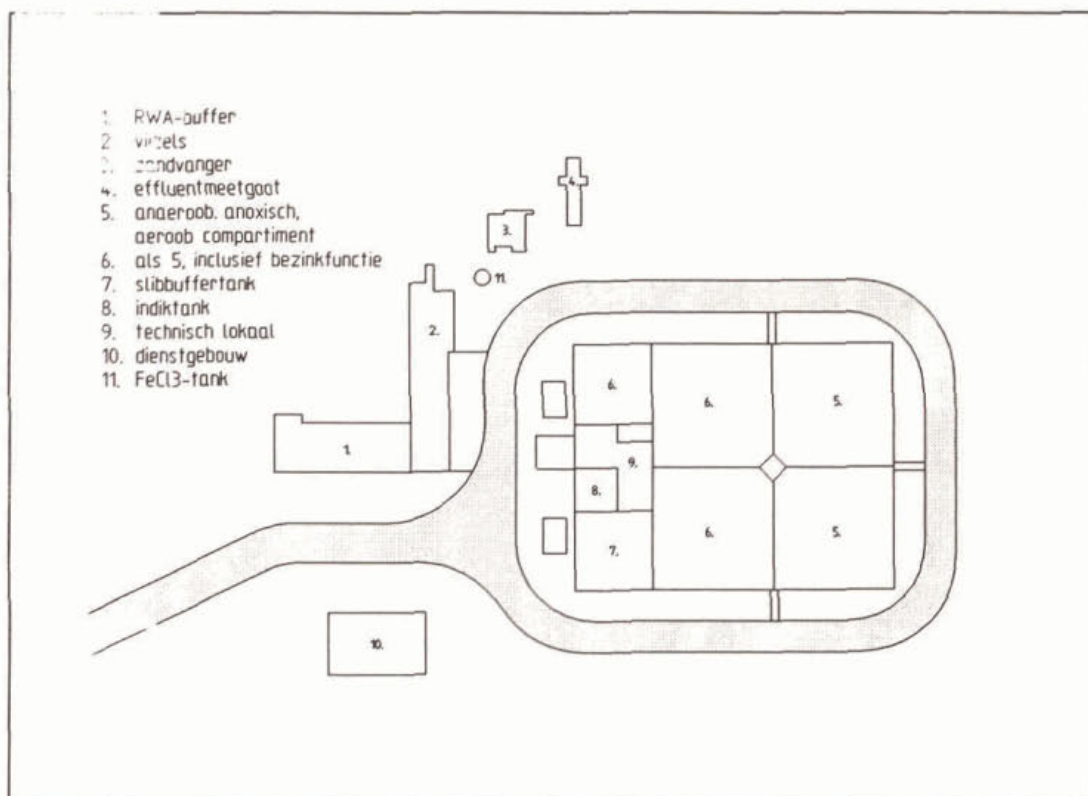
5. exclusief chemisch slib (circa 10%)
6. ../. = eerste/tweede trap
7. N-bron wordt gedoseerd
8. met Al³⁺
9. betrokken op de actieve compartimenten

3.3 RWZI Kesselt/Riemst

3.3.1 Beschrijving

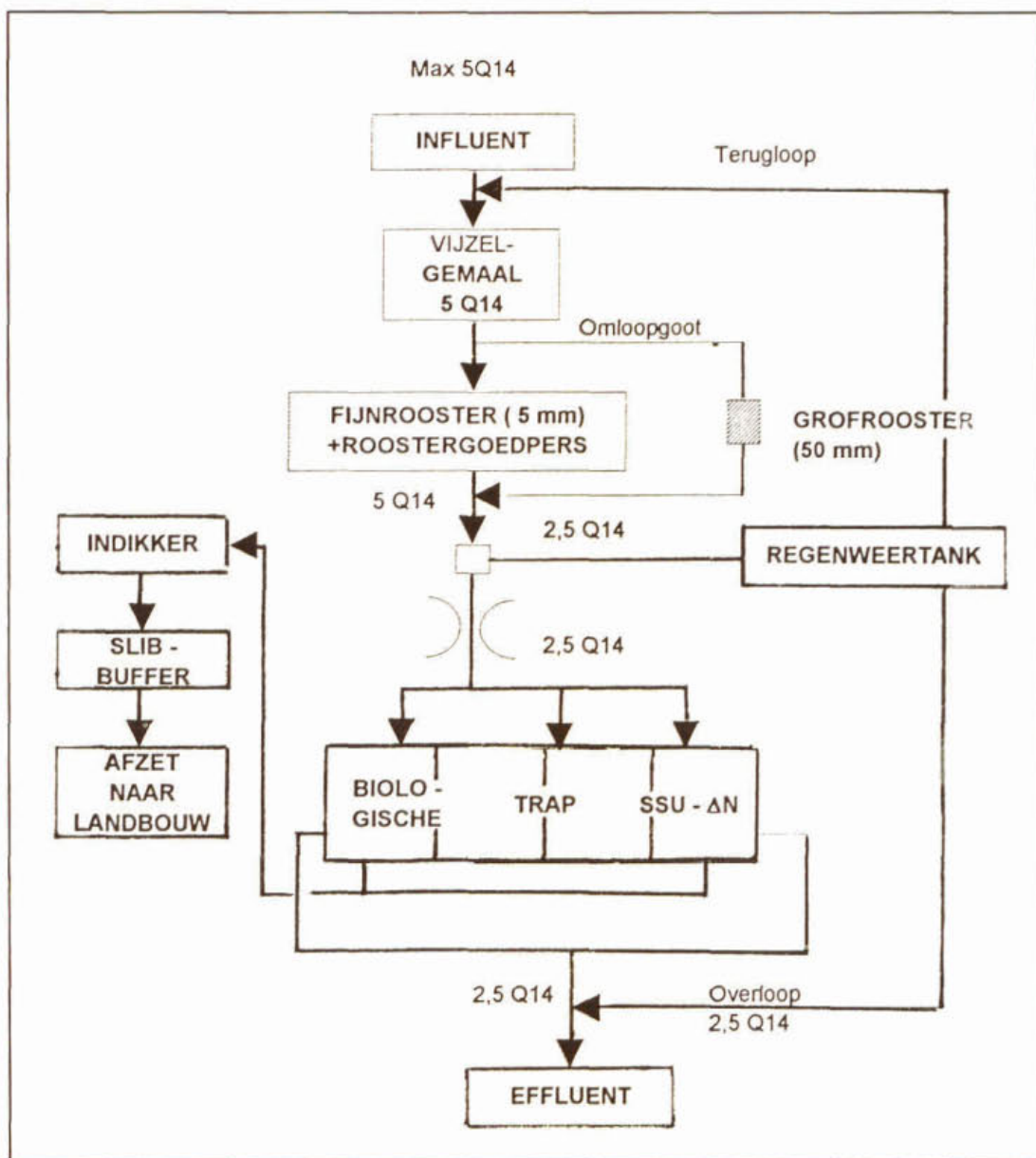
RWZI Kesselt/Riemst heeft een capaciteit van 10.000 i.e. en is sinds december 1994 in bedrijf. Dit is de eerste gebouwde zuivering waar het SSU- Δ N systeem in een vier-compartimenten installatie wordt toegepast. Aanvullende simultane fosfaatverwijdering vindt soms tijdelijk plaats door dosering van natriumalumaat ($Al/P \approx 0,2$). In het algemeen is het P_{totaal} gehalte van het effluent reeds laag (1-3 mg/l). Normaal gesproken wordt er dan ook geen natriumalumaat (Alton) gedoseerd. In figuur 14 is de lay-out en in figuur 15 het processchema van deze RWZI gegeven.

De installatie is door Aquafin ruim opgezet: regenwaterbassin, influentgemaal, roostergoedaafscheiding, zandvang en bedieningsgebouw waren niet geïntegreerd met het UNITANK[®]-systeem en bevinden zich op relatief grote afstand daarvan. Het binnenkomende afvalwater wordt door middel van vijzels via een grofvuilrooster en een zandvanger naar het UNITANK[®]-systeem geleid. Na behandeling wordt het gezuiverde afvalwater via een effluentventuri op het noordelijk stromende Heeswater geloosd. In RWA-situaties wordt het debiet boven $2,5 * Q_{14}$ voor latere behandeling gebufferd in een regenwaterbassin. In dit bassin zijn twee jetpompen geïnstalleerd om het bezonken materiaal in suspensie te brengen en met het influent naar de vijzels te leiden.



Figuur 14. Lay-out van de RWZI Kesselt/Riemst

Het afvalwater stroomt onder vrij verval door de installatie. Slijbpompen, spoelpompen en afsluiters zijn droog opgesteld in het 'technisch lokaal'.



Figuur 15. Processchema van de RWZI Kesselt/Riemst

3.3.2 Dimensioneringsgrondslagen

De belangrijkste dimensioneringsgrondslagen van de UNITANK[®]-onderdelen op RWZI Kesselt/Riemst zijn:

Ontwerpcapaciteit, biologisch: 10.000 i.e., overeenkomend met 540 kg BZV/d

Influentkarakteristieken:

- BZV/N (123 metingen gemiddeld) 2,6

- BZV/P (123 metingen gemiddeld) 19

Ontwerpcapaciteit, hydraulisch: $2,5 * Q_{14} = 324 \text{ m}^3/\text{h}$

Ontwerpslibbelasting: 0,05 kg BZV/kg ds.d

Inhoud regenwaterbassin: 480 m^3

Aantal compartimenten: 4

Inhoud compartimenten: 1.134 m^3 elk

Oppervlakte bezinkcompartiment: $18 \text{ m} * 18 \text{ m} = 324 \text{ m}^2$

Aantal slibbuffers:	2
Inhoud slibbuffers:	650 m ³ elk
Oppervlaktebelasting:	1,0 m/h
Zuurstofinbrengvermogen:	104 kg O ₂ /h

Op RWZI-Kesselt/Riemst wordt oppervlaktebeluchting toegepast. De installatie kent een procesregeling, waarbij de verschillende cycli volgens vast ingestelde tijden verlopen. Aangezien het hier een vier-compartimenten UNITANK[®]-systeem betreft, is de processturing uitgebreider dan die voor een drie-compartimenten systeem zoals weergegeven in § 2.3.

