

DIE EVALUERING VAN 'N PROSESKOMBINASIE

VAN SEDIMENTASIE EN FLOTTASIE

VIR WATERBEHANDELING

Verslag aan die
Watervorsingskommissie

deur

CD Swartz, DC Whyte, GF Joubert en *K Morgan

Environmentek, WNNR, Pretoria

*Wes-Transvaalse Streekwatermaatskappy
Stilfontein

OPSOMMING

Loodsskaalstudies is op eutrofe waters uitgevoer met 'n loodsskaaleenheid wat die eenheidsprosesse sedimentasie-flottasie-filtrasie kombineer in 'n kompakte eenheid (SEDIDAFF). Toetse is gedoen op eutrofe water in die Middel-Vaalrivier (by Wes-Transvaal Streekswatermaatskappy) en by die Roodeplaatdam. Daar is gepoog om al die verskillende rouwatergehaltes wat met eutrofikasie verband hou te dek met die ondersoek, en hiervoor is die rouwater geklassifiseer as hoë-troebelheid, hoë-alginhoud, lae-troebelheid gemengde water en hoë-troebelheid gemengde water.

In die loodsskaaltoetse is die volgende aspekte ondersoek:

- effek van voorbesinking op die doeltreffendheid van flottasie, beide vir hoë-troebelheid water en vir hoë-alginhoud water
- effek van reaksiesone opwaartse snelheid, en horisontale snelheid in die oorgang van die reaksiesone na die verhelderingsone, op flottasie-doeltreffendheid
- invloed van veranderinge in voorbesinksnelheid, verheldering-sone afwaartse snelheid en hersirkulasieverhouding op die doeltreffendheid van flottasie
- doeltreffendheid van die snelbesinkeenheid vir troebelheid- en algverwydering.

Dit was duidelik dat die snelbesinkeenheid op die SEDIDAFF te klein was om goeie besinking van sweefstowwe of troebelheid te lewer, en dat skaal- en stromingseffekte gelei het tot onreëlmatigheid in die resultate wat verkry is. Geen stawende gevolgtrekkings kan dus gemaak word oor die mate waartoe voorbesinking voor flottasie die doeltreffendheid van DAF kan verbeter nie.

Waarskynlik die grootste probleem wat ondervind is en wat gelei het tot die wisselvalligheid in resultate is die verandering in rouwatergehalte gedurende toetse. Selfs gedurende 'n toetslopie het die rouwatergehalte drasties verander. Sulke veranderinge sou noodsaak dat langtermyn-toetswerk nodig sou wees en dat die toetslopies ten minste gedupliseer word om die resultate enigszins te verifieer. Sodanige uitgebreide toetse was buite die bestek van hierdie studie.

SUMMARY

Pilot-scale studies were performed with a pilot plant that integrates the sedimentation/flotation/filtration unit processes into a compact unit (SEDIDAFF). The pilot trials were done on eutrophied waters in the Middle Vaal River (at the Western Transvaal Regional Water Company), and at the Roodeplaat Dam. It was endeavoured to cover all the raw water qualities normally related to eutrophication, and for this reason the raw waters were classified as either high turbidity, high algal content, low turbidity mixed water and high turbidity mixed water.

In the pilot plant tests the following were investigated:

- effect of presettling on the efficiency of the flotation process, both for high turbidity and high algal content waters
- effect of reaction zone upflow velocity and horizontal velocity (in the transition zone from the reaction zone to the clarification zone) on the efficiency of flotation
- effect of variation in settling rate, clarification zone downflow velocity and recycle ratio on the efficiency of flotation
- efficiency of the high rate settling unit for turbidity and algae removal.

It was apparent that the high rate settling unit in the SEDIDAFF was too small to ensure satisfactory removal of suspended solids or turbidity, and that scale and current-effects lead to the inconsistency obtained in the results.

No clear conclusions could thus be made on the extent to which presettling ahead of flotation can improve the efficiency of the flotation process.

One of the major problems that were experienced and that led to the inconsistent results, was the changes in raw water quality that was experienced during the pilot trials. These changing water qualities would require extended tests and at least duplication of test runs to verify the results obtained. Such extended tests were beyond the scope of this study.

ERKENNINGS

Die navorsing waaroor verslag gelewer word spruit voort uit 'n projek wat deur die Waternavorsingskommissie befonds is, met titel

"Die ontwikkeling van 'n proseskombinasie van sedimentasie, flottasie en sandfiltrasie vir waterbehandeling".

Die Loodskomitee verantwoordelik vir hierdie projek het uit die volgende persone bestaan:

Dr. G. Offringa	Waternavorsingskommissie (Voorsitter)
Mnr. D. Huyser	Waternavorsingskommissie (Sekretaris)
Dr. M.J. Pieterse	Waternavorsingskommissie
Mnr. J.C. Geldenhuys	Rand Water
Me. N. Basson	Goudveld Water
Mnr. L. Fouche	Otto Langenegger en Vennote
Mnr. L. Meyer	Magalies Water
Me. M.J.F. Kruger	Wes-Transvaalse Streekwatermaatskappy
Mnr. I.A. Pearson	Divisie vir Watertegnologie, WNNR
Prof. A.J.H. Pieterse	Universiteit van O.V.S.

Die befondsing van die projek deur die Waternavorsingskommissie en die bydraes deur die lede van die Loodskomitee word met dank erken.

Die projek was slegs moontlik met die samewerking en ondersteuning van 'n aantal instansies en individue. Die outeurs wil graag hul opregte dank aan die volgende oordra:

Bophuthatswana Water Supply Authority
Temba (Kudube) Watersuiweringswerke
Wes-Transvaalse Streekwatermaatskappy
Prof. Braam Pieterse, U.O.V.S.

LYS VAN TABELLE

	Bladsy
Tabel 2.1 Flokkulasievereistes vir die behandeling van oppervlaktewaters met flottasie	2.16
Tabel 2.2 Ontwerpparameters vir die reaksiesone vir die behandeling van oppervlaktewaters	2.17
Tabel 2.3 Ontwerpparameters vir die flottasiesone vir die behandeling van oppervlaktewaters	2.17
Tabel 3.1 Besink-en flottasiesnelhede verkry op die SEDIDAFF deur verstelling aan die eenheidsprosesse	3.5
Tabel 4.1 Besinksnelheidoptimisering vir hoë-troebelheid water met die SEDDIDAFF-loodseenheid	4.4
Table 4.2 Verwydering van troebelheid, chlorofil <i>a</i> en sweefstowwe by verskillende besinksnelhede vir hoë-kleitroebelheid water	4.5
Tabel 4.3 Opsommende resultate van algspesie-ontledings op lopies 1.5 vir hoë-kleitroebelheid water (Vaalrivier)	4.5
Tabel 4.4 Algspesies wat nie deur besinking of flottasie verwyder is nie	4.7
Tabel 4.5 Flottasie opwaartse-snelheid optimisering vir hoë-alginhoud water	4.8
Tabel 4.6 Flottasie horisontale-snelheid ondersoek vir hoë-alginhoud water	4.9

Tabel 4.7	Verwydering van troebelheid, chlorofil <i>a</i> en sweefstowwe by verskillende flottasie-opwaartse snelhede (slegs flottasie)	4.9
Tabel 4.8	Verwydering van troebelheid, chlorofil <i>a</i> en sweefstowwe by verskillende flottasie horisontale snelhede	4.10
Tabel 4.9	Besinksnelheidoptimisering vir hoë-alginhoud water	4.12
Tabel 4.10	Verwydering van troebelheid, chlorofil <i>a</i> en sweefstowwe by verskillende besinksnelhede vir hoë-alginhoud water	4.13
Tabel 4.11	Optimisering van besinksnelheid, flottasie afwaartse-snelheid en hersirkulasie-persentasie vir lae troebelheid gemengde water	4.16
Tabel 4.12	Verwydering van troebelheid, chlorofil <i>a</i> en sweefstowwe by verskillende besinksnelhede, flottasie afwaartse-snelheid en hersirkulasie-persentasie vir lae-troebelheid gemengde water	4.16
Tabel 4.13	Opsommende resultate van algspesie-ontledings op lopies 3.4 vir lae troebelheid gemengde water (Vaalrivier)	4.17
Tabel 4.14	Opsommende resultate van algspesie-ontledings op lopies 3.5 vir lae troebelheid gemengde water (Vaalrivier)	4.18

Bladsy

Tabel 4.15	Algspesies wat nie deur besinking of flottasie verwyder is nie	4.19
Tabel 4.16	Optimisering van besinksnelheid, flottasie afwaartse-snelheid en hersirkulasiepersentasie vir hoë troebelheid gemengde water	4.21
Tabel 4.17	Verwydering van troebelheid, chlorofil <i>a</i> en sweefstowwe by verskillende besinksnelhede, flottasie afwaartse-snelheid en hersirkulasie- persentasie vir hoë-troebelheid gemengde water	4.22

LYS VAN FIGURE

	Bladsy
Figuur 2.1 Skematiese voorstelling van 'n tipiese opgeloste-lugflottasie stelsel	2.3
Figuur 3.1 Skematiese voorstelling van die SEDIDAFF-loodseenheid	3.2
Figuur 3.2 Afmetings van die SEDIDAFF loodseenheid en verstellings van plate van ontwerpparameters te varieer	3.4
Figuur 4.1 Besinksnelheidoptimisering vir hoë-troebelheid water	4.6
Figuur 4.2 Opwaartse-snelheid optimisering vir hoë-alginhoudwater	4.10
Figuur 4.3 Horisontale-snelheid ondersoek vir hoë-alginhoudwater	4.10
Figuur 4.4 Besinksnelheidoptimisering vir hoë-alginhoud water	4.14
Figuur 4.5 Deeltjiegrootteverspreidings vir lopie 2.3.2 : hoë-alginhoudwater (besinksnelheid 4,7 m/h; flottasie afwaartse snelheid 8 m/h; hersirkulasie 10%)	4.14a
Figuur 4.6 Deeltjiegrootteverspreidings vir lopie 2.3.4 : hoë-alginhoudwater (besinksnelheid 10,9 m/h; flottasie afwaartse snelheid 8 m/h; hersirkulasie 10%)	4.14b
Figuur 4.7 Deeltjiegrootteverspreidings vir lopie 3.10 : hoë-troebelheid gemengde water (besinksnelheid > >; flottasie afwaartse snelheid 5 m/h; hersirkulasie 6%)	4.21a

Figuur 4.8 Deeltjiegrootteverspreidings vir lopie 3.15 :

hoë-troebelheid gemengde water (besinksnelheid 18,9 m/h;

flottasie afwaartse snelheid 10 m/h; hersirkulasie 12%)

4.21b

INHOUDSOPGAWE

DIE EVALUERING VAN 'N PROSESKOMBINASIE VAN SEDIMENTASIE EN FLOTTASIE VIR WATERBEHANDELING

OPSOMMING

SUMMARY

ERKENNINGS

LYS VAN TABELLE

LYS VAN FIGURE

Bladsy

HOOFSTUK 1 INLEIDING EN DOELSTELLINGS VAN DIE ONDERSOEK

1.1	Inleiding	1.1
1.2	Doelstellings	1.3

HOOFSTUK 2 LITERATUURSTUDIE

2.1	Inleiding	2.1
2.2	Opgeloste-lugflottasie	2.1
2.2.1	Prosesomskrywing.	2.1
2.2.2	Beginnels van die opgeloste lugflottasieproses	2.2
a.	Versadiger	2.4
b.	Drukverligtingsmeganisme	2.6
c.	Koagulasie en flokkulasie	2.6
d.	Reaksiesone	2.8
e.	Verhelderingsone	2.10
f.	Dryflaagverwydering	2.12
g.	Filtrasie	2.12
2.3	Ontwikkeling van die flottasieproses in Suid-Afrika vir algverwydering	2.13

2.4	Ontwerpparameters vir opgeloste-lugflottasie vir die behandeling van oppervlaktewaters vir drinkgebruik	2.14
2.4.1	Koagulasie en flokkulasie	2.15
2.4.2	Reaksiesone	2.16
2.4.3	Verhelderingsone	2.17
2.5	Voorbesinking en opgeloste-lugflottasie	2.18

HOOFSTUK 3 SEDIDAF-LOODSEENHEID EN EKSPERIMENTELE ONTWERP

3.1	Beskrywing van die SEDIDAFF-loodseenheid	3.1
3.2	Eksperimentele Ontwerp	3.6
3.2.1	Toetstydperk 1: Hoë-kleitroebelheidwater (Eksperimentele stel 1)	3.6
3.2.2	Toetstydperk 2: Hoë-alginhoudwater (Eksperimentele stel 2)	3.8
3.2.3	Toetstydperk 3: Gemengde alg-kleitroebelheidwater (Eksperimentele stel 3)	3.10

HOOFSTUK 4 LOODSSKAALTOETSE

4.1	Inleiding	4.1
4.2	Eksperimentele Opstelling en Metode	4.2
4.3	Resultate	4.3
4.4	Bespreking van resultate	4.22

HOOFSTUK 5 OPSOMMING, GEVOLGTREKKINGS EN AANBEVELINGS VIR VERDERE STUDIES

5.1	Opsomming	5.1
5.2	Gevolgtrekkings	5.2
5.3	Aanbevelings vir verdere studies	5.3

LITERATUURVERWYSINGS

Bylaag: Algspesie-ontledings

HOOFSTUK 1

INLEIDING EN DOELSTELLINGS VAN DIE ONDERSOEK

1.1 Inleiding

Die eutrofikasie van oppervlakwaterbronne in Suid-Afrika is 'n bron van kommer vir beide die voorsieners en gebruikers van hierdie waters. Daar word verwag dat hierdie probleem aansienlik sal vererger vanweë die grootskaalse verstedeliking wat tans plaasvind.