3.3.3 Bedrijfsresultaten en operationele kenmerken

Algemeen

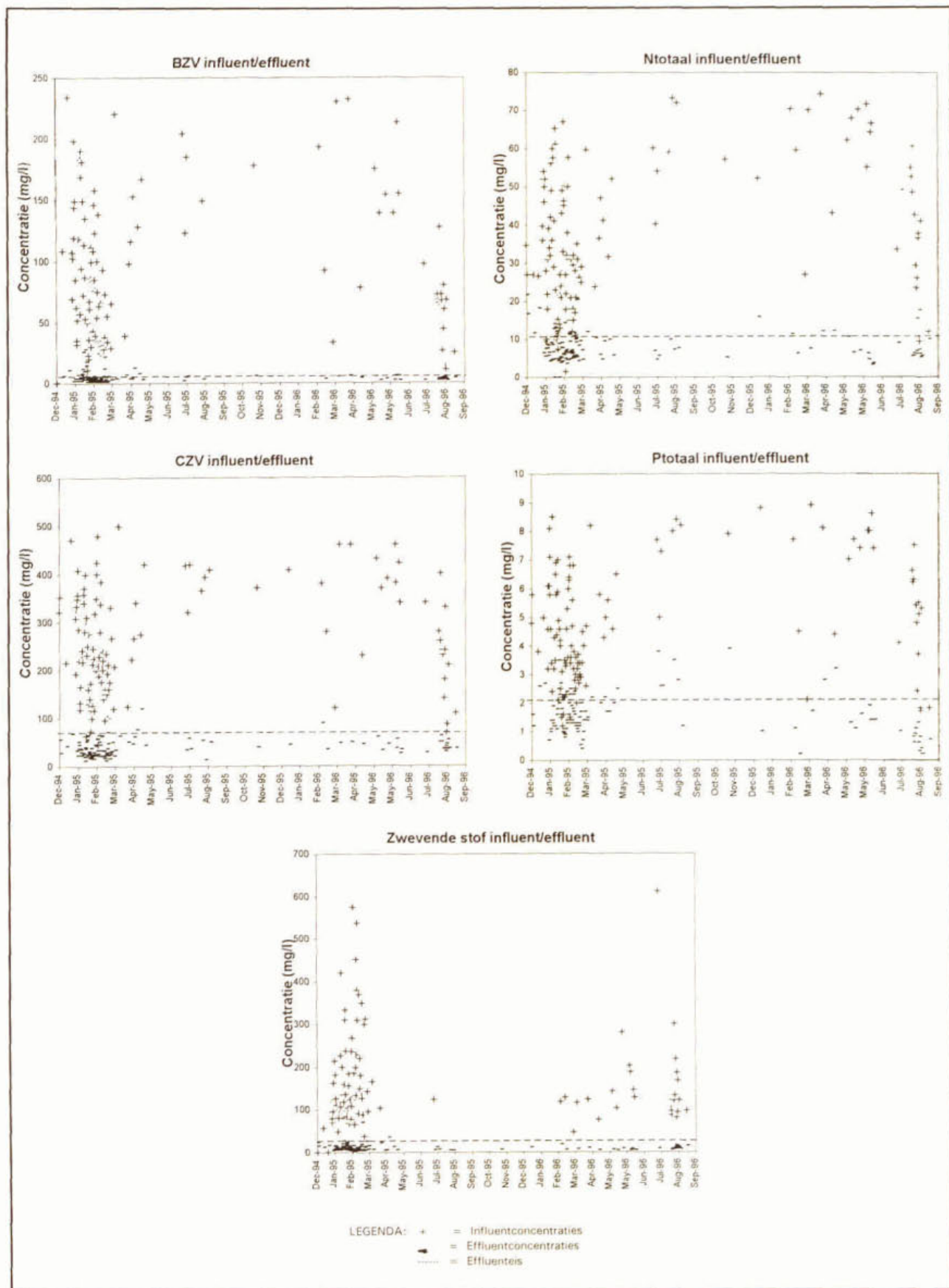
De beschikbare bedrijfsresultaten van RWZI Kesselt/Riemst over de periode december 1994 tot en met september 1996 zijn samengevat in tabel 6. Hierbij is onderscheid gemaakt in de opstartperiode van december 1994 tot oktober 1995 en het bedrijfsjaar lopend van oktober 1995 tot oktober 1996.

Verwijderingsrendementen

In figuur 15 zijn de influent- en effluentkarakteristieken gegeven van RWZI Kesselt/Riemst zoals vastgesteld door Aquafin over de opstartperiode december 1994 - september 1996 en het bedrijfsjaar oktober 1995 - september 1996. Aan het einde van de opstartperiode werd aan alle effluenteisen voldaan. Gedurende het navolgende bedrijfsjaar 1995/1996 zijn de zuiveringsprestaties over het algemeen goed te noemen. Hierbij dient aangetekend te worden dat in dit bedrijfsjaar, en met name in de zomer van 1996, de installatie sterk onderbelast is geweest.

Tabel 6: Gemiddelde waarden over december 1994 - september 1996 voor verschillende parameters op RWZI Kesselt/Riemst

PARAMETER	INFLUENT	EFFLUENT
<u>Opstartperiode van december 1994 tot oktober 1995</u>		
BZV (mg/l)	87	5,0
CZV (mg/l)	251	37
N _{tot} -N (mg/l)	34	7,9
P _{tot} -P (mg/l)	5,4	1,7
zwevende stof (mg/l)	167	11,8
vuilvracht (% van ontwerp van 540 kg BZV/dag)	59	
<u>Periode van oktober 1995 tot oktober 1996</u>		
BZV (mg/l)	105	3,6
CZV (mg/l)	296	43
N _{tot} -N (mg/l)	48	7,9
P _{tot} -P (mg/l)	5,8	1,2
zwevende stof (mg/l)	154	7,9
vuilvracht (% van ontwerp van 540 kg BZV/dag)	40	



Figuur 16. Influent- en effluentkarakteristieken van de RWZI Kesselt/Riemst

Stabiliteit van het zuiveringsproces

Vanaf mei 1995 was het biologische zuiveringsproces stabiel. De RWZI is na het opstarten echter relatief laag belast geweest (zie tabel 6). De incidenteel waargenomen, hoge effluentwaarden voor fosfaat kunnen toegeschreven worden aan onvoldoende dosering van aluminaat.

In hoeverre het proces met name wat betreft de biologische stikstofverwijdering stabiel blijft bij behandeling van RWA ($> 2,5 * DWA$) kon eveneens niet vastgesteld worden. De RWZI heeft dergelijke afvalwaterdebieten nog niet ontvangen, aangezien het beheersgebied nog niet volledig is gerioleerd.

Technisch functioneren

Als gevolg van mechanische problemen met afsluiters is in de meetperiode een enkele keer slibuitspoeling opgetreden. Drijfslaagvorming is in die periode niet waargenomen. Andere noemenswaardige technische problemen hebben zich sinds de opstart van de installatie niet voorgedaan.

Slibkarakteristieken

Het slibgehalte in de beluchte compartimenten ligt in de praktijk tussen 3 en 4 g/l. In de opstartperiode was de SVI gemiddeld circa 90 ml/g met een standaardafwijking van 48 ml/g (23 monsters). Ook tijdens perioden zonder Alton-dosering blijkt de bezinking altijd kleiner dan 90 ml/g te zijn. Het spuislib laat zich goed indikken tot 4 % droge stof. Het ingedikte slib wordt afgezet in de landbouw.

Energieverbruik

Het energieverbruik op RWZI Kesselt/Riemst is circa 0,65 kWh/i.e.d. Aangezien de RWZI tot nu toe onderbelast is, is het verbruik echter specifiek hoger dan normaal gebruikelijk is: circa 0,15 kWh/i.e.d. Dit hogere energieverbruik is vooral te wijten aan het in- en uitschakelen van de oppervlaktebeluchters, die in overcapaciteit zijn geïnstalleerd, en de hoge gemiddelde specifieke afvalwateraanvoer van circa 260 l/i.e.d. Daarnaast is de benodigde mengenergie in vergelijking met conventionele systemen circa 100% hoger, hetgeen op het totale verbruik circa 10% toename geeft. De mengers worden echter tijdens de beluchte fase niet uitgeschakeld hetgeen inhoudt dat de werkelijke energietoename kleiner dan 10% is.

Geur en geluid

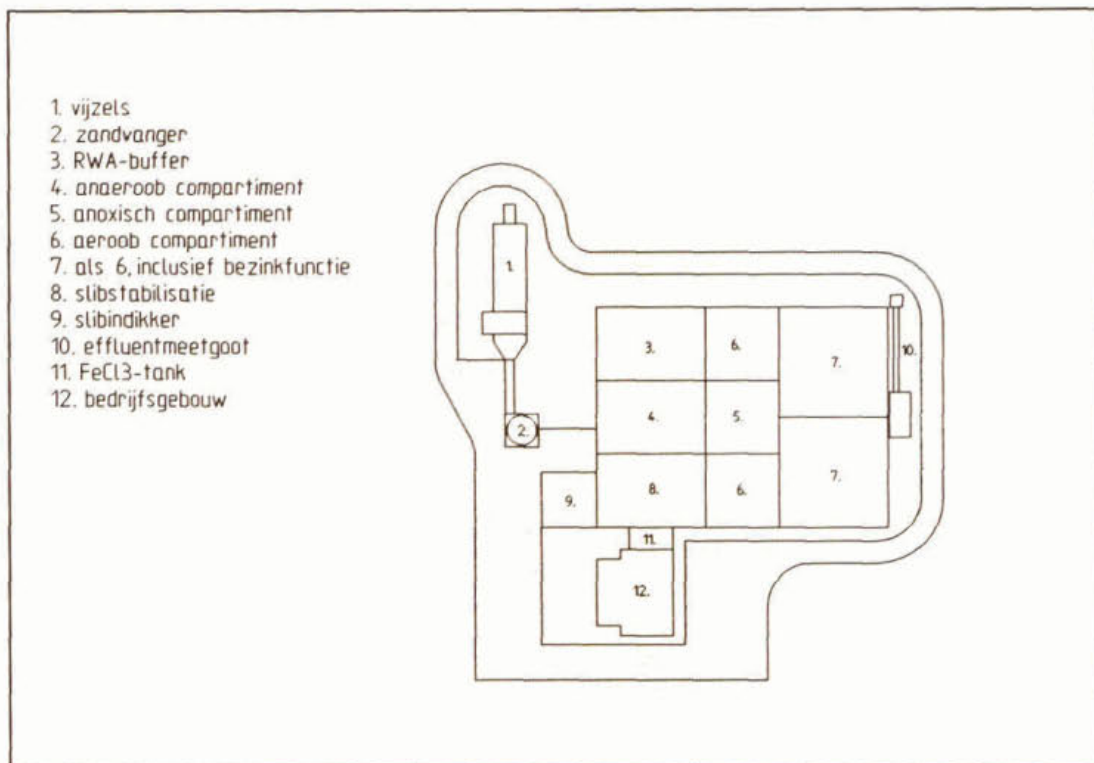
RWZI-Kesselt/Riemst kent geen geurproblemen. De geluidsoverlast van de (niet omkaste) oppervlaktebeluchters is beperkt door toepassing van een waakhoogte van 1 m in de UNITANK[®]-compartimenten.

3.4 RWZI Galmaarden

3.4.1 Beschrijving

RWZI Galmaarden heeft een capaciteit van 10.000 i.e. en is sinds september 1994 in bedrijf. Deze installatie is de enige operationele zuivering volgens het SSU-NP concept met ruimtegebonden nutriëntenverwijdering. Figuur 16 geeft een lay-out van de installatie.

In de lay-out van RWZI Galmaarden is door Aquafin gekozen voor integratie van het regenwaterbassin in de UNITANK[®]-installatie en zijn influentgemaal, roostergoedafscheiding, zandvang en bedieningsgebouw (dicht) tegen de UNITANK[®] installatie aangebouwd. De RWZI kent daarom een gering ruimtebeslag.



Figuur 17. Lay-out RWZI Galmaarden

Het binnenkomende afvalwater wordt door middel van vijzels via een grofvuilrooster en een zandvanger naar het zes-compartimenten UNITANK[®]-systeem geleid. Na behandeling wordt het gezuiverde afvalwater via een effluentventuri op de Dender geloosd. In RWA-situaties wordt het debiet boven $2,5 * Q_{14}$ voor latere behandeling gebufferd in het regenwaterbassin, dat linksboven in de rechthoekige installatie is opgenomen. Ook in dit bassin zijn jetpompen geïnstalleerd om het bezonken materiaal in suspensie te brengen en met het influent naar de vijzels te leiden. Het afvalwater stroomt onder vrij verval door de installatie. De slibpompen, zijn droog opgesteld in het 'technisch lokaal', dat zich aan de rechterzijde naast de compartimenten bevindt.

Het spuislib wordt opgeslagen in één slibbuffertank van waaruit het naar de indikker wordt gepompt. Ook van RWZI Galmaarden wordt het ingedikte slib afgezet in de landbouw.

3.4.2 Dimensioneringsgrondslagen

De belangrijkste dimensioneringsgrondslagen van de UNITANK[®]-onderdelen op RWZI Galmaarden zijn:

Ontwerpcapaciteit, biologisch:	10.000 i.e., overeenkomend met 540 kg BZV/d
Influentkarakteristieken:	
- BZV/N (gemiddelde van 27 metingen)	2,4
- BZV/P (gemiddelde van 27 metingen)	18
Ontwerpcapaciteit, hydraulisch:	$2,5 * Q_{14} = 324 \text{ m}^3/\text{h}$
Ontwerpslibbelasting:	0,05 kg BZV/kg ds.d
Inhoud regenwaterbassin:	750 m ³
Aantal compartimenten:	6
Inhoud anaërobe compartiment:	750 m ³
Inhoud anoxische compartiment:	600 m ³
Aantal aërobe compartimenten:	4
Inhoud aërobe compartimenten:	$2 * 600 \text{ m}^3 + 2 * 1.350 \text{ m}^3$
Oppervlakte bezinkcompartiment:	$18 \text{ m} * 18 \text{ m} = 324 \text{ m}^2$
Aantal slibbuffers:	1
Inhoud slibbuffer:	750 m ³
Oppervlaktebelasting:	1,0 m/h
Zuurstofinbrengvermogen:	104 kg O ₂ /h

Evenals op RWZI Kesselt/Riemst wordt op RWZI Galmaarden oppervlaktebeluchting toegepast. De procesregeling voor dit een zes-compartimenten UNITANK[®]-systeem is uitgebreider dan die voor een drie-compartimenten systeem zoals weergegeven § 2.3.

3.4.3 Bedrijfsresultaten en operationele aspecten

Algemeen

De bedrijfsresultaten van 22 september - 16 oktober 1995 aan het einde van de opstartperiode zijn samengevat in tabel 7.

Tabel 7: Gemiddelde waarden over de periode 22 september 1995 - 16 oktober 1995 voor verschillende parameters op RWZI Galmaarden

PARAMETER		INFLUENT	EFFLUENT
BZV	(mg/l)	104	3,2
CZV	(mg/l)	281	21
N _{tot} -N	(mg/l)	43	9,0
P _{tot} -P	(mg/l)	5,8	1,9
zwevende stof	(mg/l)	258	8
vuilvracht (% van ontwerp van 540 kg BZV/dag)		12	

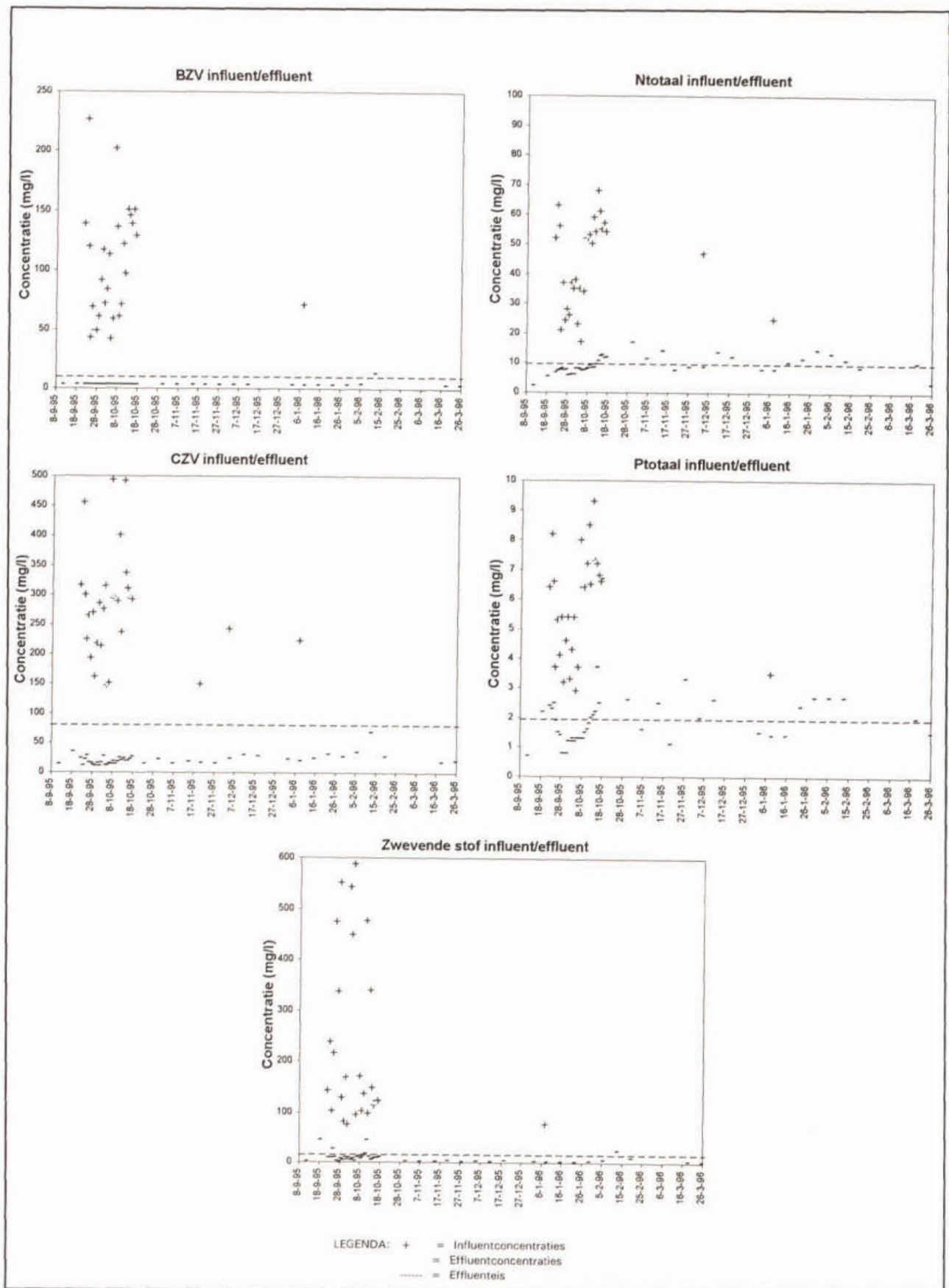
Verwijderingsrendementen

In figuur 17 zijn de influent- en effluentkarakteristieken gegeven van RWZI Galmaarden zoals vastgesteld door Aquafin over de periode 22 september -16 oktober 1995 tijdens het opstarten van de installatie. Het slibgehalte in de beluchte compartimenten ligt in de praktijk tussen 2,2 en 3,3 g/l | 12 | .

Voor de beschrijving van de bedrijfsvoering van deze RWZI hebben de gegevens in figuur 17 slechts een illustratief karakter, aangezien

- het slechts een korte meetperiode betreft en
- de installatie bovendien sterk onderbelast is geweest.

Aan deze gegevens kunnen verder geen gedegen conclusies worden verbonden. Om deze reden wordt hier niet verder ingegaan op de technologische en operationele aspecten van RWZI Galmaarden en is deze RWZI niet in de evaluatie van geselecteerde, bestaande UNITANK[®]-systemen meegenomen.



Figuur 18. Influent- en effluentkarakteristieken van de RWZI Galmaarden

3.5 Bespreking van de beschikbare informatie

Deze bespreking is met name gebaseerd op de beschikbare ontwerpgegevens en bedrijfsresultaten van RWZI Kesselt/Riemst, zoals deze in § 3.3 zijn beschreven. Vanwege het beperkt aantal beschikbare gegevens van RWZI Galmaarden zijn de bedrijfsresultaten van deze zuivering niet in de evaluatie meegenomen.

Bij deze evaluatie is ingegaan op de belangrijkste procestechnologische en operationele aspecten van het UNITANK[®]-systeem. Daar komen tevens de verschillende op de aan UNITANK[®] toegeschreven kenmerken zoals weergegeven in tabel 2 in § 2.1.1. aan de orde.