Die besoedeling van die waterbronne met organiese stowwe en nutriënte het 'n toenemende groei van mikroorganismes, soos alge, in hierdie waters tot gevolg wat 'n verskeidenheid van probleme by die behandeling van hierdie waters vir drinkdoeleindes veroorsaak. Konvensionele watersuiweringsaanlegte kan nie die alge doeltreffend verwyder nie, en hierbenewens lei aanpassings in konvensionele behandeling deur hoë chloordoserings om die alge te verwyder tot die vorming van ongewenste neweprodukte in die behandelde water (Pilkington en Van Vuuren, 1981).

Probleme wat gedurende die afgelope 15 jaar in Suid-Afrika in die behandeling van eutrofe water vir drinkdoeleindes ondervind is, sluit die volgende in (Langenegger, 1985):

- skuimvorming in die aanleg
- vlokke wat neig om te dryf eerder as om te besink
- hoë chemiese doseringsvereistes
- kort filterlopie vanweë filterverstoping
- saamkoek van filtersand deur 'n jellie-agtige neerslag
- wangeure in die finale drinkwater.

Ten einde hierdie probleme te oorkom sou dit nodig wees om nuwe en onkonvensionele behandelingsmetodes te ontwikkel om 'n kontinue voorsiening van goeie gehalte drinkwater te verseker.

Die gebruik van die flottasieproses om alge uit eutrofe oppervlakwaters te verwyder is reeds met sukses ondersoek op eie bodem (Van Vuuren en Offringa, 1985), sowel as in die Verenigde Koninkryk (Zabel, 1978). Die proses is later uitgebrei om ook sandfiltrasie in kombinasie met flottasie in te sluit (flottasie-filtrasie), en word tans met sukses toegepas by onder andere die Nsese-meer (Botes en Van Vuuren, 1990) en Rietveldam (Haarhoff, 1988).

Alhoewel die flottasie-filtrasieproseskombinasie doeltreffend gebruik kan word vir die verwydering van ligte, oorwegend organiese sweefstowwe, word probleme ondervind om 'n kombinasie van ligte en swaar vlokke met hierdie proses te verwyder. Hierdie toestande kom voor in sommige nywerheidsuitvloeisels, asook in oorverrykte oppervlakwaterbronne, soos die Middel-Vaalrivier, laer Apiesrivier, laer Krokodilrivier en sommige Natalse mere, waar hoë-troebelheid waters invloei na swaar reënval in die opvanggebied van die bron. Voorbesinking is dan nodig om eers die swaarder deeltjies te verwyder voordat die flottasieproses doeltreffend gebruik kan word om die alge te verwyder. 'n Dubbel suiweringsstelsel, bestaande uit die normale grootte besinkbak met 1 - 2 m/h belading, gevolg deur 'n flottasie-filtrasieproseskombinasie, sal uiteraard groot kapitaaluitgawes tot gevolg hê. Daar bestaan dus 'n behoefte om 'n meer kompakte en doeltreffende stelsel daar te stel wat terselfdertyd wesenlike kapitaalbesparings sal teweegbring.

1.2 Doelstellings

In 'n poging om 'n koste-doeltreffende behandelingstelsel daar te stel, is die sedimentasieproses op loodsskaal met die flottasie-filtrasieprosesse kombineer om die genoemde variasie in rouwatergehalte te hanteer. Hierdie sedimentasie-flottasie-filtrasieloodsaanleg (SEDIDAFF) is gevolglik gebruik om ontwerp kriteria vir 'n sedimentasie-flottasie proseskombinasie daar te stel.

Die oogmerk met hierdie projek was om deur middel van loodsskaal studies ontwerp parameters daar te stel wat gebruik kan word om 'n waterwerke te ontwerp wat 'n kombinasie van die sedimentasie- en flottasieprosesse bevat wat tipiese Suid-Afrikaanse eutrofe oppervlaktwaters op 'n effektiewe en koste-doeltreffende wyse kan behandel.

HOOFSTUK 2

LITERATUURSTUDIE

2.1 Inleiding

Die doel van die literatuuroorsig is om die leser 'n beknopte agtergrond te gee oor die opgeloste-lugflottasieproses en die toepassing daarvan in watersuiwering. Die klem is op die gebruik van die proses vir die behandeling van eutrofe oppervlaktewaters, en op die ontwikkeling daarvan alleen, en in kombinasie met ander skeidingsprosesse, om meer koste-doeltreffende behandelingstelsels daar te stel.

Ontwerpparameters word gegee vir daardie aspekte van die flottasieproses wat in hierdie projek ondersoek is. Die ontwerphandleiding van Drs. Johannes Haarhoff en Lucas van Vuuren, te wete ***A South African Design Guide for Dissolved Air Flotation*** (WNK Verslag Nr.332)(1993), is ekstensief gebruik in die saamstelling van hierdie literatuuroorsig.

2.2 Opgeloste lugflottasie

2.2.1 Prosesomskrywing

Flottasie is 'n vastestof/vloeistof skeidingsproses waarin die verskil in digtheid tussen die twee fases gebruik word om dit van mekaar te skei. Mikroskopies-klein lugborreltjies word ontwikkel en heg vas aan die swewende vastestowwe of vlokke in die vloeistof om borrel-deeltjie agglomerate te vorm met aansienlik laer digthede as die vloeistof. Die agglomerate styg dan na bo in die tenk of houer. Die drie basiese prosesse in flottasie behels dus die vorming van lugborreltjies, hegting van die

lugborreltjies aan die vastestowwe, en skeiding van die gevormde vlokke van die vloeistof.

Die verskillende metodes waardeur die lugborreltjies gevorm word gee aanleiding tot die verskillende tipes flottasieprosesse wat gekry word. Hierdie prosesse is gedispergeerde-lugflottasie waar die lug deur middel van 'n diffusor direk in die hersirkulasie-stroom ingevoer word, elektrolitiese flottasie waar die gasborreltjies elektrochemies ontwikkel word deur twee elektrodes wat in die flottasietenk aangebring word, en opgeloste-lugflottasie (DAF), waar die mikroskopies-klein lugborreltjies gevorm word deur met-lug-oorversadigde water aan atmosferiese druk vry te laat. Van hierdie drie tipes flottasie is opgeloste-lugflottasie die enigste wat op groot skaal in watersuiwering gebruik word, en word die bespreking hier dus beperk tot die DAF-proses.

Opgeloste-lugflottasie is dus 'n skeidingsproses waarin water wat onder hoë druk met lug versadig word, by atmosferiese druk vrygelaat word en sodoende mikroskopies-klein lugborreltjies vorm wat aan die vlokke in die tenk klou en saam na die watervlak styg, waar dit as 'n skuim afgeskraap kan word.

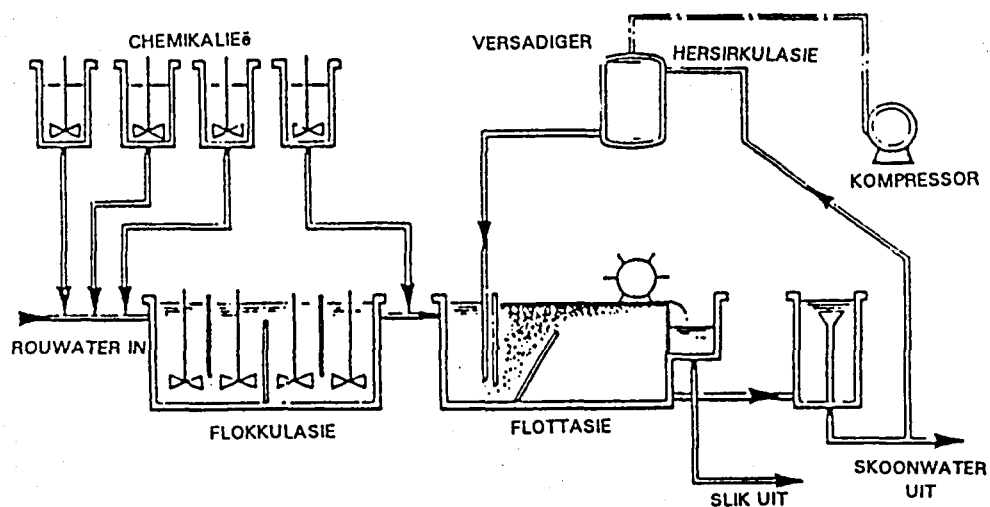
2.2.2 Beginself van die opgeloste-lugflottasieproses (DAF)

Soos hierbo genoem is die drie basiese prosesse in enige flottasieproses, en dus ook in DAF, die vorming van die lugborrels, die hegting van die lugborrels van die deeltjies of vlokke, en die skeiding van die vastestoffase van die vloeistoffase. Onder hierdie drie basiese prosesse sorteer die spesifieke komponente van 'n DAF stelsel as volg:

- **Borrelvorming**
 - versadiger om lug in die water op te los
 - drukverligtingsmeganisme om mikroskopies-klein lugborreltjies te vorm

- **Borrelheging**
 - koagulasie vir kondisionering van die inkomende vastestowwe
 - flokkulasie om geskikte vlokke te vorm
- **Vastestowwe-skeiding**
 - reaksiesone waar die vlokke en lugborrels by mekaar uitkom om stabiele deeltjie/borrel agglomerate te vorm
 - verhelderingsone waar faseskeiding plaasvind
 - dryflaagverwydering
 - filterstelsel (in die geval van flottasie-filtrasie).

Bostaande komponente word vervolgens in meer besonderhede bespreek. Ter toeligting van die komponente word 'n tipiese DAF-stelsel skematies aangedui in Figuur 2.1.



Figuur 2.1: Skematiese voorstelling van 'n tipiese opgeloste-lugflottasie stelsel

a. **Versadiger**

'n Aantal stelsels is ontwikkel om lug in water onder druk op te los. Die twee mees algemene stelsels is die gebruik van gepakte en ongepakte versadigers. Vir 'n bepaalde keuse van versadiger kan die hoeveelheid lug wat in die flottasietenk as lugborrels presipiteer beheer word deur die hoeveelheid water wat met lug oorversadig word te verander (*i.e.* die persentasie hersirkulasie) en/of die versadigerdruk te verander.

i. Persentasie hersirkulasie

Daar is twee metodes waarvolgens die water onder druk geplaas kan word, nl. volstroom of systroom. In volstroom flottasie word die hele stroom vooraf onder druk geplaas en in die flottasietenk ontspan. Die voordeel hiervan is dat lae versadigerdrukke voldoende is, maar dit vereis 'n baie groter versadiger. Hierdie opsie word selde gebruik.

Die gebruiklike opsie is systroom-DAF waar 'n gedeelte van die behandelde water na 'n versadiger hersirkuleer word wat onder heelwat hoër drukke funksioneer. Genoegsame lug word dan in die klein hersirkulasie-stroom opgelos om flottasie in die volle stroom in die flottasietenk te verseker. Die hoeveelheid lug nodig vir DAF kan dan verkry word deur óf 'n klein persentasie te hersirkuleer by hoë druk, of 'n groot persentasie teen laer druk.