Ruimtebeslag

RWZI's met een UNITANK[®]-systeem hebben in principe een geringer ruimtebeslag vergeleken met conventionele actiefslibsystemen. Uit berekeningen van dit ruimtebeslag voor een RWZI met een capaciteit van 50.000 i.e. (zie hoofdstuk 5) blijkt dat het benodigde oppervlak circa 5 - 10% kleiner kan zijn in vergelijking met een Carrousel. Hierbij is alleen de vereiste procesruimte vanaf de zandvanger: beluchtingsruimte, slibindikker en slibbuffer in beschouwing genomen. Bij vergelijking met een Schreiber is nauwelijks een verschil aanwezig. Bij grotere RWZI's zal dit verschil groter kunnen worden in het voordeel van een UNITANK[®]-installatie. Bij de recent opgeleverde RWZI in Macao (300.000 i.e.) is juist gekozen voor een UNITANK[®]-installatie vanwege het beschikbare oppervlak in relatie tot de geleverde zuiveringsprestaties. Bij toepassing van bellen beluchting en lamellenpakketten was een oppervlakte besparing van circa 100 % mogelijk ten opzichte van een conventioneel systeem.

Bij RWZI Kesselt/Riemst is het voordeel van het ruimtebeslag bij een UNITANK[®]-systeem nauwelijks benut. Bij de lay-out van RWZI Galmaarden is door Aquafin het geringe ruimtebeslag van het UNITANK[®]-systeem meer benut dan bij de andere twee bezochte RWZI's.

Vooralsnog kan gesteld worden dat de totale bebouwde oppervlakte van RWZI's met een UNITANK[®]-systeem ongeveer dezelfde grootte heeft als gangbare conventionele actiefslibsystemen. Dit komt voornamelijk door het ruimtebeslag voor de voorbehandeling van het influent (ontvangwerk, roostergoedinstallatie, zandvang), het bedieningsgebouw en specifieke eisen aan de bereikbaarheid van het terrein.

Technologische aspecten

Vanuit procestechnologisch oogpunt lijkt het bedrijven van een UNITANK[®]-systeem ingewikkelder dan dat van een actiefslibinrichting. Dit is vooral het gevolg van het discontinue bedrijf van de verschillende bedrijfsruimten. Door het afwisselend gebruik van een compartiment van het UNITANK[®] systeem als beluchte ruimte en bezinkruimte lijken de slibbezinkingseigenschappen beter beheersbaar in vergelijking met de conventionele systemen. Door de relatief korte cyclusduur worden condities geschapen die vergelijkbaar zijn met het klassieke "SBR" systeem, waarbij de vorming van licht slib in de meeste gevallen goed kan worden voorkomen. Op de operationele UNITANK[®] systemen kunnen SVI's < 150 doorgaans worden gehandhaafd echter op basis van de beschikbare informatie kan geen conclusie worden getrokken.

Ondanks het feit dat geen mechanische slibruiming aanwezig is, zijn bij UNITANK[®] systemen op communale zuiveringen geen aantoonbaar nadelige gevolgen op de effluentkwaliteit waargenomen.

Zuiveringsrendementen

De bedrijfsresultaten van RWZI Kesselt/Riemst geven aan, dat na het opstarten van de installatie aan de gestelde effluenteisen wordt voldaan.

Vanaf het opstarten is deze RWZI echter nooit op haar ontwerpbelasting bedreven. Uit figuur 15 kan worden opgemaakt dat

- alle zuiveringsprestaties in de loop der tijd toenamen;
- alleen gedurende de opstartperiode de fosfaatverwijdering matig was.

Incidenteel zijn de gestelde effluenteisen overschreden, hetgeen werd veroorzaakt het optreden van mechanische problemen met afsluiters, waardoor slibuitspoeling optrad.

Procesregeling

De procescontrole van een UNITANK[®] systeem is in zoverre flexibel dat binnen de praktijkgrenzen van de slibbelasting de beluchtingsperioden in een hoofdfase kunnen variëren van 90 tot 180 minuten. Dit biedt de mogelijkheid om de UNITANK[®] installaties optimaal in te regelen, rekening houdend met specifieke influentkarakteristieken. Dit voordeel komt met name tot zijn recht bij de toepassing van het SSU- Δ NP concept op communale zuiveringen. Door een goede inregeling van de processturing, met gebruikmaking van een of meerdere zuurstof- en REDOX-metingen, en bijstelling gedurende de opstartfase van een dergelijk RWZI kan met name een stabiele, vergaande stikstof- en fosfaatverwijdering worden bereikt.

Bedrijfsvoering

Voor de bedrijfsvoering zijn aspecten als bedieningsgemak, onderhoudsvriendelijkheid, flexibiliteit van belang.

Het bedieningsgemak van zowel UNITANK[®] als actiefslibsystemen is sterk afhankelijk van de mate waarin de installatie geautomatiseerd is. UNITANK[®]-systemen dienen vergaand geautomatiseerd te zijn. Bij de industriële zuiveringen is niet of nauwelijks bediening noodzakelijk. Bij de communale zuiveringen zijn hierover de ervaringen tot nu toe beperkt.

Wat betreft de flexibiliteit van bedrijfsvoering is het duidelijk dat het UNITANK[®]-systeem meer vrijheidsgraden biedt dan een conventioneel systeem.

Bedrijfszekerheid

De bedrijfszekerheid van een UNITANK[®]-installatie is in algemene zin gelijk te stellen aan die van een Carrousel of een Schreiberinstallatie. Uit de bezoeken aan UNITANK[®]-systemen is gebleken dat na het voltooiën van de opstart geen noemenswaardige problemen met de bedrijfsvoering zijn opgetreden.

Een punt van belang zijn de automatische afsluiters. Deze zijn derhalve zeer belangrijke procesonderdelen voor het welslagen van het zuiveringsproces. Indien een afsluiter na het veranderen van een hoofdfase niet sluit, is er vrijwel direct sprake van uitspoeling van actiefslib. Bij conventionele systemen is bij storing van de slibretourpompen of -vijzels dit niet direct het geval aangezien de nabezinkruimte een bufferend vermogen heeft. In feite kan het afsluiterregelsysteem van een UNITANK[®]-installatie vergeleken worden met de procesvoering van een oxidatiesloot volgens het Biedenipho-principe. Uit Nederlandse ervaringen | 17 | met dit systeem is gebleken dat zich geen noemenswaardige problemen met de regelschuiven hebben voorgedaan.

Gesteld dient dan ook te worden dat de afsluiters in een UNITANK[®]-installatie van een goede kwaliteit dienen te zijn en dat hieraan de nodige operationele aandacht en onderhoudsinspectie dient te worden gegeven.

Energie- en chemicaliënverbruik

Het energieverbruik van een UNITANK[®]-systeem is enigszins hoger door de grotere te installeren beluchtingscapaciteit dan bij een actiefslibstelsysteem. Uit vergelijking van het energieverbruik van UNITANK[®]-systemen met oxidatiesloten heeft Aquafin vastgesteld dat bij volle (ontwerp)belasting het verbruik voor een UNITANK[®]-installatie circa 0,14 kWh/i.e.d en voor een oxidatiesloot circa 0,12 kWh/i.e.d bedraagt | 16 | . Dit is voornamelijk te wijten aan de vereiste mengenergie voor de compartimenten tijdens de onbeluchte fasen.

Het chemicaliënverbruik van een communale zuivering met een UNITANK[®]-systeem is vergelijkbaar met dat van conventionele actiefslibinstallaties.

Geur en geluid

RWZI-Kesselt/Riemst kent geen geurproblemen. Ook op de andere communale en industriële zuiveringen met een UNITANK[®]-systeem zijn geen problemen met geur waargenomen. Echter het optreden van geurproblemen is afhankelijk van specifieke eisen en omstandigheden. Daar het procesoppervlak enigszins kleiner is dan het oppervlak bij gangbare systemen zal de geuremissie geringer zijn. Bij toepassing van oppervlaktebeluchters wordt geluidsoverlast zoveel mogelijk beperkt door toepassing van een vrije kantdiepte van 1 m in de UNITANK[®]-compartimenten. Totale afdekking van de compartimenten tegen geuremissie en/of geluidsisolatie van oppervlaktebeluchters is op geen van de bezochte UNITANK[®]-installaties toegepast.

Resumé

Omdat de hoeveelheid referentiegegevens ten behoeve van de beoordeling van de toepasbaarheid van het UNITANK[®]-systeem voor het zuiveren van communaal afvalwater tot nu toe beperkt is tot die van één inrichting kan vooralsnog geen definitieve beoordeling van het systeem worden gegeven. Aquafin stelt echter vertrouwen in toepassing van UNITANK[®]-installaties voor de behandeling van communaal afvalwater aangezien de RWZI's Geraardsbergen (30.000 i.e.) en Grimbergen (100.000 i.e.) met dit systeem zijn ontworpen. Op basis van deze constatering en de ervaring met de bedrijfsvoering van industriële zuiveringen wordt het UNITANK[®]-systeem voor de behandeling van stedelijk afvalwater mogelijk geacht, zij het tot nu toe dat het beperkt in de praktijk is bewezen.

4 SYSTEEMVERGELIJKING VOOR DE NEDERLANDSE SITUATIE

Op basis van een RWZI met een capaciteit van 50.000 i.e. wordt in dit hoofdstuk een kostenvergelijking gemaakt tussen het UNITANK[®]-systeem volgens het SSU- Δ NP-principe, het Carrousel-systeem en het Schreiber-systeem.

4.1 Vergelijking met andere technieken

4.1.1 Uitgangspunten

Influentsamenstelling, debiet en effluenteisen

Voor de vergelijking van het drietraps SSU- Δ NP systeem van UNITANK[®] met een Carrousel en een Schreiberinstallatie zijn de in tabel 8 weergegeven debieten en samenstelling van stedelijk afvalwater gehanteerd. De gegeven samenstelling is gebaseerd op de influentgegevens van openbare zuiveringsinrichtingen, zoals die voor 1994 door CBS zijn vastgesteld | 15 | . In de tabel zijn tevens de effluenteisen aangegeven die voor een RWZI met een capaciteit van 50.000 i.e. van kracht zijn.

Tabel 8: Gemiddelde afvalwatersamenstelling en effluenteisen voor een RWZI met een capaciteit van 50.000 i.e. | 15 |

PARAMETER	HOEEVEELHEID	EFFLUENTEIS	EENHEID
debieten			
DWA	7.500	--	m ³ /d
	500	--	m ³ /h
RWA	2.000	--	m ³ /h
TWA	10.000	--	m ³ /d
concentratie			
CZV	738	--	mg/l
BZV	270	10 ²	mg/l
N _{totaal}	68	10 ²	mg/l
P _{totaal}	10,4	2 ³	mg/l
Zwevende stof	316 ¹	10 ²	mg/l
vracht			
CZV	7.380	--	kg/d
BZV	2.700	--	kg/d
N _{totaal}	680	--	kg/d
P _{totaal}	104	--	kg/d
Zwevende stof	3.160	--	kg/d

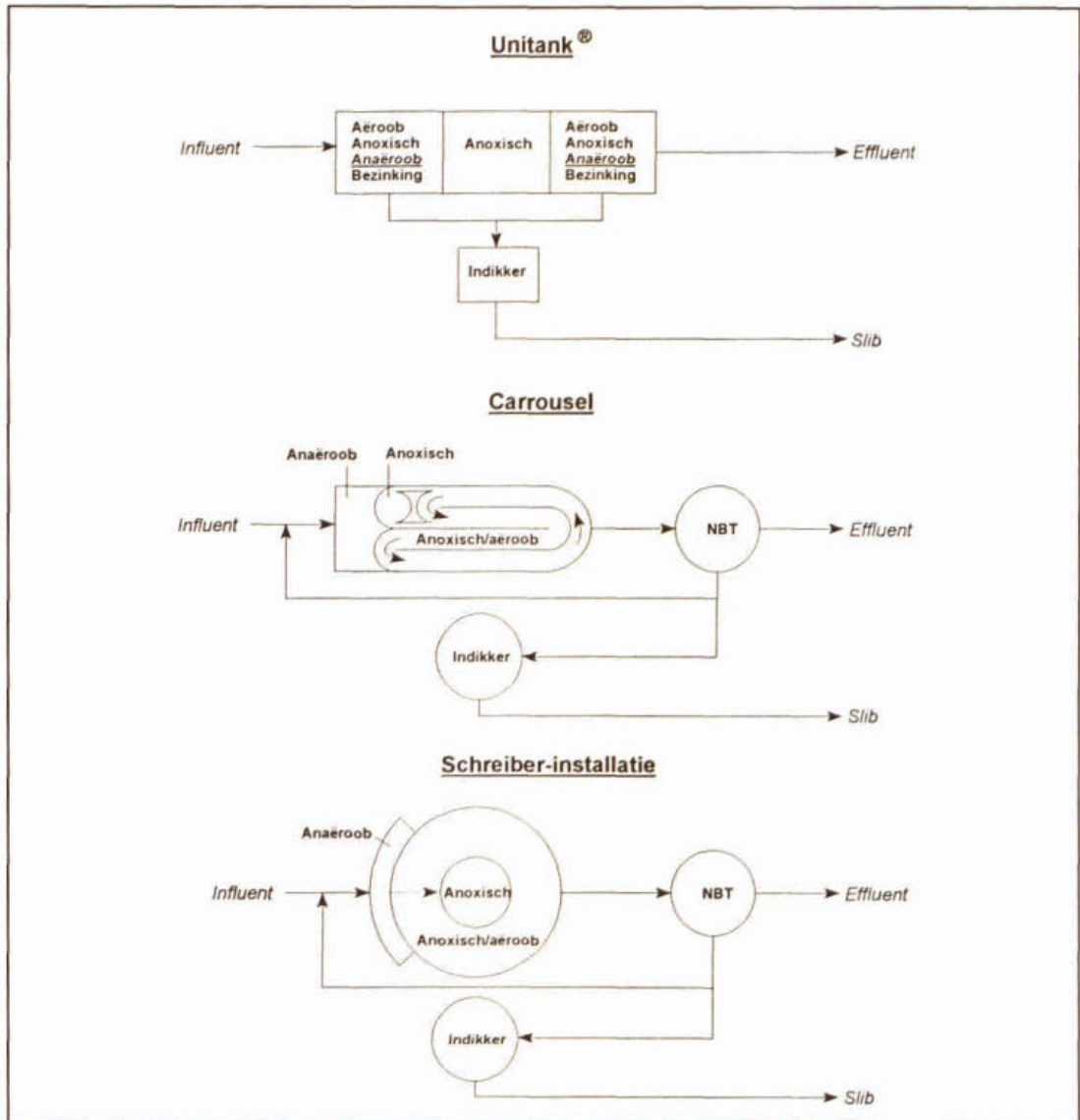
1. op basis van 1,17 * BZV
2. betrokken op jaargemiddelde
3. betrokken op 10-daags voortschrijdend gemiddelde

Te vergelijken systemen

De volgende systemen worden vergeleken:

1. Het drie-compartimenten SSU- Δ NP UNITANK[®]-systeem.
2. Een Carrousel met aangebouwde anaërobe ruimte, en een afgescheiden deel voor de vóórdenitrificatie;
3. Een Schreiber-installatie met aangebouwde anaërobe ruimte, waarbij het binnenste deel van de Schreiber-installatie wordt gebruikt voor de vóórdenitrificatie.

In figuur 19 zijn de schema's van het Carrousel en de Schreiberinstallatie weergegeven waarmee het drietraps SSU- Δ NP systeem van UNITANK[®] is vergeleken. Bij de kostenvergelijking zijn de systeemonderdelen vergeleken die wat betreft dimensionering en bedrijfsvoering wezenlijk van elkaar verschillen. Het betreft hier de systeemonderdelen na de afloop van de zandvang tot en met de slibindikker.



Figuur 19. Onderdelen van een Carrousel en een Schreiberinstallatie die met SSU- Δ NP-systeem van UNITANK[®] zijn vergeleken.

4.1.2 Overwegingen bij het ontwerp van een UNITANK[®]-systeem

Bij het ontwerp van een UNITANK[®]-systeem spelen, buiten de slibleeftijd die gerealiseerd dient te worden voor de stikstofverwijdering, de volgende factoren een belangrijke rol:

- de RWA/DWA-verhouding;
- de oppervlaktebelasting van de nabezinker.

Momenteel worden UNITANK[®]-systemen nog slechts toegepast voor afvalwaterstromen met een RWA/DWA-verhouding van maximaal 2,5. In België wordt in principe uitgegaan van een RWA/DWA-verhouding van 5. Bij deze verhouding gaat maximaal 2,5 x DWA rechtstreeks naar het UNITANK[®]-systeem.

Het overschot gaat naar een RWA-bassin. Na de regenbui wordt het gebufferde regenwater in het UNITANK[®]-systeem geleid en behandeld. Bij de in de Nederlandse situatie voorkomende RWA/DWA-verhouding van circa 4,0 dienen speciale aanpassingen in het algemene ontwerp te worden gemaakt. Er zijn daarvoor de volgende mogelijkheden:

- de diepte van het systeem wordt zo aangepast dat het nabezinkgedeelte de vereiste oppervlaktebelasting haalt;
- de oppervlaktebelasting van het nabezinkstelsel wordt verlaagd door toepassing van lamellenpakketten;
- er wordt een bufferbassin in het systeem opgenomen.

Aanpassing van de diepte van het systeem leidt tot kostentechnisch onaanvaardbaar geringe diepten. De toe te passen diepte zou verlaagd dienen te worden van 6,0 tot 2,1 m om tot een toelaatbare oppervlaktebelasting voor de nabezinking te komen. Hiermee zouden de kosten van de civieltechnische werken met circa 50 % toenemen. Tevens is dit uit oogpunt van de noodzakelijke bezinkruimte onmogelijk.

Met de toepassing van lamellenpakketten is in Nederland bij de behandeling van stedelijk afvalwater nog geen enkele ervaring opgedaan. Daarom ligt een dergelijke aanpassing niet voor de hand. Seghers Engineering kiest echter in het ontwerp van RWZI's met grote DWA-debiten, vanaf 50.000 i.e. en hoge RWA/DWA-verhoudingen voor diepe compartimenten, bellenbeluchting en lamellenpakketten in de buitenste compartimenten. De RWZI Macao (300.000 i.e) werkt volgens dit principe. De RWZI is per december 1996 in bedrijf genomen zodat ervaringscijfers met deze configuratie tot nu toe ontbreken.

Alleen met de opname van een bufferbassin kan een systeem worden gerealiseerd, dat aanvaardbare kosten koppelt aan geschikte dimensioneringsgrondslagen. Er kan worden berekend, dat als de hydraulische capaciteit 2,5 x DWA bedraagt het volume van het bufferbassin 3.500 m³ dient te bedragen om tot een systeem te komen dat vergelijkbaar is een systeem zónder buffering en een hydraulische capaciteit van 4 x DWA (zie bijlage 4).

4.2 Dimensionering

De dimensioneringsgrondslagen van de drie systemen worden vergeleken in tabel 9.