Die hersirkulasieverhouding kan bereken word uit die volgende vergelyking:

$$r = \frac{C}{S_T \cdot P \cdot \eta_s}$$

waar r	=	hersirkulasie verhouding (dimensieloos)
C	=	verlangde hoeveelheid lug (mg/ℓ)
S_T	=	lugoplosbaarheidskonstante ($\text{mg}/\ell/\text{kPa}$)
P	=	versadigerdruk (kPa)
η_s	=	lugoordrageffektiwiteit van versadiger (dimensieloos)

Die hersirkulasieverhouding vir verheldering wissel gewoonlik tussen 6% en 12% van die rouwater-vloeitempo. In Swede wissel die verhouding tussen 8% en 12% en die versadigerdruk tussen 450 en 600 kPa (Rosen en Morse, 1976). In 'n opname van aanlegte in Brittanje het die hersirkulasie-verhouding tussen 6% en 10% gewissel en die versadigerdruk tussen 310 en 830 kPa (Longhurst en Graham, 1987). Sommige ontwerpers voeg 'n veiligheidsfaktor by die minimum vereiste hersirkulasie-verhouding. 'n Tipiese voorbeeld is waar 'n loodsskaalstudie gedui het op 6%, maar waar die volkskaalaanleg uiteindelik vir 9% hersirkulasie ontwerp was (Williams, *et al.*, 1985). In een van die ondersoeke is daar inderwaarheid gevind dat die gehalte van die behandelde water verswak het wanneer die hersirkulasie verhoog was b6 die vereiste 8% (Zabel, 1978).

ii. Versadigerdruk

Praktiese versadigerdrukke vir systroom-hersirkulasie wissel tipies tussen 350 en 600 kPa. Daar is getoon dat die doeltreffendheid van versadiging in gepakte versadigers skerp afneem vir 'n druk van minder as ongeveer 300 kPa (Bratby en Marais, 1975b).

'n Prominente navorsingsgroep het tot die gevolgtrekking gekom dat die doeltreffendheid van DAF vir verheldering slegs afhanklik is van die totale lughoeveelheid, ongeag die hersirkulasie-verhouding of die versadigerdruk (Rees *et al.*, 1980).

b. Drukverligtingmeganisme

Die doel van die drukverligtingsmeganisme (of spuitstukke) is om die hersirkulasiestroom in die reaktorsone van die flottasietenk uit te laat, terwyl die hersirkulasiedruk terselfdertyd op so 'n wyse verlaag word na atmosferiese druk dat mikroborels van eenvormige grootte gevorm word. 'n Verskeidenheid spuitstukke is ontwikkel en gepatenteer wat verseker dat 'n digte wolk mikroborels gevorm word wat goeie flottasie lewer.

'n Aantal praktiese voorstelle in die proses van drukverligting verskyn in die literatuur:

- Die druk moet verlaag word so ná as moontlik aan die punt waar die hersirkulasiestroom in die prosesstroom ingevoer word. Indien dit nie gedoen word nie kan ernstige borel groei voorkom (Zabel, 1978).
- Die drukvermindering moet oombliklik geskied om enige voortydige gedeeltlike vermindering van druk te voorkom (Van Vuuren en Offringa, 1985; Williams en Van Vuuren, 1984).
- Die borelvorming kan verbeter word deur die druk deur 'n aantal klein gaatjies vry te laat eerder as deur 'n enkele punt (Vosloo *et al.*, 1985).
- Die borelgrootte-verdeling kan verbeter word deur die hoë-snelheid waterstrale teen 'n vaste oppervlak te laat bots (Vosloo *et al.*, 1985).

c. Koagulasie en flokkulasie

Koagulasie en 'n mate van flokkulasie is 'n noodsaaklikheid wanneer 'n rouwater met relatief lae konsentrasie vastestowwe verhelder moet word. Vir skeiding met flottasie moet die klein partikels saamgebind

word om vlokke te vorm wat sal kan dryf wanneer dit in aanraking kom met lugborrels. Hierdie partikels sal normaalweg nie op hulle eie geflotteer kan word nie, of baie hoër lugkonsentrasies sou nodig wees (Edzwald en Wingler, 1990).

Die volgende bevindinge oor flokkulasie voor flottasie word in die literatuur gegee:

i. Flokkulasietyd

Vir algryke water in 'n oksidasiedam is gevind dat 'n flokkulasietenk onnodig was (Bratby en Marais, 1973), en met rou afvalwater was 'n kort flokkulasieperiode van 30 sekondes meer as genoeg. Hierdie bevinding word ondersteun deur meer onlangse eksperimentele werk wat op alghoudende oppervlaktewater gedoen is (Edzwald en Wingler, 1990; Edzwald *et al.*, 1990) waarin gevind is dat baie min flokkulasie nodig is vir doeltreffende flottasie. By 21°C was daar feitlik geen verskil tussen flokkulasietye van 0 en 5 minute nie (99,2% teenoor 99,7% algverwydering). Daar was geen verbetering in algverwydering vir flokkulasietye van langer as 5 minute nie, ongeag die temperatuur. In teenstelling hiermee is daar in uitgebreide toetse op loodsskaal met oppervlaktewaters getoon dat 'n afsonderlike flokkulasiestap beslis noodsaaklik is (Rees *et al.*, 1980b; Hyde, 1975; Packham en Richanrds, 1975 b). Volle flokkulasie het beter gewerk as gedeeltelike flokkulasie, wat beter gewerk het as geen flokkulasie, wat weer beter gewerk het as koagulantdosering na byvoeging van die lug. 'n Tipiese flokkulasietyd vir algwaters was 12 minute. 'n Studie gedoen op 3 verskillende tipes algwaters het aanbeveel dat 'n flokkulasietyd van 6 minute nodig is, maar dat langer flokkulasie geen probleme veroorsaak nie (De Wet, 1980). In Swede word flokkulasietye van 20 minute en langer algemeen gebruik (Rosen en Morse, 1975).

ii. Flokkulasie-intensiteit

In studies op 'n verskeidenheid rouwaters is gevind dat 'n snelheidsgradiënt (G) van 75 s^{-1} tipies benodig word (Rees et al., 1980 b; Hyde, 1975; Packham en Richards, 1975 b). Daar was elders gevind dat 'n minimum van 75 s^{-1} nodig was vir die flottasie van algwater (De Wet, 1980). Hierdie waardes stem ooreen met 'n optimum bestek van 60 tot 80 s^{-1} (ferrichloried) en 80 tot 100 s^{-1} (poli-aluminium-chloried) vir oppervlaktewater (Blommaert *et al.*, 1990).

iii. Tipe flokkulasie

Daar blyk geen ooreenstemming te wees oor die beste tipe flokkulasie om te gebruik nie. Kanale met skotplate en pypflokkulasiestelsels word in sommige gevalle verkies vanweë die eenvoud daarvan en omdat dit naastenby propvloeï simuleer. Aan die ander kant word hidrouliese kanale nie verkies nie omdat dieselfde mate van beheer nie moontlik is as wat die geval is met meganiese flokkuleerders nie (Longhurst en Graham, 1987). Daar is ook nie sekerheid oor die gebruik van verskillende flokkulasiekompartemente in meganiese flokkulasie nie. Vir oppervlaktewater word die watergehalte nie verbeter deur meervoudige kompartemente te gebruik nie, terwyl twee kompartemente beter as een werk vir grondwater (Stock, 1976).

d. **Reaksiesone**

Die eerste stap in die skeidingsproses is die vorming van stabiele deeltjie/lugborrel agglomerate wat sal styg na die oppervlak van die water. Hierdie agglomerate word in die reaksiesone gevorm waar die hersirkulasiestroom naby die inkomende watertoevoer in die flottasie

tenk ingelaat word. Die reaksiesone is van kritiese belang vir die suksesvolle werking van die flottasie-skeidingsproses.

Belangrike oorwegings vir 'n ideale reaksiesone is die volgende:

- deeltjies en lugborrels moet in die regte groottebestek lê vir suksesvolle flottasie
- genoegsame turbulensie moet voorsien word om genoeg geleenthede vir botsings tussen lugborrels en deeltjies te gee
- gebiede waar hoë sleuring kan voorkom, bv. by die ente van plate, moet vermy word, aangesien dit die gevormde vlokke kan beskadig (Kitchener en Gochin, 1981; Vrablik, 1959) of loslating van borrels uit die borrel/deeltjie agglomerate kan veroorsaak (Vosloo *et al.*, 1985)
- vloei in die reaksiesone moet streef na propvloei (Kitchener en Gochin, 1981)
- genoegsame tyd moet beskikbaar wees om borrel/deeltjie agglomerate te vorm wat doeltreffend sal flotter (Vrablik, 1959)
- die reaksiesone moet 'n afsonderlike kompartement voor die verhelderingsone wees (Kitchener en Gochin, 1981).

Die geometrie van die reaksiesone is van groot belang. In 'n ondersoek waarin ses verskillende reaksiesone-konfigurasies getoets is, is aangedui dat selfs klein modifikasies 'n aansienlike invloed op die eienskappe van die dryflaag gehad het (Ettelt, 1964).

'n Belangrike faktor wat dikwels buite rekening gelaat word in die ontwerp van 'n reaksiesone is die skaaleffek. Die enkel-inlaat opstellings wat vir klein DAF-stelsels gebruik word kan nie net sonder meer oneindig groot opgeskaal word nie; vir groter tenks raak dit

nodig om twee of meer inlate te gebruik om die turbulensie binne perke te hou.

Een van die basiese probleme lê daarin om die turbulensie in die reaksiesone te kwantifiseer. Een metode is om die stygtempo in die reaksiesone te bereken. Vir die flottasie van algwaters byvoorbeeld is 'n opwaartse snelheid van 60 m/h voorgestel (De Wet, 1980). Soortgelyk is 'n horisontale snelheid vir die oorgang van die reaksiesone na die verhelderingsone ook voorgestel. Vir algwaters was dit aanbeveel as 80 m/h (De Wet, 1980).

Die gevolgtrekking kan gemaak word dat daar weinig duidelike kwantitatiewe riglyne bestaan vir die ontwerp van 'n optimale reaksiesone. 'n Probleem wat hiermee saamhang is waar presies die reaksiesone eindig en waar die verheldersone begin.

e. Verhelderingsone

Vir die ontwerper van 'n flottasietenk is die hidrouliese belading, ook genoem die afwaartse snelheid, die belangrikste parameter aangesien dit die oppervlak en dus die koste van die flottasietenk gaan bepaal. Die ontwerp afwaartse snelheid moet laer as die beperkende afwaartse snelheid v_L (i.e. die hoogste vloeytempo wat hanteer kan word voordat die gehalte van die produkwater begin verswak) wees.

Daar is 'n bepaalde verhouding tussen v_L en die hoeveelheid lug wat toegevoeg word. Indien 'n hoër vloeytempo verkry wil word terwyl flottasie-doeltreffendheid ewe goed moet bly, moet meer lug ingevoer word. Die ontwerper weet egter nog nie watter spesifieke afwaartse snelheid om te gebruik nie. Hy moet steeds kies tussen 'n groot flottasietenk met lae lugvereistes, of 'n klein tenk met hoë lugvereistes. 'n Ekonomiese ontleding het getoon dat die laagste-

kostekombinasie van v_L en die hoeveelheid lug benodig a_s gevind word as a_s die volgende waarde het (Bratby en Marais, 1975 a):

$$a_s = \frac{0,15}{SS_{in}^{0,36}}$$

waar SS_{in} = konsentrasie van die inkomende swewende vastestowwe (mg/l).

Bogenoemde verwantskap geld vir beide verheldering en verdikking.

Vir verheldering wissel die afwaartse snelheid in die verhelderingsone gewoonlik tussen 5 m/h en 15 m/h. In een ondersoek was 'n boonste limiet van 12 m/h beskryf waarbo die proses verswak het ongeag die hoeveelheid lug wat gebruik is (Makkock en Tomlinson, 1980). Ander bevindinge was die volgende:

- geen noemenswaardige verandering in finale watergehalte tussen 2,5 m/h en 11,4 m/h nie (Zabel en Hyde, 1976)
- 6 m/h tot 9 m/h vir 12 aanlegte in die Verenigde Koninkryk (Longhurst en Graham, 1987)
- geen verskil in algverwydering tussen 5 m/h en 10 m/h nie, en geen verskil in troebelheidsverwydering tussen 7 m/h en 15 m/h nie (De Wet, 1986)
- goeie verwydering met verouderingsdamuitvloei teen 15 m/h, waarskynlik vanweë superversadiging met fotosintetiese suurstof (De Wet en Van Vuuren, 1980).