Tabel 9: Dimensionering van de drie systemen

SYSTEEM		SSU-ANP	Carrousel	Schreiber
BUFFER				
volume	m ³	3.500	-	-
BIOLOGIE				
dimensioneringsgrondslagen				
contacttijd anaërobe ruimte	h	-	1,0	1,0
slibbelasting totaal	kg BZV.kg DS ⁻¹ .d ⁻¹	0,045	0,044	0,044
slibbelasting AE + ANOX ¹	kg BZV.kg DS ⁻¹ .d ⁻¹	-	0,047	0,047
slibbelasting	kg N.kg DS ⁻¹ .d ⁻¹	0,011	0,012	0,012
slibgehalte	g/l	4,5	4,5	4,5
diepte	m	5,3	4,5	4,5
SVI	ml/g	150	150	150
ontwerpolumes				
anaërobe ruimte	m ³	-	1.000	1.000
beluchte ruimte				
anoxisch	m ³	-	6.418	6.418
aëroob	m ³	-	7.094	7.094 ²
totaal	m ³	20.000	13.512	13.512
aantal ruimtes	-	3	1	2
lengte	m	35,4	-	-
breedte	m	35,4	-	-
BELUCHTING				
slibleeftijd	d	26,4	27,1	27,1
stikstof				
Nkj in eff	mg N/l	3,0	3,0	3,0
NO ₃ -eff	mg N/l	6,5	6,5	6,5
N in slib	kg N/d	70,6	70,6	70,6
Nkj-eff-vracht	kg N/d	30,0	30,0	30,0
te nitrificeren	kg N/d	579,0	579,0	579,0
NO ₃ -eff-vracht	kg N/d	65,0	65,0	65,0
te denitrificeren	kg N/d	514,0	514,0	514,0
zuurstofvraag				
endogeen	kg O ₂ /h	210	210	210
BZV	kg O ₂ /h	90	90	90
nitrificatie	kg O ₂ /h	176	176	176
denitrificatie	kg O ₂ /h	-98	-98	-98
totaal	kg O ₂ /h	378	378	378
zuurstofinbrengend vermogen				
piekfactor	-	1,1	1,1	1,1
zuurstof-setpoint	mg/l	1,5	1,5	1,5
deficietfactor	-	1,22	1,22	1,22
α-factor	-	0,7	0,9	0,7
denitrificatie-periode	%	33	-	-
zuurstofinbreng				
bellenbeluchting	kg O ₂ /h	1061,8	564,8	725
overdracht per m	% per m	5,0	-	5,0
diepte	m	5,3	-	4,5
overdracht per m ³ lucht	g/m ³	80	-	75
aantal blowers	-	2	-	2
capaciteit blowers	m ³ /h (per stuk)	6.670	-	5.400
conversie	kg O ₂ /kWh	3,5	-	3,5
capaciteit blowers	kW (per stuk)	150	-	105
oppervlaktebeluchting				
overdracht	kg O ₂ /kWh	-	2,25	-
aantal	-	-	2	-
capaciteit per stuk	kW	-	125	-

Tabel 9: Dimensionering van de drie systemen (vervolg)

SYSTEEM		SSU-ΔNP	Carrousel	Schreiber
NABEZINKING				
dimensioneringsgrondslag				
aantal	-	-	2	2
oppervlaktebelasting	m ³ .m ² .h ⁻¹	1	0,68	0,68
kantdiepte	m	-	1,5	1,5
ontwerp				
oppervlakte per stuk	m ²	1.250	1.475	1.475
INDIKKING				
dimensioneringsgrondslag				
aantal	-	1	1	1
stofoppervlaktebelasting	kg DS.m ² .d ⁻¹	30	30	30
indikpercentage	%	3	3	3
ontwerp				
slibproductie	kg DS/d	2.696	2.696	2.696
slibproductie	m ³ /d	89,9	89,9	89,9
oppervlak	m ²	89,9	89,9	89,9
zijde	m	9,5	-	-
diameter	m	-	10,5	10,5
kantdiepte	m	5,3	3,0	3,0
SLIBBUFFER				
dimensioneringsgrondslag				
opslagtijd	d	14	14	14
ontwerp				
volume	m ³	1.260	1.260	1.260

1: afkortingen: AE: aërobe ruimte; ANOX: anoxische ruimte;

2: Schreiber installatie bestaat bij deze capaciteit uit twee beluchtingsruimtes vanwege diameterlimitering.

4.3 Kosten

4.3.1 Uitgangspunten

Voor de berekening van de investeringskosten is uitgegaan van eenheidsprijzen voor verschillende typen beton van aëratieruimten, nabezinkers en indikkers, van opgevraagde en bekende prijzen voor mechanisch/elektrische onderdelen, en van eenheidsprijzen per capaciteit van influentgemaal, roostergoedinstallatie en zandvang. Tevens is ervan uitgegaan dat de systemen worden gebouwd door Nederlandse aannemers. De kosten voor grondaanschaf zijn gesteld op f 25,- per m².

Voor de kosten van het compressorgebouw en het bedrijfsgebouw zijn de kosten afhankelijk van de grootte gesteld. Voor deze eenheidsprijzen is een schaalfactor aangehouden, die aangeeft hoe het te investeren bedrag varieert met de grootte van de RWZI. Verdere uitgangspunten voor de berekening van onderhoud en exploitatie zijn uitgewerkt in bijlage 2.

De uitgangspunten voor de berekening van de exploitatiekosten zijn samengevat in tabel 10.

Tabel 10: Uitgangspunten voor berekening van de exploitatiekosten

onderdeel	waarde	eenheid
kapitaalrente	7,0	%
afschrijving civiel deel	30	jaar
afschrijving M/E/R deel	15	jaar
onderhoud civiel deel	0,5	% per jaar
onderhoud M/E/R deel	1,5	% per jaar
personeelskosten	f 80.000,-	Dfl/arbeidsjaar
chemicaliën		
FeCl ₃	f 350,-	Dfl/ton (41%)
energieverbruik	GV/P ¹ x 1,2	kWh/j
energiekosten	f 0,15	Dfl/kWh

1: GV/P: geïnstalleerd vermogen / piekfactor.

4.3.2 Kostenvergelijking

Een overzicht van de stichtingskosten van de drie systemen is gegeven in tabel 11.

Tabel 11: Stichtingskosten voor de verschillende systemen

		SSU-ΔNP	Carrousel	Schreiber
CIVIEL				
/ontvangwerk	Dfl	375.000	600.000	600.000
buffertank	Dfl	366.000	-	-
Unitank	Dfl	2.671.000	-	-
Carrousel/Schreiber	Dfl	-	2.364.000	1.917.000
compressorgebouw	Dfl	230.000	-	230.000
anaërobe ruimte	Dfl	-	390.000	600.000
verdeelwerk	Dfl	-	40.000	80.000
nabezinkers	Dfl	-	1.412.000	1.412.000
indikker	Dfl	96.000	96.000	96.000
slibbuffer	Dfl	334.000	189.000	189.000
afdekking	Dfl	159.000	343.000	246.000
bedrijfsgebouw	Dfl	600.000	600.000	600.000
grondwerk	Dfl	173.000	156.000	153.000
leidingwerk	Dfl	40.000	272.000	272.000
grondaankoop	Dfl	445.000	548.000	448.000
totaal	Dfl	5.490.000	7.010.000	6.850.000
M/E/R				
ontvangwerk	Dfl	125.000	200.000	200.000
roostergoedinstallatie	Dfl	125.000	180.000	180.000
bufferbassin	Dfl	18.000	-	-
biologie	Dfl	455.000	463.000	728.000
nabezinking	Dfl	283.000	693.000	693.000
indikking	Dfl	105.000	105.000	105.000
Fe-doseerinstallatie	Dfl	50.000	50.000	50.000
lavafilters	Dfl	90.000	90.000	90.000
terreinleidingen	Dfl	11.000	43.000	43.000
elektrische werken	Dfl	2.200.000	2.000.000	2.000.000
totaal	Dfl	3.462.000	3.824.000	4.089.000
RESUME				
totaal civiel	Dfl	5.490.000	7.010.000	6.850.000
totaal M/E/R	Dfl	3.462.000	3.824.000	4.089.000
opslagen, BTW : 92,3 %	Dfl	8.263.000	10.000.000	10.100.000
TOTAAL	Dfl	17.215.000	20.835.000	21.000.000

Uit tabel 11 komt naar voren, dat de investeringskosten van een UNITANK[®]-systeem geringer zijn dan van een Carrousel of Schreiber-systeem.

De exploitatiekosten voor de verschillende systemen zijn gegeven in tabel 12. De verschillen liggen voornamelijk in de verschillende kapitaalslasten; de bedrijfskosten zijn vrijwel gelijk.

Tabel 12: Geraamde stichtingskosten (in Dfl) en exploitatiekosten (in Dfl/j) van de verschillende zuiveringssystemen

element	SSU-ΔNP	Carrousel	Schreiber
stichtingskosten	17.215.000	20.835.000	21.000.000
kapitaalslasten	1.575.000	1.885.000	1.920.000
onderhoud	153.000	178.000	184.000
personeelskosten	160.000	160.000	160.000
energie	330.000	334.000	286.000
chemicaliën	60.000	60.000	60.000
exploitatiekosten	2.280.000	2.620.000	2.610.000

4.3.3 Resumé

De stichtingskosten van een RWZI met een capaciteit van 50.000 i.e. volgens het UNITANK[®] principe zijn op basis van de uitgevoerde berekeningen respectievelijk 21% en 22% lager dan die voor een Carrousel en een Schreiber. Ondanks de mate van onzekerheid van de berekeningen van circa 30% kan gesteld worden dat de stichtingskosten van het UNITANK[®]-systeem lager zijn dan van een Carrousel of Schreibersysteem.

Uit informatie van Aquafin, exploitant van communale zuiveringsinrichtingen in België, blijkt dat de UNITANK[®] installaties in bouw goedkoper zijn dan een Carrousel | 16 | . De spreiding op de aanbestedingsprijzen is echter groter dan het verschil tussen de kosten van de UNITANK[®] installaties en de Carrousel.

De exploitatiekosten van een UNITANK-installatie met een capaciteit van 50.000 i.e. liggen circa 15% lager dan die voor een Carrousel en een Schreiber.

5 EVALUATIE

Voor de beoordeling van de haalbaarheid van het UNITANK[®]-systeem voor de Nederlandse situatie dienen de prestaties, de kosten en de niet-kostengebonden aspecten vergeleken te worden met de in beschouwing genomen conventionele actiefslibsystemen.

In tabel 14 zijn de in hoofdstukken 4 en 5 beschreven aspecten in een beoordelingsmatrix samengevat.

Tabel 14: Beoordelingsmatrix van de beschouwde rioolwaterzuiveringsinrichtingen (+ : positief; o: neutraal)

BEOORDELINGSASPECT	SSU-ΔNP	Carrousel	Schreiber
ruimtebeslag	100%	115 - 125 ¹⁾	100 - 110 ¹⁾
noodzaak RWA-bassin	- ³⁾	o	o
zuiveringsprestaties			
- DWA	+	+	+
- RWA	niet bekend	+	+
slibkarakteristieken	+	o	+
bedrijfszekerheid	o	+	+
bedieningsgemak	+	(+) ²⁾	(+) ²⁾
geur/geluid	+	o	+
stichtingskosten	100%	121% ¹⁾	122% ¹⁾
exploitatiekosten	100%	115% ¹⁾	115% ¹⁾

1. ten opzichte van het SSU-ΔNP systeem;

2. afhankelijk van de mate van automatisering;

3. bij toepassing van lamellenpakketten in de buitenste compartimenten is geen bufferbassin noodzakelijk; er is echter geen ervaring met dit systeem.