Vir verheldering van algwaters is voorgestel dat ronde tenks gebruik word vir klein toepassings, en reghoekige tenks met 'n lengte : wydte verhouding van 2,5 : 1 vir groter toepassings (De Wet, 1980). Twee ander verslae stel ook reghoekige tenks eerder as ronde tenks voor (Anon., 1984, Zabel en Melbourne, 1980).

Die minimum diepte nodig vir 'n flottasietenk is 'n belangrike kostefaktor. In loodsskaalstoetse op 'n eutrofe oppervlaktewater is die troebelheid vertikaal van die bokant af gemeet (Bernstein *et al.*, 1985). Die troebelheid het afgeneem in 'n afwaartse rigting tot sowat 900 mm vanaf die bopunt. Ónder hierdie vlak het die troebelheid konstant gebly. Uit 'n verhelderingsoogpunt blyk dit dus dat sowat 1 m nodig is vir bevredigende faseskeiding. Hierdie gevolgtrekking word ondersteun deur 'n ondersoek na die verheldering van troebel rivierwater waar geen verskil in verhelderingsdoeltreffendheid waargeneem is tussen dieptes van 1,2 m en 1,8 m nie (Rees *et al.*, 1980b). In die opname van 12 flottasieaanlegte in die Verenigde Koninkryk het die diepte gewissel tussen 1,0 en 3,2 m, met 'n gemiddeld van 2,4 m (Longhurst en Graham, 1987). Vir algewaters is 'n aansielike dieper tenk van 3,5 m aanbeveel, maar dit kon nie onderskryf word nie (De Wet, 1980).

f. Dryflaagverwydering

Die invloed van die gevormde dryflaag op die doeltreffendheid van die flottasieproses is nie in hierdie projek ondersoek nie, en gevolglik word dit ook nie in die literatuuroorsig gedek nie.

g. Filtrasie

In stelsels waarin filtrasie met die flottasieproses geïntegreer is, speel filtrasie ook 'n belangrike rol in die totale skeidingsproses. Die gekombineerde flottasie : filtrasieproses word in die volgende afdeling meer breedvoerig bespreek.

2.3 Ontwikkeling van die flottasieproses in Suid-Afrika vir algverwydering

Die toepassing van opgeloste-lugflottasie vir die behandeling van oppervlaktewaters het eers gedurende die laat sewentiger-jare daadwerklike aandag begin geniet (Haarhoff en Van Vuuren, 1993). Die rede vir die aansienlike belang in die proses was die toenemende eutrofikasie van verskeie groot damme en probleme wat voorgekom het wanneer gepoog is om hierdie algryke waters met konvensionele tegnologie te behandel (sien ook hoofstuk 1).

Gedurende die jare tagtig is 'n hele aantal bestaande aanlegte opgegradeer en nuwe aanlegte gebou. In die meeste gevalle was die ontwerpstadium voorafgegaan deur loodsskaalondersoeke, maar die ontwerp kriteria was hoofsaaklik gebaseer op oorsese literatuurbronne. In besonder was die waardevolle werk van die Water Research Centre in die Verenigde Koninkryk van groot belang (Zabel, 1978).

'n Groot DAF-aanleg met 'n nominale kapasiteit van 150 Ml/dag was gedurende die vroeë tagtigerjare in gebruik geneem. Die aanleg was ontwerp om algryke water in 'n varswatermeer in die Noord-Natal kusstreek te suiwer tot 'n hoë gehalte, hoofsaaklik vir gebruik in 'n pulp-en papiermeule (Bernstein *et al.*, 1985). Weens uitermatige vloede in hierdie streek moes die aanleg ook voorsiening maak vir hoë-tempo voorbesinking (snelbesinking). Hierdie ondersoeke het getoon dat die DAF proses ernstige tekortkominge het wanneer die anorganiese troebelheid 'n sekere kritiese waarde oorskry het, in hierdie geval 80 NTE. Die gevolgtrekking wat hieruit gemaak is, is dat seisoenale veranderinge in die gehalte van eutrofe waters met sporadiese invloei van hoë-troebelheidwater na reënstorms belangrike oorwegings is in die ontwerp van suiweringswerke vir sekere opvanggebiede in Suid-Afrika (Botes en Van Vuuren, 1990). Hierdie belangrike oorweging vorm dan ook die basis van die doelwit van die huidige ondersoek.

Die probleme wat verband hou met die vorming van trihalometane (THM's) wanneer waters met relatief groot hoeveelhede organiese stowwe chloreer word, het besondere aandag gekry van plaaslike navorsers en heelwat navorsingswerk is hierop gedoen, veral deur die Nasionale Instituut vir Waternavorsing (NIWN) van die WNNR (wat later die Divisie vir Watertegnologie van die WNNR geword het). Die kwessie van voorchlorering van algwaters teenoor die verwydering van die alge met DAF en daaropvolgende chlorering, was aangespreek. Toetse het die waarde van die DAF-tegnologie in hierdie verband getoon, (Gehr en Henry, 1980) terwyl 'n plaaslike studie ook die DAF-proses optimeer het vir die verwydering van THM voorlopers uit 'n hoogs eutrofe waterbron (Gehr *et al.*, 1992).

2.4 Ontwerpparameters vir opgeloste-lugflottasie vir die behandeling van oppervlaktewaters vir drinkgebruik

In hierdie afdeling word 'n opsomming gegee van daardie ontwerpvoorwagings en - parameters relevant tot die ondersoek in hierdie projek. Die inligting is in hoofsaak verkry uit die WNK-verslag TT 60/93 "A South African Design Guide for Dissolved Air Flotation" deur Johannes Haarhoff en Lucas van Vuuren (1993). Waar nodig word spesifieke verwysings aangehaal.

Die empiriese riglyne wat gegee word is gebaseer op:

- literatuurstudie
- gepubliseerde opname van oorsese flottasie-aanlegte
- opname van Suid-Afrikaanse flottasie-aanlegte deur Prof. Haarhoff en Dr. Van Vuuren
- persoonlike gesprekke tussen Prof. Haarhoff/Dr. Van Vuuren en ontwerpingenieurs en bedryfspersoneel
- bostaande twee outeurs se eie ondervinding.

2.4.1 Koagulasie en flokkulasie

Vir die behandeling van oppervlaktewaters is die gebruik van 'n koagulant onontbeerlik. Die ooreenkoms tussen chemiese voorbehandeling vir flottasie en dié vir konvensionele besinking is beduidend. Vir die selektering van 'n primêre koagulant en bepaling van optimum dosering daarvan, kan gewone bankskaal bekertoetse gebruik word in stede van die meer gesofistikeerde bankskaal-flottasietoerusting.

Die gebruik van poliëlektroliete as vlokhelpmiddels kan ook voordelig wees. In konvensionele besinking dien die vlokhelpmiddel om groter, swaarder vlokke te vorm wat meer geredelik besink. Vir flottasie kan die poliëlektroliet die stabiliteit en kompaktheid van die dryflaag verbeter. Dit is nie moontlik om hierdie effek op bankskaal te toets nie, en sal slegs blyk uit loodsskaal- of volskaalbedryf. Indien bankskaaltoetse egter reeds 'n ligte, opbreekbare vlokstruktuur lewer kan dit die voorsiening van 'n doseringspunt vir 'n poliëlektroliet regverdig.

Uit die literatuur en uit die opname van flottasieaanlegte blyk dit dat flottasie minder streng flokkulasie-vereistes as konvensionele besinking het. Indien die water behoorlik doseer word is slegs 'n minimale hoeveelheid flottasie nodig om die vlok tot 'n sekere minimum grootte te laat groei. Meer flokkulasie benadeel nie die doeltreffendheid van die flottasie nie, maar verbeter dit ook nie. Die flokkulasievereistes vir die behandeling van oppervlaktewaters met flottasie word in Tabel 2.1 gegee.

Tabel 2.1 Flokkulasievereistes vir die behandeling van oppervlaktewaters met flottasie

		MINIMUM	MEDIAAN	MAKSIMUM
Snelheidsgradiënt (SA opname)(*)	s ⁻¹	45	130	150
Snelheidsgradiënt (aanbeveel)	s ⁻¹	50	-	120
Flokkulasietyd (SA opname)	min	5	13	120
Flokkulasietyd (Finse opname)	min	20	-	127
Flokkulasietyd (aanbeveel)	min	4	-	15
Camp-getal Gt (SA opname)	-	33 000	58 000	189 000
Camp-getal Gt (aanbeveel)	-	40 000	-	80 000

* Opname van 26 aanlegte in Suid-Afrika

2.4.2 Reaksiesone

Soortgelyk aan konvensionele flokkulasie, word die stelling gemaak dat daar twee faktore is wat die doeltreffendheid van die reaksie in die reaksiesone bepaal, nl. die duur van die vermenging, en die mengintensiteit. Die duur van die vermenging word eenvoudig bepaal as die gemiddelde retensietyd in die reaksiesone. Hierdie berekening word gebaseer op die totale vloei, i.e. die rouwatervloei plus die hersirkulasiestroom. Dit is moeiliker om die mengintensiteit te kwantifiseer aangesien daar geen meetbare energie-inset in die reaksiesone in is nie. Vir die riglyne in die volgende tabel is die mengintensiteit rofweg benader deur die gemiddelde deurvloeisnelheid, gebaseer op die grootste dwarsnitarea in die reaksiesone. Die reaksiesoneparameters word in Tabel 2.2 gegee.

Tabel 2.2 Ontwerpparameters vir die reaksiesone vir die behandeling van oppervlaktewaters

		MINIMUM	MEDIAAN	MAKSIMUM
Rentensietyd (SA opname)	s	46	14	267
Retensietyd (aanbeveel)	s	60	-	240
Opwaartse snelheid * (SA opname)	m/h	19	64	222
Opwaartse snelheid * (aanbeveel)	m/h	40	-	100

* gebaseer op totale vloei, d.w.s. rouwatervloei plus hersirkulasie

2.4.3 Verhelderingsone

Die belangrikste parameters in verheldering is die horisontale snelheid in die oorgang van die reaksiesone na die verhelderingsone, die afwaartse snelheid in die verhelderingsone, en die diepte van die flottasietenk. Die ontwerpparameters vir die verhelderingsone word in Tabel 2.3 gegee.

Tabel 2.3 Ontwerpparameters vir die flottasiesone vir die behandeling van oppervlaktewaters

		MINIMUM	MEDIAAN	MAKSIMUM
Horisontale snelheid (SA opname)	m/h	14	38	210
Horisontale snelheid (aanbeveel)	m/h	20	-	100
Afwaartse snelheid (SA opname)	m/h	2,4	5,2	8,2
Afwaartse snelheid (Finse opname)	m/h	2,5	4,8	8,0
Afwaartse snelheid (Britse opname)	m/h		4,2	11,0
Afwaartse snelheid (Aanbeveel)	m/h	5,0	-	11,0
Tenkdiepte (SA opname)	m	1,5	2,2	3,5
Tenkdiepte (Britse opname)	m	1,0	2,4	3,2
Tenkdiepte (aanbeveel)	m	1,5	-	3,0

2.5 Voorbesinking en opgeloste-lugflottasie

In gevalle waar hoë vlakke van anorganiese troebelheid aangetref word, word die doeltreffendheid van die DAF-proses ernstig benadeel. In sulke gevalle raak dit dan nodig om 'n voorbesinkingstap voor flottasie in te bring. Op die volskaalaanleg by die Nsese-meer in Noord-Natal waar eutrofe water behandel word, het 'n voorbesinkeenheid wat teen 4 m/h bedryf word die doeltreffendheid van die flottasieproses aansielik verbeter (Botes en Van Vuuren, 1990). In hierdie geval was die kritiese troebelheidsvlak, waarbo DAF benadeel word, ongeveer 80 NTE. Bratby en Marais (1975a) het aangetoon dat, uit 'n ekonomiese oogpunt, flottasie nie geregverdig kan word vir verheldering indien die swewende-vastestowwe konsentrasie hoër as 1000 mg/l is nie.

In volskaaltoetse op hierdie waterbron (Bernstein *et al*, 1985) het DAF sonder voorbesinking die troebelheid verminder van 81 - 96 FTE tot 11 - 31 FTE, of gemiddeld van 90 FTE tot 20 FTE. Dit verteenwoordig 'n 78% verwydering. Met voorbesinking is die troebelheid verminder van 63 FTE tot 15 FTE. Die stelling is gevolglik gemaak dat voorbesinking min of geen noemenswaardige invloed op DAF-doeltreffendheid by die Nsese-waterwerke gehad het indien die troebelheid kleiner as sowat 80 - 90 FTE was nie.

Vir hoë-troebelheid water het DAF alleen die troebelheid verminder van 190 FTE tot 140 FTE (26% verwydering), wat toon dat DAF alleen nie die hoë troebelheid kan hanteer nie. Met voorbesinking het DAF die troebelheid verminder van 129 FTE tot 30 FTE, 'n 77% verwydering. Belangrik hier was dat die voorbesinktyd slegs 20 minute was. Daar is ook bepaal dat tot 75% van die deeltjies in die water anorganies was.

Daar is gevind dat indien die deeltjiekonsentrasie hoër as 75 mg/l was, was meer lug (d.w.s. hoër hersirkulasietempos) nodig, of voorbesinking was nodig. Dit dui op gevalle waar die deeltjies hoofsaaklik anorganies is. As die

deeltjies egter hoofsaaklik organies is, soos alge, behoort DAF bevredigend te werk.

HOOFSTUK 3

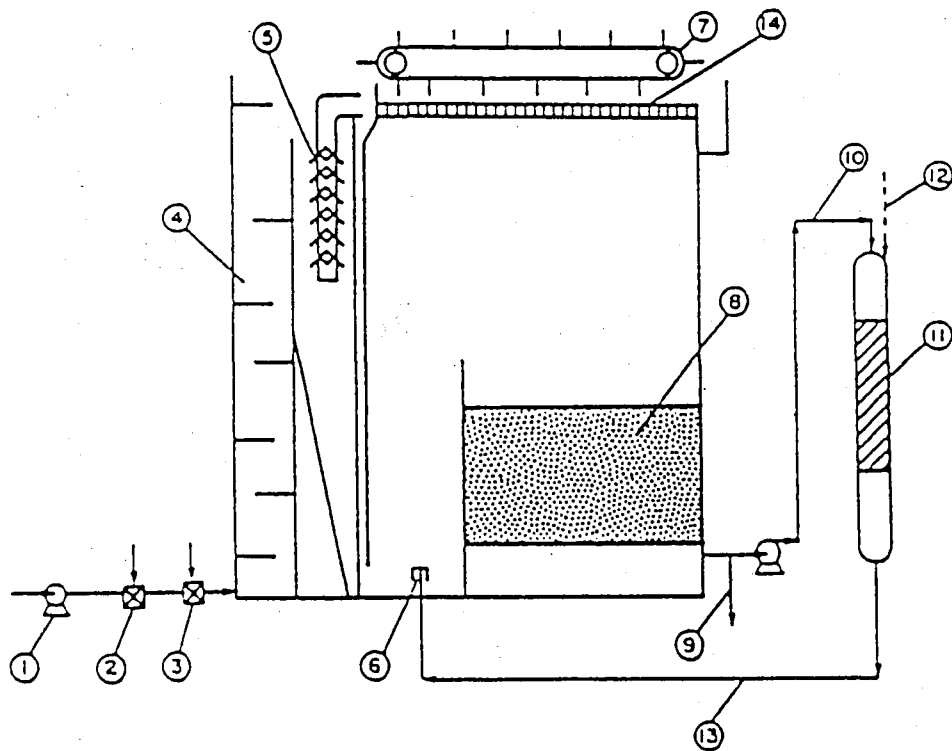
SEDIDAFF-LOODSEENHEID EN EKSPERIMENTELE ONTWERP

3.1 Beskrywing van die SEDIDAFF-loodseenheid

Die bepaling van ontwerp kriteria vir 'n proseskombinasie van sedimentasie en flottasie is gedoen deur gebruik te maak van die sogenaamde SEDIDAFF-loodsaanleg wat deur die Divisie vir Watertegnologie (WATERTEK) van die WNNR ontwerp en gebou is. Die loodseenheid kombineer die volgende eenheidsprosesse in een geïntegreerde waterbehandelingsaanleg:

- 'n verstelbare skotplaat, propvloeï flokkulasie-eenheid, met inlynvermengers vir koagulantdosering en pH-verstelling voor die flokkulasie-eenheid
- 'n teenstroming skuinsplaat besinkeenheid
- 'n geïntegreerde opgeloste lugflottasie-filtrasie eenheid (DAFF), met gebruik van die NIWN spuitstuk wat ontwerp is vir doeltreffende vorming van mikroskopiese lugborrels
- 'n slykverdikkingsrooster bo-op die opgeloste lugflottasie-eenheid.

Die loodseenheid is ontwerp vir 'n vloei van 24 m³/dag. Die aanleg word skematies voorgestel in Figuur 3.1.



- | | |
|--------------------------------------|----------------------------------|
| 1. Voerpomp | 8. Sandfilter |
| 2. Flitsmenger vir koagulant | 9. Produkwater |
| 3. Flitsmenger vir tweede chemikalie | 10. Skoonwaterhersirkulasielyn |
| 4. Flokkulasiekompartement | 11. Lugversadiger met pakking |
| 5. Skuinsplaat besinkeenheid | 12. Luglyn |
| 6. Reaksiesone met spuitstuk | 13. Vers. water hersirkulasielyn |
| 7. Slykskraper | 14. Rooster |

Figuur 3.1 Skematiese voorstelling van die SEDIDAFF-loodseenheid

Flokkulasie

Met al die skotplate in die flokkulasie-eenheid en teen die ontwerpvloei van $1 \text{ m}^3/\text{h}$ is die snelheidsgradiënt $G = 10,14 \text{ s}^{-1}$ en die flokkulasietyd 10 minute. Die waarde van Gt is dus 6084.

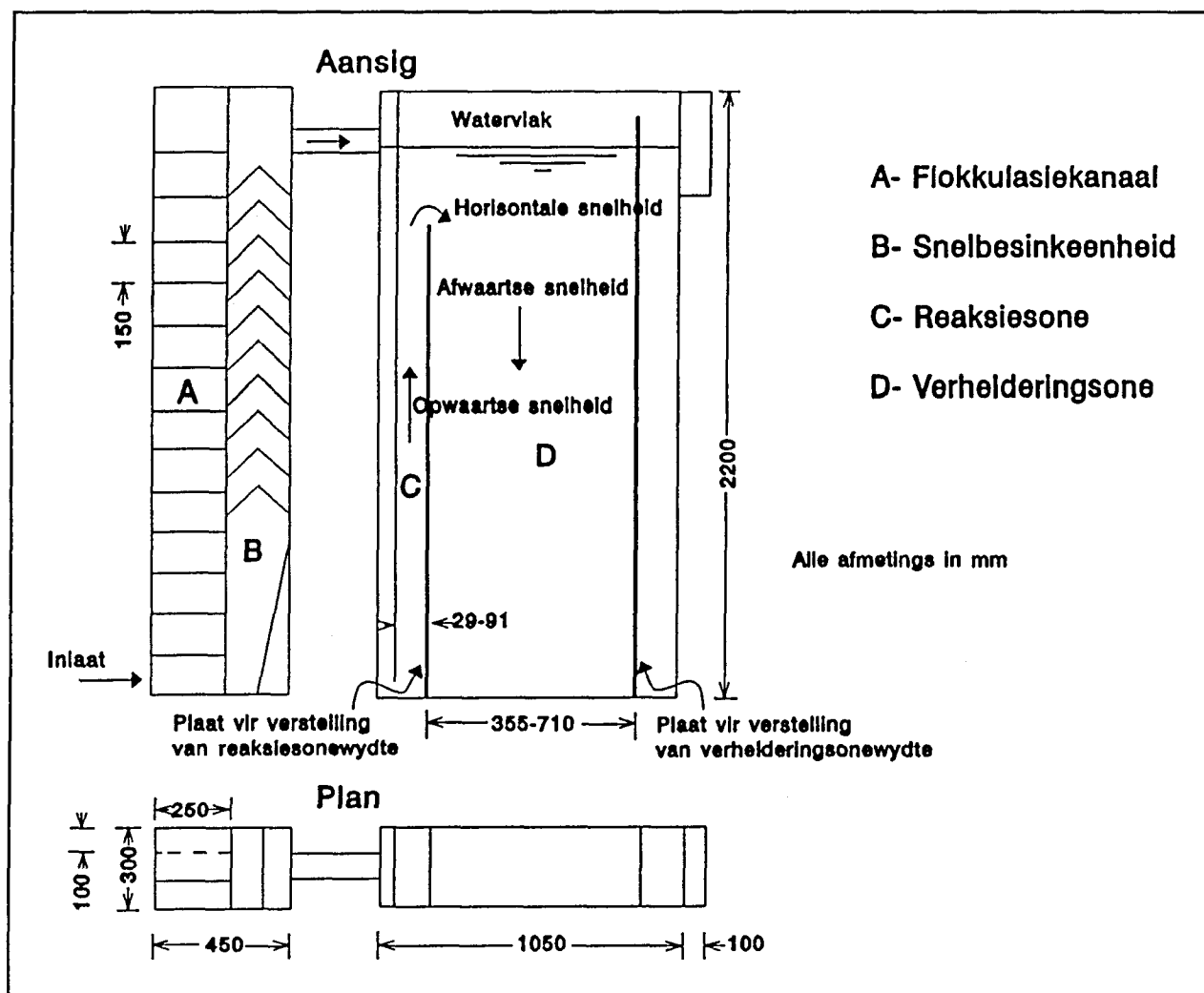
Snelbesinking

Met 'n skuifplaat in die skuinsplaat-besinkeenheid kan die aantal dakkies wat op 'n bepaalde stadium in werking is, verander word, waardeur die besinksnelheid dus varieer kan word.

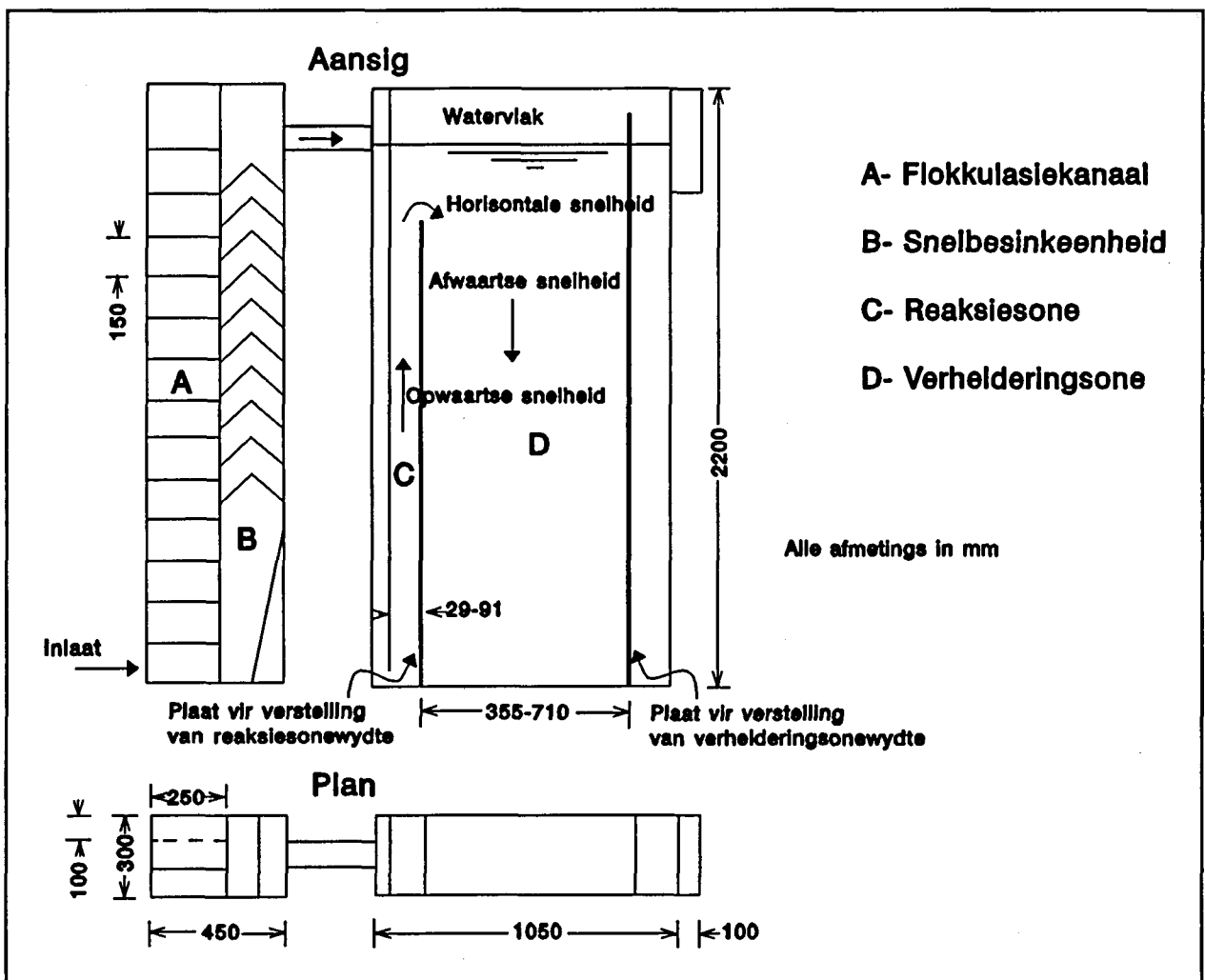
Flottasie

Eweneens is voorsiening gemaak vir skuifplate in die reaksie- en verhelderingsones van die flottasie-eenheid waarmee die opwaartse snelheid en afwaartse snelheid, onderskeidelik, in hierdie twee sones varieer kan word. Die hoeveelheid lug wat in die flottasieproses in die onderkant van die flottasiesel ingevoer word, kan varieer word deur die vloeitempo van die hersirkulasiestroom te verander of die druk in die versadiger te verander.