Uit deze tabel komt naar voren dat naast de kosten de niet-kostengebonden aspecten een rol kunnen spelen bij de beslissing om een UNITANK[®]-systeem te installeren. Daarbij kunnen de volgende overwegingen een rol kunnen spelen:

- beschikbare ruimte voor een uitbreiding van een RWZI;
- het kunnen bedrijven van een UNITANK[®]-systeem parallel aan een bestaande RWZI, waarbij een constant (deel)debiet met het UNITANK[®]-systeem wordt behandeld en het overige debiet in de bestaande installatie;
- behandeling van afvalwater afkomstig uit recreatiegebieden, (lage RWA/DWA-verhouding in de zomertijd);
- behandeling van afvalwater waar afkoppeling van regenwater wordt overwogen.

6 CONCLUSIES

Op basis van deze studie kunnen de volgende conclusies worden getrokken en aanbevelingen worden gedaan ten aanzien van de haalbaarheid van toepassing van het UNITANK[®]-systeem voor de behandeling van stedelijk afvalwater onder Nederlandse omstandigheden.

Conclusies

1. In België zijn momenteel drie communale zuiveringen met een UNITANK[®]-systeem operationeel. Twee van deze RWZI's (Galmaarden en Kinrooi) waren tijdens de studie in de opstartfase. De beschikbare bedrijfsresultaten voor deze studie waren beperkt tot die van RWZI Kesselt/Riemst. Deze is gedurende het bedrijfsjaar 1995/1996 wat betreft vuilvracht gemiddeld slechts voor 40% belast geweest.
2. Op grond van de bedrijfsresultaten van RWZI Kesselt/Riemst en van de bezochte industriële zuiveringen met een UNITANK[®]-systeem kan worden gesteld dat het systeem zich voor het behandelen van communaal afvalwater in de praktijk beperkt bewezen heeft. UNITANK[®]-systemen zijn met name bedrijfszeker indien een bufferbassin wordt toegepast of indien het aanvoerdebiet van het te behandelen afvalwater niet te sterk fluctueert. Dit houdt in dat de RWA/DWA-verhouding niet boven waarden van 2,5 mag fluctueren.
3. Vergeleken met conventionele actiefslibsystemen is voor een RWZI met een UNITANK[®]-systeem voor een capaciteit van 50.000 i.e. een ruimtebesparing mogelijk van circa 20%.
4. De zuiveringsprestaties van een communaal UNITANK[®]-systeem zijn na de opstart en het inregelen vergelijkbaar met die van conventionele actiefslibsystemen.
5. De stichtings- en exploitatiekosten van een RWZI met een UNITANK[®]-systeem (incl. RWA-bufferbassin) bij een capaciteit van 50.000 i.e. zijn lager met die van conventionele actiefslibsystemen.

Uit recente onderzoeken | 18 | is gebleken dat het steeds minder wenselijk is het volledige RWA-debiet in een RWZI te behandelen, aangezien de uiteindelijke effluentkwaliteit juist verslechtert. Steeds meer waterkwaliteitsbeheerders stellen nieuwe eisen aan de maximale RWA/DWA-verhouding. Buffering van het grootste gedeelte van het regenwater vóór een RWZI zou daarbij de voorkeur verdienen. Het UNITANK[®]-systeem zou in deze filosofie een plaats kunnen hebben.

REFERENTIES

- | 1 | *UNITANK[®] TAILOR MADE, Industrial and municipal wastewater treatment; an introduction*, Bedrijfsbrochure Seghers Engineering, Willebroek, België.
- | 2 | *UNITANK[®], Reference list*, Bedrijfsbrochure Seghers Engineering, Willebroek, België.
- | 3 | *Pilotinstallatie SSU-N*, Research Laboratory for Environmental Biotechnology AQUALEUVEN, Wespelaar, België.
- | 4 | Vriens, L et al. 'De UNITANK[®]-systemen voor biologische nutriëntverwijdering uit afvalwaters', *Water* (1990) nr. 52, blz. 173-179.
- | 5 | Ghekiere, S. et al. 'Development of the UNITANK[®]-system for combined nitrogen and phosphorus removal from waste water', *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent* 52 (1987) nr. 4, blz. 1809-1818.
- | 6 | Feyaerts, M et al. 'Biological nutrient removal of municipal wastewater with a UNITANK[®]-demo-plant', *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent* 56 (1991).
- | 7 | Böhmer, C ten et al. 'How to control the operation and maintenance of industrial waste water treatment in order to obtain optimal efficiencies', Conference on Process Control, Spanje, 1995.
- | 8 | Ryckaert, V.G. et al. 'Observer based estimation of oxygen uptake rate in cyclically operated biological wastewater treatment plants', *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent* 60 (1995) nr. 4b.
- | 9 | Feyaerts, M et al. 'Redox control of biological nitrogen removal in the UNITANK[®]-single stage operation', *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent* 60 (1995) nr. 4b, blz. 2155-2163.
- | 10 | Gerards, R. et al. 'The UNITANK[®] technology for treatment of industrial and municipal waste water', *IAWQ-Conference on sequencing batch reactor technology*, 18-20 maart 1996, Munchen, Duitsland.
- | 11 | *Cursus Uitgebreide Techniek Afvalwaterzuivering (UTAZ)*, Stichting Wateropleidingen, Nederlandse Vereniging voor Waterbeheer NVA, Utrecht, 1996.
- | 12 | Seghers Engineering, mondelinge mededelingen tijdens bezoek zuiveringsinrichtingen in België, juni 1996.
- | 13 | STORA-rapport 81-11 'Hydraulische en technologische aspecten van het nabezinkproces. II Ronde nabezinktanks. Ontwerpgegevens en bedrijfservaringen."
- | 14 | Stofkoper J.A. en C.C.M. Trentelman 'Richtlijnen voor het dimensioneren van ronde nabezinktanks voor actief-slibinstallaties, *H₂O* 15 (1982), blz. 344-354.

- | 15 | *Waterkwaliteitsbeheer, deel b, zuivering van afvalwater 1994*, Milieustatistieken CBS, Voorburg/Heerlen, 1996.
- | 16 | Schriftelijk informatie, Aquafin, oktober 1996.
- | 17 | Mondelinge mededeling, Waterschap Veluwe, januari 1997.
- | 18 | NVA-symposium 'Dun Water', december 1996.

BIJLAGE 1

FOTO'S VAN DE BEZOCHTE ZUIVERINGS-
INRICHTINGEN MET UNITANK[®]-SYSTEMEN

FOTO'S VAN DE BEZOCHTE ZUIVERINGSINRICHTINGEN MET UNITANK®-SYSTEMEN

In deze bijlage zijn foto's opgenomen van de zuiveringsinstallaties die in juni 1996 in het kader van deze studie zijn bezocht:

1. RWZI Galmaarden
2. RWZI Kesselt/Riemst
3. RWZI Kinrooi
4. AWZI Masureel te Wevelgem
5. AWZI Haacht te Haacht
6. AWZI Martens te Bocholt
7. AWZI Cargill te Antwerpen
8. AWZI General Motors te Antwerpen
9. AWZI Hoegaarden te Hoegaarden

1

RWZI Galmaarden



2

RWZI Kesselt/Riemst



3

RWZI Kinrooi



4

AWZI Masureel te Wevelgem



5

AWZI Haacht te Haacht



6

AWZI Martens te Bocholt



7 AWZI Cargill te Antwerpen



8 AWZI General Motors te Antwerpen





BIJLAGE 2

DIMENSIONERING EN KOSTENBEREKENING

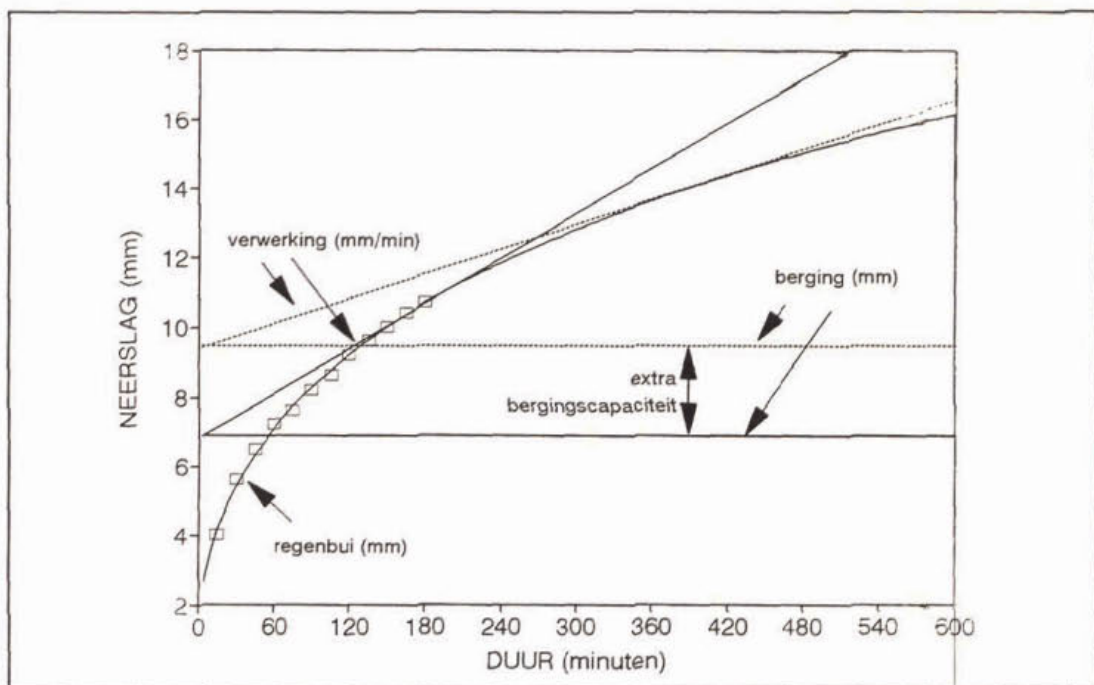
BIJLAGE 2. DIMENSIONERING EN KOSTENBEREKENING

Inhoudsopgave	blz
1 Berekening van het bufferbassinvolume	1
2 Kostenposten	2

1 Berekening bufferbassin volume

De berekening van het volume van het bufferbassin dat nodig is bij een UNITANK[®]-systeem vindt als volgt plaats. Er is uitgegaan van een maatgevende regenbui (frequentie 5 x per jaar). Een dergelijke regenbui mag geen aanleiding geven tot hydraulische overbelasting van de RWZI.