Figuur 3.2 toon die afmetings van die SEDIDAFF en verstellings wat op die loodseenheid gedoen kan word met die plate om die ontwerpparameters in die toetslopië te varieer. Die verskillende ontwerpwaardes wat verkry word wanneer verstellings op die loodseenheid gedoen word, word in Tabel 3.1 gegee.



Figuur 3.2: Afmetings van die SEDIDAFF loodseenheid en verstelling van plate om ontwerpparameters te varieer



Figuur 3.2: Afmetings van die SEDIDAFF loodseenheid en verstelling van plate om ontwerpparameters te varieer

Tabel 3.1: Besink- en flottasiesnelhede verkry op die SEDIDAFF deur verstelling aan die eenheidsprosesse

BESINKSNELHEID IN SKUINSPLAAT BESINKEENHEID	
Aantal skuinsplate (dakkies)	Besinksnelheid (m/h)
1	baie groot
3	18,9
5	10,9
8	6,6
11	4,7
15	3,4
OPWAARTSE SNELHEID IN FLOTTASIEREAKSIESONE	
Reaktorsonewydte (m)	Opwaartse snelheid (m/h)
0,091	40
0,068	55
0,046	80
0,026	140
HORISONTALE SNELHEID IN OORGANG VAN REAKSIESONE NA VERHELDERING	
Afstand tussen reaktorsone-skotplaat en rooster (m)	Horisontale snelheid (m/h)
0,070	53
0,092	40
AFWAARTSE SNELHEID IN FLOTTASIEVERHELDERINGSONE	
Verhelderingsonewydte (m)	Afwaartse snelheid (m/h)
0,733	5
0,459	8
0,367	10

3.2 Eksperimentele ontwerp

Daar is drie duidelik onderskeibare toetstydperke waartydens lopies gedoen is, naamlik:

Toetstydperk 1: Hoë-kleitroebelheidwater

Hierdie tipe water word gekenmerk deur troebelhede van hoër as 50 NTE en lae chlorofil *a* waardes ($< 15 \mu\text{g}/\ell$).

Toetstydperk 2: Hoë-alginhoudwater

Hierdie toetstydperk word gekenmerk deur hoë chlorofil *a* waardes ($> 30 \mu\text{g}/\ell$) en lae troebelhede (< 25 NTE).

Toetstydperk 3: Gemengde alg/kleitroebelheidwater

Hierdie is in die oorgangsfase waar beide hoë en lae kleitroebelhede saam met relatief hoër waardes chlorofil *a* aangetref word. 'n Faktoriaalontwerp is vir hierdie tydperk gedoen, waarvan die volgende twee stelle gebruik is:

Lae troebelheid gemengde water: Troebelheid < 25 NTE
Chlorofil *a* $< 30 \mu\text{g}/\ell$

Hoë troebelheid gemengde water: Troebelheid > 50 NTE
Chlorofil *a* $> 15 \mu\text{g}/\ell$

Afhangend van die heersende rouwatergehalte is besluit in watter toetstydperk lopies gedoen word.

3.2.1 Toetstydperk 1: Hoë-kleitroebelheidwater (Eksperimentele stel 1)

(Troebelheid > 50 NTE en chlorofil *a* $< 15 \mu\text{g}/\ell$)

Slegs sedimentasie is geoptimiseer.

Die flottasieparameters is soos volg verstel en so gehou vir die duur van hierdie eksperimentele stel:

- reaksiesonewydte 0,068 m (opwaartse snelheid 55 m/h)
- afstand tussen reaksiesone-skotplaat en rooster 0,092 m (40 m/h horisontale snelheid)
- verhelderingsonewydte 0,459 m (afwaartse snelheid 8 m/h)
- hersirkulasie 10%.

Die besinksnelheid is varieer deur die aantal dakkies in die Deltastak (*) hoë-tempo besinkeenheid te verander. Vyf verstellings in ondersoek.

Vir troebelhede > 50 NTE is 'n poliëlektroliet saam met die koagulant in die SEDIDAFF doseer volgens die tipe en dosering op die Wes-Transvaalse Streekwatermaatskappy se volskaalaanleg.

Monsters is by die volgende punte geneem vir ontleding in die laboratorium:

- rouvoer (invoer na SEDIDAFF)
- na besinking
- na flottasie

Die volgende ontledings is op die monsters gedoen:

- pH
- troebelheid
- chlorofil *a*
- swewende vastestowwe
- anorganiese fraksie van swewende vastestowwe (*i.e.* as-inhoud)(nie vir al die lopies nie)
- opgeloste suurstof (slegs na flottasie - monster hiervoor word uit die verhelderingsone gehewel)(nie vir al die lopies nie)

(*) Deltastak is 'n handelsnaam van EIMCO

Vir elk van die verskillende lopietydperke is 'n stel monsters geneem (rou water en by beste behandelingstoestande) en algspesie-ontledings by die Universiteit van die Oranje Vrystaat gedoen. Vir die laaste stel toetse, wat by die Roodeplaatdam gedoen is, is deeltjiegrootteverspreiding van die vastestowwe in die water vir hierdie geselekteerde monsters ook gedoen.

3.2.2 Toetstydperk 2: Hoë-alginhoudwater (Eksperimentele stel 2)

(Troebelheid < 25 NTE; chlorofil *a* > 30 µg/l)

Beide besinking en flottasie is geoptimeer.

Die volgende ontwerpparameters van die flottasieproses is ondersoek:

- opwaartse snelheid in die reaktorsone
- horisontale snelheid

3.2.2.1 Opwaartse snelheid in reaksiesone (Eksperimentele stel 2.1)

Rouwater gaan na flokkulasie direk na die flottasie-eenheid (dus geen besinking nie).

Die volgende flottasieparameters is vasgestel en so gehou vir die duur van hierdie eksperimentele stel:

- afstand tussen reaksiesone inskuifplaat en rooster 0,092 m (40 m/h horisontale snelheid)
- verhelderingsonewydte 0,459 m (afwaartse snelheid 8 m/h)
- hersirkulasie 10%.

Die opwaartse snelheid in die reaksiesone is verstel deur die uithaalbare inskuifplaat in verskillende posisies in die reaktorsone in te skuif. Lopies is by vier verstellings gedoen.

Monsters is vir elke lopie geneem van die rouwater en van die behandelde water na flottasie, en vir dieselfde chemiese eienskappe as voorheen ontleed.

3.2.2.2 Horisontale snelheid (Eksperimentele stel 2.2)

Die volgende flottasieparameters is vasgestel en so gehou vir die duur van hierdie eksperimentele stel:

- reaksiesone-wydte 0,068 m (opwaartse snelheid 55 m/h)
- verhelderingsone-wydte 0,459 m (afwaartse snelheid 8 m/h)
- hersirkulasie 10%.

Die horisontale snelheid is verstel deur die afstand tussen die inskuifplaat en die rooster te verander.

Die lopies is slegs by twee verstellings gedoen.

Monsterneming en ontledings was soos in eksperimentele stel 2.1 (opwaartse snelheid in reaktorsone).

3.2.2.3 Besinksnelheid (Eksperimentele stel 2.3)

In hierdie eksperimentele stel is die flottasieparameters soos in eksperimentele stel 1, as volg verstel (in hierdie geval is dit egter vir hoë-alginhoudwater, terwyl dit vir eksperimentele stel 1 vir hoë-kleitroebeelheid water was):

- reaksiesone-wydte 0,068 m (opwaartse snelheid 55 m/h)
- afstand tussen reaksiesone-skotplaten rooster 0,092 m (40 m/h horisontale snelheid)
- verhelderingsonewydte 0,459 m (afwaartse snelheid 8 m/h)

- hersirkulasie 10%.

Die besinksnelheid is weer varieer deur die aantal dakkies in die Deltastak hoë-tempo besinkeenheid te verander. Vyf verstellings is ondersoek.

Monsters is geneem van die rouwater, na besinking en na flottasie vir die verskillende lopies. Algspesie-ontledings en deeltjiegrootte-ontledings is gedoen op die rouwater en geselekteerde lopies.

3.2.3 Toetstydperk 3: Gemengde alg-kleित्रोबелheidwater (Eksperimentele stel 3)

Sedimentasie en flottasie is gelyktydig geoptimeer. Vir die gemengde water is die volgende drie parameters gelyktydig by verskillende kombinasies van hoë en lae waardes ondersoek:

- besinksnelheid
- afwaartse snelheid in verhelderingsone
- lughoeveelheid (hersirkulasie)

Dit is gedoen vir beide lae troebelhede (< 25 NTE) en hoë troebelhede (> 50 NTE).

(Vir troebelheid groter as 50 NTE is 'n poliëlektroliet saam met die koagulant doseer volgens die tipe en dosering op die Wes-Transvaalse Streekwatermaatskappy se volskaalaanleg).

Die volgende flottasieparameters is vasgestel en so gehou vir die duur van eksperimentele stel 3:

- reaksiesone-wydte 0,068 m (opwaartse snelheid 55 m/h)

- afstand tussen reaksiesone inskuifplaat en rooster 0,092 m (horisontale snelheid 40 m/h)

Al die lopies van die SEDIDAF-toetse is gedoen met:

- optimum koagulantdosis vir die besondere dag se rouwatergehalte. Dit is bepaal deur bankskaal flokkulasietoetse (standaard bekertoetse) elke oggend op die terrein te doen, met troebelheid (NTE) as beheerparameter. Ferrisulfaat is as koagulant gebruik. Poliëlektroliet was addisioneel gedoseer wanneer die rouwatertroebelheid hoër as 50 NTE was vir toetse wat by die Streekwatermaatskappy uitgevoer is
- konstante snelheidsgradiënt vir flokkulasie, met ander woorde, die skotplaatkonfigurasie in die flokkulasiekanaal het regdeur onveranderd gebly
- konstante versadigerdruk van 500 kPa lug.

HOOFSTUK 4

LOODSSKAALTOETSE

4.1 Inleiding

Die SEDIDAFF-loodsaanleg was aanvanklik na die Temba watersuiweringswerke in Bophuthatswana geneem waar water uit die laer-Apiesrivier onttrek en gesuiwer word vir drinkwatervoorsiening aan die plaaslike gemeenskap. Daar is op hierdie werke besluit aangesien die laer-Apiesrivierwater by tye beide hoë algekonsentrasies en hoë troebelhede bevat, en die volskaalaanleg 'n flottasie-eenheidsproses bevat wat meebring dat die loodskaalaanleg in parallel met die volskaalaanleg bedryf kon word. Hiermee sou vergelykings tussen werkverrigting van die loodseenheid en die volskaalaanleg gemaak kon word.

'n Verskeidenheid probleme wat by die Temba-werke ondervind is, waarvan die grootste langdurige kragonderbrekings was, het genoodsaak dat daar na 'n alternatiewe oppervlakwaterbron met dieselfde variërende gehalte gekyk moes word waar die ondersoek uitgevoer kon word. Dit is bekend dat die Middel-Vaalrivier se watergehalte sodanig is dat beide hoë-alginhoud en hoë-kleitroebelheid aangetref word. Daar is derhalwe besluit om die studie by die Wes-Transvaal Streekwatermaatskappy op die oewers van die Vaalrivier naby Stilfontein uit te voer.

Toetstydperke 1 en 2 (met die uitsondering van eksperimentele stel 2.3), asook die lae troebelheid gemengde water gedeelte van toetstydperk 3, is by die Streekwatermaatskappy uitgevoer. 'n Hoë troebelheid gemengde water is egter na sowat 9 maande steeds nie aangetref nie, en daar is besluit om die eenheid te verskuif na die Roodeplaatdam buite Pretoria. By

hierdie bron is die hoë troebelheid gemengde water gedeelte van toetstydperk 3 gedoen, sowel as verdere lopies vir besinksnelheid-optimisering vir hoë-alginhoudwater.

4.2 Eksperimentele Opstelling en Metode

Die SEDIDAFF is by die Watermaatskappy in bedryf gestel en rou water is direk uit die Vaalrivier na die eenheid gepomp. Die vloei deur die eenheid is konstant gehou op 1 m³/h met behulp van die toevoerlyn-vloeimeter.

Vir elke lopie is die loodsaanleg in bedryf gestel en toegelaat om gestadigde vloei te bereik. Flokkulasietoetse is tersefdertyd in die laboratorium gedoen om die optimum ferrisulfaat dosering vir die betrokke dag se rouwatergehalte te bepaal. Ferrisulfaat is dan ook teen hierdie tempo in die SEDIDAFF doseer.

Alle verstellings vir die bepaalde lopie is gedoen en daar is weer gewag dat gestadigde toestande bereik is (empiries bepaal as 1 uur). Monsters is geneem op die betrokke monsternemingspunte en ontleed vir pH, troebelheid, chlorofil *a*, swewende vastestowwe, as-inhoud en opgeloste suurstof.

Karakterisering van die rouwater en 'n monster geneem by geselekteerde behandelingstoestande in terme van algspesiëring en deeltjiegrootte-verspreiding is ook gedoen.

Vir die hoë troebelheid gemengde-water toetse wat by Roodeplaatdam gedoen is, is die water uit die dam in 'n tenk gepomp en 'n water met 'n hoë klei-inhoud, i.e. hoë troebelheid, tot die water gevoeg ten einde die troebelheid van die water te verhoog om die verlangde samestelling gemengde water te verkry. Die water in die dam het ook, soos in die Vaalrivier by die Streekwatermaatskappy, nie die verlangde kombinasie van

troebelheid en chlorofil *a* gehad wat vir hierdie reeks lopies nodig was nie.

Ferrisulfaat is ook gebruik as koagulant by die dam. Die koagulantaanvraag vir optimum flokkulasie is soos voorheen vir elke nuwe dag se lopies bepaal deur eers bekertoetse te doen.

Die toetswerk is gedoen volgens die eksperimentele ontwerp soos in Hoofstuk 3 uiteengesit.

4.3 Resultate

4.3.1 Toetstydperk 1: Hoë-kleitroebelheidwater: Eksperimentele stel 1 (Onderzoek besinksnelheid)

Die toetsverstellings was as volg:

Rouwatergehalte was as volg:	pH	7,01 - 8,13
	Troebelheid	65 - 73 NTE
	Chlorofil <i>a</i>	27 - 72 $\mu\text{g}/\ell$
Chemiese dosering:	Ferrisulfaat (as $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$)	40 mg/ ℓ
	Poliëlektroliet (C577)	2,5 mg/ ℓ
Flottasie parameters:	Opwaartse snelheid	55 m/h
	Horisontale snelheid	40 m/h
	Afwaartse snelheid	8 m/h
	Hersirkulasie	10 %

Die resultate van eksperimentele stel 1 word in Tabel 4.1 gegee.

Tabel 4.1: Besinksnelheidoptimisering vir hoë-troebelheid water met die SEDIDAFF-loodseenheid

Lopie nr.	Besinksnelheid (m/h)	Monster	pH	Troebelheid (NTE)	Chlorofil <i>a</i> (µg/l)	SS (mg/l)	Organiese fraksie (%)	O ₂ (mg/l)
1.1	3,4	Rouwater	7,53	72	40	127	27,8	6,8
		Na besinking	6,05	35	8,6	67	27,6	
		Na flottasie	6,08	7,6	1,5	12	19,2	
1.2	4,7	Rouwater	7,59	73	58	121	24,5	6,8
		Na besinking	6,26	37	23	77	20,9	
		Na flottasie	6,13	6,1	0,9	14	23,1	
1.3	6,6	Rouwater	7,53	70	48	134	27,2	6,9
		Na besinking	6,29	45	8,6	91	22,9	
		Na flottasie	6,10	6,2	2,1	13	23,7	
1.4	10,9	Rouwater	7,01	66	72	106	27,7	6,8
		Na besinking	6,17	42	4,8	93	26,4	
		Na flottasie	6,11	7,3	0,9	15	27,6	
1.5	18,9	Rouwater	7,41	65	27	111	20,6	6,8
		Na besinking	6,09	36	0,9	74	29,4	
		Na flottasie	6,04	5,4	3,8	28	20,7	

Die persentasie verwydering van troebelheid, chlorofil *a* en swewende vastestowwe by die verskillende besinksnelhede word in Tabel 4.2 gegee.

Algspesie-ontledings is gedoen op monsters wat gedurende lopie 1.5 geneem is van die rouwater, na besinking, en na flottasie. Opsommende resultate hiervan verskyn in Tabel 4.3. Die spesies wat nie deur besinking of flottasie verwyder is nie, verskyn in Tabel 4.4. Volledige resultate verskyn in die bylaag.

Tabel 4.2: Verwydering van troebelheid, chlorofil *a* en sweefstowwe by verskillende besinksnelhede vir hoë-kleitroebelheid water

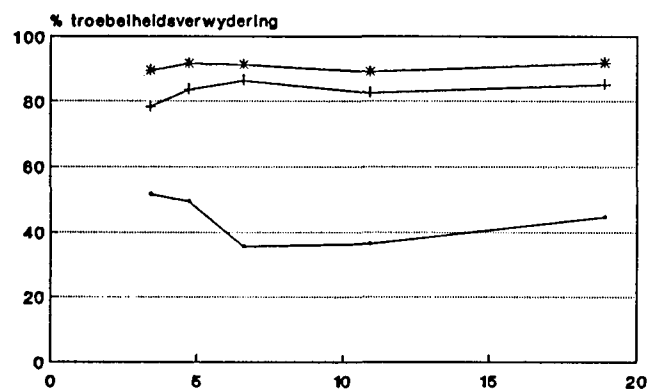
Besinksnelheid (m/h)	Monster	Troebelheid verwydering met die eenheidsproses (%)	Totale troebelheid verwydering (%)	Chlorofil verwydering met die eenheidsproses (%)	Totale Chlorofil <i>a</i> verwydering (%)	SS verwydering met die eenheidsproses (%)	Totale SS verwydering (%)
3,4	Na besinking	51,4	51,4	78,5	78,5	47,2	47,2
	Na flottasie	78,3	89,4	82,6	96,3	82,1	90,6
4,7	Na besinking	49,3	49,3	60,3	60,3	36,4	36,4
	Na flottasie	83,5	91,6	96,1	98,4	81,9	88,4
6,6	Na besinking	36,7	35,7	82,1	82,1	32,1	32,1
	Na flottasie	86,2	91,1	75,6	95,6	85,7	90,3
10,9	Na besinking	36,4	36,4	93,3	93,3	12,3	12,3
	Na flottasie	82,6	88,9	81,3	98,8	83,9	85,8
18,9	Na besinking	44,6	44,6	96,7	96,7	33,3	33,3
	Na flottasie	85,0	91,7	0	85,9	62,2	74,8

Die resultate verskyn grafies in Figuur 4.1.

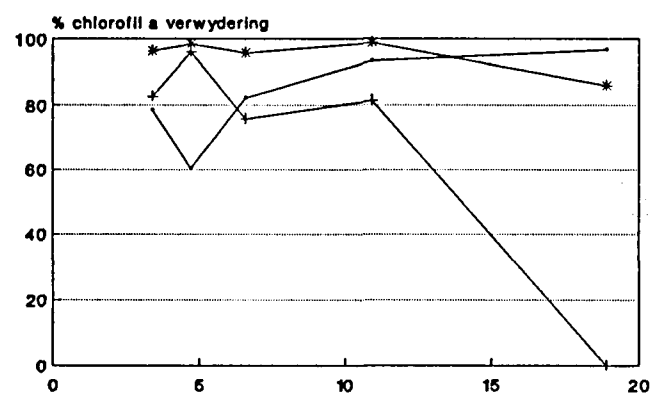
Tabel 4.3: Opsommende resultate van algspesie-ontledings op lopie 1.5 vir hoë-kleitroebelheid water (Vaalrivier)

	Rouwater	Na besinking		Na flottasie	
	Aantal selle per ml	Aantal selle per ml	% verwydering	Aantal selle per ml	Totale % verwydering
Cyanophyceae (Blougroen-alge)	140	0	100	1	99,3
Bacillariophyceae (Diatome)	82	132	-	4	95,1
Chlorophyceae (Groenalge)	88	147	-	0	100
Chrysophyceae (Goue alge)	0	0	-	0	-
Euglenophyceae (Euglenofiete)	62	15	75,8	0	100
TOT. AANTAL SELLE	372	294	5	5	98,7

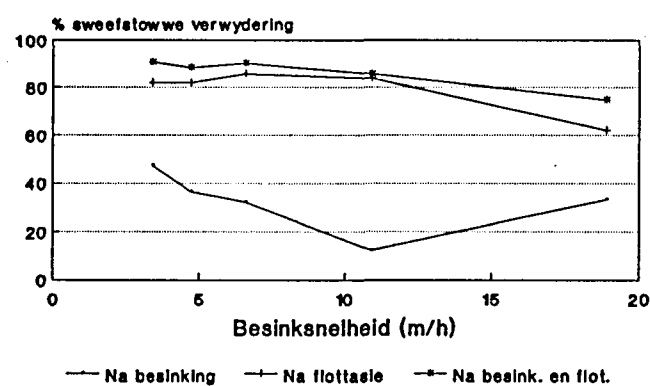
Besinksnelheidoptimisering Troebelheid



Chlorofil a

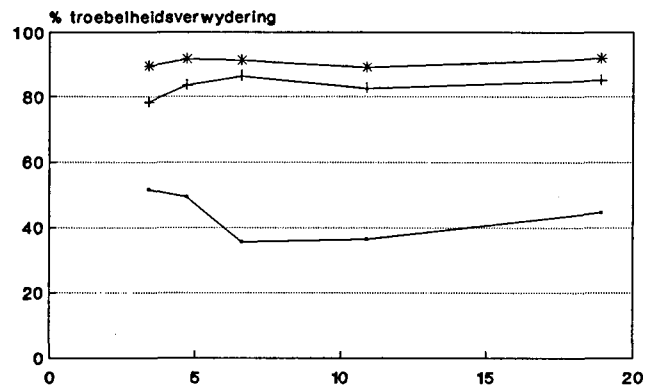


Sweefstowwe

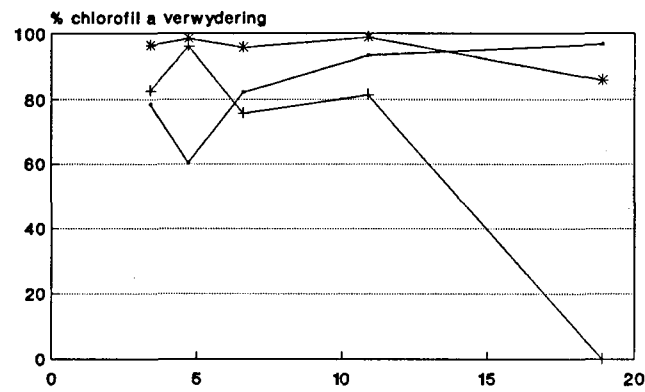


Figuur 4.1: Besinksnelheidoptimisering vir hoë-troebelheid water

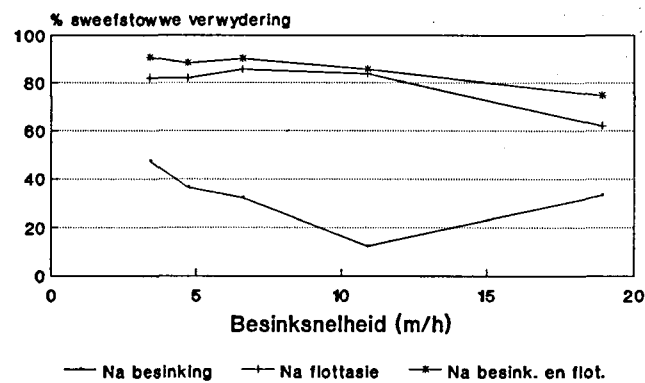
Besinksnelheidoptimisering Troebelheid



Chlorofil a



Sweefstowwe



Figuur 4.1: Besinksnelheidoptimisering vir hoë-troebelheid water

Tabel 4.4: Algspesies wat nie deur besinking of flottasie verwyder is nie.