Hydraulische overbelasting van de RWZI treedt op als de regenbui meer neerslag geeft dan de combinatie van berging en verwerkingscapaciteit. Bij de combinatie van berging en verwerkingscapaciteit die juist de raaklijn aan de regencurve geeft (zie figuur A), treedt nog juist geen overbelasting op.



Figuur A. Schematische weergave van de berekening van berging (in mm) en verwerkingscapaciteit (helling van de lijn in mm/min) aan de hand van een maatgevende regenbui¹. (—): voor systeem zonder bergingscapaciteit (berging uitsluitend in riool); (---) voor systeem met geringere hydraulische capaciteit en extra bergingsbassin; het bergingsvolume is het verschil tussen de twee horizontale lijnen.

Bij een maatgevende regenbui met een frequentie van 5 x per jaar en een berging van 7 mm in het riool dient de verwerkingscapaciteit 0,011 mm/min te bedragen. Bij een pomp-overcapaciteit (POC) van RWA - DWA van 2.000 - 500 = 1.500 m³/h betekent dit een verzorgingsgebied van 130 ha verhard oppervlak.

Bedraagt de RWA slechts 1.250 m³/h (2,5 x DWA in plaats van 4 x DWA), dan bedraagt de POC 1.250 - 500 = 750 m³/h. In dat geval dient de berging in totaal 9,7 mm te bedragen, om bij deze verwerkingscapaciteit hydraulische overbelasting te voorkomen. Het bergingsvolume dient dan

$$(9,7 - 7) \text{ mm} * 130 \text{ ha} = 3500 \text{ m}^3 \text{ te bedragen.}$$

¹ Heidemij 1988. Regenduurlijnen voor het ontwerp en beheer van waterbeheersings en rioleringsprojecten. Heidemij Adviesbureau Arnhem; Landinrichtingsdienst Utrecht, 1988.

2 Kostenposten

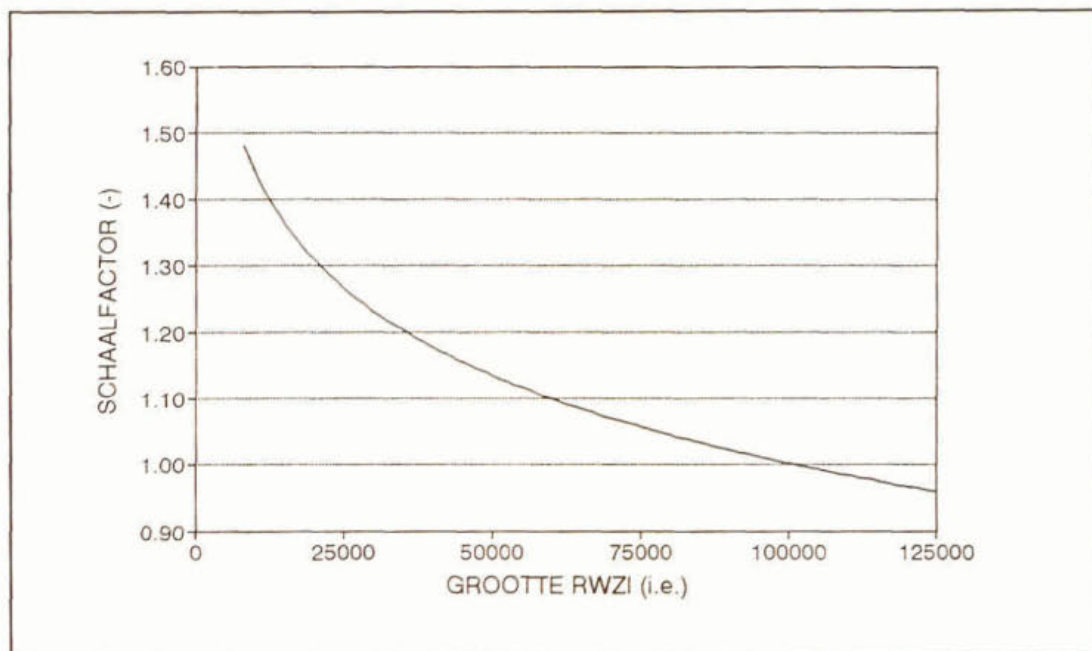
Voor het berekenen van de kosten wordt uitgegaan van de volgende onderdelen.

Stichtingskosten

De stichtingskosten van de drie referentie-inrichtingen zijn berekend aan de hand van:

- eenheidsprijzen voor het beton van aëratieruimten, nabezinkers en indickers per januari 1997;
- eenheidsprijzen voor mechanisch/elektrische onderdelen per januari 1997.

De kosten van het compressorgebouw en het bedrijfsgebouw zijn afhankelijk van de grootte gesteld. Voor deze eenheidsprijzen is een schaalfactor aangehouden, die aangeeft hoe het te investeren bedrag varieert met de grootte van de RWZI. Deze schaalfactor is gegeven in figuur B. De eenheidsprijzen van de verschillende elementen van een RWZI zijn gegeven in tabel B.



Figuur B. Schaalfactor die is gehanteerd voor een aantal elementen van een RWZI als functie van de grootte van de inrichting.

Kapitaalslasten

Voor de berekening van de exploitatiekosten is uitgegaan van een afschrijvingstermijn van 30 jaar voor het civiele deel en 15 jaar voor de overige delen van de inrichtingen. De afschrijving is annuïtair. Bij een rentepercentage van 7% resulteert dit in een annuïteit voor het civiele en elektromechanische deel van respectievelijk 8,1 en 11,0%

Onderhoud

De jaarlijkse onderhoudskosten inrichting zijn gesteld op 0,5% van de kosten voor het civiele deel, en 1,5% van het elektro-mechanische deel.

Personeelslasten

De personele bezetting van de inrichtingen wordt afhankelijk verondersteld van het type van de inrichting. De hoeveelheid personeel is gesteld op 2 voor inrichtingen van 50.000 i.e.. Bij de kostenberekeningen zijn de jaarlijkse kosten voor personeel gesteld op f 80.000,- per arbeidsjaar.

Tabel B. Eenheidsprijzen (in Dfl.) voor de verschillende elementen van een RWZI, voor een grootte van 50.000 i.e.

element	schaalfactor	civiel	E/M	per :
kostprijzen beton				
vloeren	nee	800	-	m ³
rechte wanden	nee	1200	-	m ³
gekromde wanden	nee	1400	-	m ³
elementen installatie				
ontvangwerk	nee	300	100	m ³ /h
influentpomp	nee	-	15.000	250 m ³ /h
roostergoedinstallatie	ja	-	180.000	stuk
mengers	nee	-	3.500	kW
beluchters	nee	-	1.250	kg O ₂ /h
brug + beluchting Schreiber	ja	-	16.000	m dia
blowers	ja	-	50.000	stuk
compressorgebouw	nee	12.000	-	√(kg O ₂ /h)
voorstuwers	nee	-	5.000	kW
verdeelwerk	nee	40.000	-	stuk
slibruimer nabezinktank	nee	-	8.000	m dia
spuislibpomp	nee	-	300	m ³ /h
retourslibpomp	nee	-	80	m ³ /h
slibruimer indikker	nee	-	10.000	m dia
ingedikt slibpomp	nee	-	500	m ³ /h
Fe-doseerinstallatie	nee	-	50.000	stuk
afdekking waterlijn	nee	300	-	m ²
afdekking sliblijn	nee	300	-	m ²
lavafilter waterlijn	nee	-	30.000	stuk
lavafilter sliblijn	nee	-	30.000	stuk
E-installatie	nee	-	2.000.000	stuk

Terreinbehoefte

Voor de terreinbehoefte van een actiefslibinrichting is de volgende formule aangehouden:

$$\text{terreinoppervlak} = \{ \sqrt{(O/T_{LB})} + G \} \times \{ \sqrt{(O/T_{LB})} \times T_{LB} + G \}$$

waarin T_{LB} is de lengte-breedte verhouding van het terrein, G is de breedte van de groenstrook en O is het "netto" oppervlak:

$$O = \{ (L_{BT} + V) \times (B_{BT} + V) + A_{SG} (I_{SG}/2\pi)^{1/2} \times 2 + V \times 2 \}^2 + \\ A_{NB} \times (D_{NB} + 2 \times V)^2 + A_{IN} \times (D_{IN} + 2 \times V)^2 \} \times \{ 1 + 0.10 + 0.25 + 0.02 \times F^2 \\ + A_{SW} \times 0.05 \times F^2 \}$$

waarin

A is aantal (-), R is straal (m),
L is lengte (m), B is breedte (m),
I is inhoud (m³), V is "vrije ruimte" tussen twee elementen (m),
D is diameter (m);

voor de onderschriften geldt:

BT is beluchtingstank, NB is nabezinktank,
IN is indikker, SW is slibverwerking.

De factor 0,10 is gehanteerd voor het oppervlak voor invoerwerk en zandvanger, 0,25 voor wegen, 0,02 voor bedieningsgebouw, 0,05 voor slibverwerkingsgebouw, en de factor F is de schaafactor zoals aangegeven in figuur B.

Voor de berekening van het oppervlak van een RWZI is aangehouden: $T_{LB} = 1,5$, $G = 40$ m en $V = 6$ m.

Energieverbruik

Het energieverbruik voor een RWZI is gesteld op de beluchtingscapaciteit gedeeld door de piekfactor, waaraan 20% van het gemiddelde voor de drie systemen is toegevoegd (omdat circa 80% van het energieverbruik door de beluchting wordt verbruikt). Tevens is ten opzichte van de mengenergie die benodigd is voor een Carrousel, het extra energieverbruik bij de overige systemen in het totale energieverbruik verdisconteerd. Er is uitgegaan van energiekosten van f 0,15 per kWh.

Chemicaliënverbruik

Het chemicaliënverbruik is gebaseerd op een FeCl₃-dosering met een Me/P verhouding van 1,5 in de sliblijn.

Staartkosten

De bij de berekening van de stichtingskosten behorende staartkosten zijn samengevat in tabel C.

Tabel C. Samenstelling van de staartkosten

post	%-age	opbouw (in procenten)				
directe kosten		100				
indirecte kosten						
uitvoeringskosten	12		12			
algemene kosten	7		7			
winst en risico	5		5			
advieskosten	10			10		
diversen	10			10		
onvoorzien	10				10	
BTW	17,5					17,5
TOTAAL	92	100,0	124,0	148,8	163,7	192,3