Algspesie	Aantal selle per ml voor	Aantal selle per ml na
BESINKING		
<u>Diatome</u>		
Cyclotella meneghiniana	69	64
Melosira granulata	13	64
Pennate diatoms	0	5
<u>Groenalge</u>		
Chlamydomonas incerta		
Chlorococcum infusionum	7	10
Coelastrum pseudomicroporum	0	5
Monoraphidium arcuatum	0	5
Oocystis lacustris	0	5
Scenedesmus acuminatus	10	10
Scenedesmus lefevrui	0	20
Scenedesmus opoliensis var. mononensis	13	29
<u>Euglenofiete</u>	46	64
Strombomonas fluviatilis		
Trachelomonas intermedia	26	5
	26	10
FLOTTASIE		
<u>Diatome</u>		
Melosira granulata	64	4

4.3.2 Toetstydperk 2: Hoë-alginhoudwater Eksperimentele stel 2

4.3.2.1 Eksperimentele stel 2.1

(Ondersoek opwaartse snelheid in reaktorsone)

Die resultate van optimisering van opwaartse snelheid in die SEDIDAFF eenheid word in Tabel 4.5 getoon.

Rouwatergehalte was as volg:	pH	8,45 - 8,74
	Troebelheid	20 - 22 NTE
	Chlorofil <i>a</i>	85 - 135 µg/l

Die toetsverstellings vir hierdie water was as volg:

Chemiese dosering:	Ferrisulfaat	18 mg/ℓ
Flottasie parameters:	Horisontale snelheid	40 m/h
	Afwaartse snelheid	8 m/h
	Hersirkulasie	10 %

Tabel 4.5: Flottasie opwaartse-snelheid optimisering vir hoë-alginhoud water

Lopie nr.	Opwaartse snelheid (m/h)	Monster	pH	Troebeheid (NTE)	Chlorofil <i>a</i> (µg/ℓ)	SS (mg/ℓ)	Organiese fraksie (%)	O ₂ (mg/ℓ)
2.1.1	40	Rouwater	8,74	20	123	46	22,7	6,7
		Na flottasie	6,90	4,2	24	16	17,5	
2.1.2	55	Rouwater	8,64	22	135	51	26,5	6,9
		Na flottasie	6,94	5,0	24	19	22,4	
2.1.3	80	Rouwater	8,45	20	112	46	21,6	6,6
		Na flottasie	6,93	5,7	27	19	25,2	
2.1.4	140	Rouwater	8,46	20	85	49	22,4	6,6
		Na flottasie	6,93	6,5	22	21	23,7	

4.3.2.2 Eksperimentele stel 2.2 (Ondersoek horisontale snelheid)

Rouwatergehalte was as volg:	pH	8,45 - 8,74
	Troebeheid	20 - 22 NTE
	Chlorofil <i>a</i>	85 - 135 µg/ℓ

Die toetsverstellings vir ondersoek na horisontale snelheid in die eenheid was die volgende:

Chemiese dosering:	Ferrisulfaat (as Fe ₂ (SO ₄) ₃)	19 mg/ℓ
--------------------	--	---------

Flottasie parameters:	Opwaartse snelheid	55 m/h
	Afwaartse snelheid	8 m/h
	Hersirkulasie	10 %

Die resultate vir verskillende horisontale snelhede verskyn in Tabel 4.6.

Tabel 4.6: Flottasie horisontale-snelheid ondersoek vir hoë-alginhoud water

Lopie nr.	Afstand tussen reaktorsone - skotplant en rooster (m)	Horisontale snelheid (m/h)	Monster	pH	Troebeheid (NTE)	Chlorofil <i>a</i> ($\mu\text{g/l}$)	SS (mg/l)	Organiese fraksie (%)	O ₂ (mg/l)
2.2.1	0,070	53	Rouwater	8,52	20	118	46	22,7	6,1
			Na flottasie	6,81	5,1	5,7	15	21,8	
2.2.2	0,092	40	Rouwater	8,43	20	93	46	19,4	6,3
			Na flottasie	6,82	5,8	m.v	17	19,9	

m.v. = monster verlore

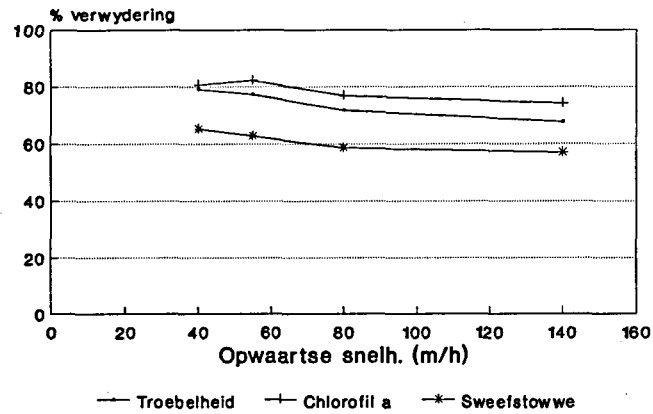
Die persentasie verwydering van troebeheid, chlorofil *a* en swewende vastestowwe vir die verskillende opwaartse snelhede en horisontale snelhede word in Tabel 4.7 en 4.8 onderskeidelik gegee.

Tabel 4.7: Verwydering van troebeheid, chlorofil *a* en sweefstowwe by verskillende flottasie-opwaartse snelhede (slegs flottasie)

Opwaartse snelheid (m/h)	Troebeheid verwydering (%)	Chlorofil <i>a</i> verwydering (%)	SS verwydering (%)
40	79,0	80,5	65,2
55	77,3	82,2	62,7
80	71,5	76,8	58,7
140	67,5	74,1	57,1

Die resultate word grafies in Figuur 4.2 weergegee.

Opwaartse-snelheid optimisering



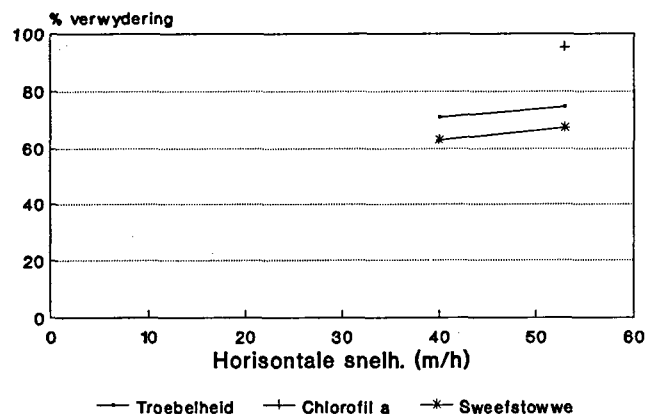
Figuur 4.2: Opwaartse-snelheid optimisering vir hoë-alginhoudwater

Tabel 4.8: Verwydering van troebelheid, chlorofil *a* en sweefstowwe by verskillende flottasie horisontale snelhede

Horisontale snelheid (m/h)	Troebelheid verwydering (%)	Chlorofil <i>a</i> verwydering (%)	SS verwydering (%)
53	74,5	95,2	67,4
40	71,0	-	63,0

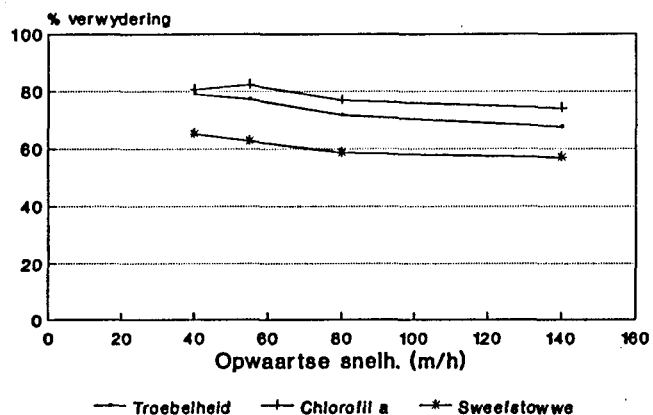
Bostaande resultate word grafies in Figuur 4.3 gegee.

Horisontale-snelheid optimisering



Figuur 4.3: Horisontale-snelheid ondersoek vir hoë-alginhoudwater

Opwaartse-snelheid optimisering



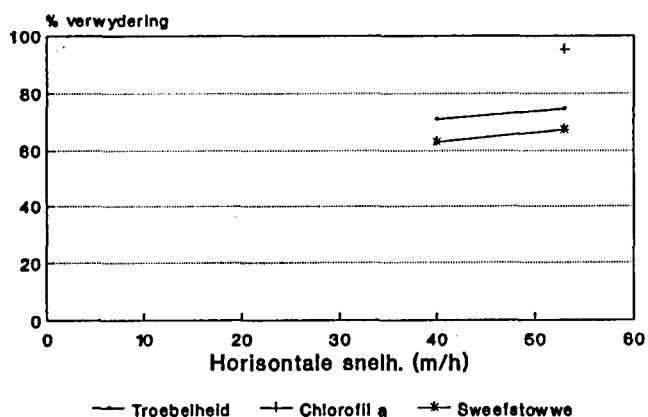
Figuur 4.2: Opwaartse-snelheid optimisering vir hoë-alginhoudwater

Tabel 4.8: Verwydering van troebelheid, chlorofil *a* en sweefstowwe by verskillende flottasie horisontale snelhede

Horisontale snelheid (m/h)	Troebelheid verwydering (%)	Chlorofil <i>a</i> verwydering (%)	SS verwydering (%)
53	74,5	95,2	67,4
40	71,0	-	63,0

Bostaande resultate word grafies in Figuur 4.3 gegee.

Horisontale-snelheid optimisering



Figuur 4.3: Horisontale-snelheid ondersoek vir hoë-alginhoudwater

4.3.2.3 Eksperimentele stel 2.3: (Onderzoek besinksnelheid vir hoë-alginhoudwater)

Rouwatergehalte was as volg: pH	7,89 - 8,60
Troebelheid	28 - 67 NTE
Chlorofil <i>a</i>	23,2 - 49 $\mu\text{g}/\ell$

Die toetsverstellings vir hierdie water by Roodeplaatdam was as volg:

Chemiese dosering:	Ferrisulfaat (as $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$)	20 mg/ ℓ
Flottasie parameters:	Opwaartse snelheid	55 m/h
	Horisontale snelheid	40 m/h
	Afwaartse snelheid	8 m/h
	Hersirkulasie	10%

Die resultate van eksperimentele stel 2.3 word in Tabel 4.9 gegee.

Tabel 4.9: Besinksnelheidoptimalisering vir hoë-alginhoud water

Lopie nr.	Besink-snelheid (m/h)	Monster	pH	Troebeheid (NTE)	Chlorofil <i>a</i> (µg/l)	SS (mg/l)
2.3.1	3,4	Rouwater	8,51	35	24,1	44
		Na besinking	6,70	4,7	23,1	33
		Na flottasie	7,69	2,8	3,4	15
2.3.2	4,7	Rouwater	8,23	62	46,8	46
		Na besinking	7,08	19	24,1	22
		Na flottasie	7,09	12	17,2	14
2.3.3	6,6	Rouwater	7,89	28	35,3	55
		Na besinking	7,11	22	15,2	37
		Na flottasie	7,24	26	11,4	31
2.3.4	10,9	Rouwater	8,60	67	49,0	73
		Na besinking	7,23	33	9,9	52
		Na flottasie	7,42	18	8,6	29
2.3.5	18,9	Rouwater	8,43	66	46,8	30
		Na besinking	6,98	17	11,9	11
		Na flottasie	6,21	8,5	11,9	9
2.3.6	> >	Rouwater	8,13	33	23,2	39
		Na besinking	6,26	26	1,55	34
		Na flottasie	6,93	5,8	1,49	10
2.3.7	-	Rouwater	7,73	33	32,8	42
		Na besinking	7,05	12	29,9	29
		Na flottasie	7,57	17	3,2	12

Die persentasie verwydering van troebelheid, chlorofil *a* en swewende vastestowwe by die verskillende besinksnelhede word in Tabel 4.10 gegee.

Tabel 4.10: Verwydering van troebelheid, chlorofil *a* en sweefstowwe by verskillende besinksnelhede vir hoë-alginhoud water

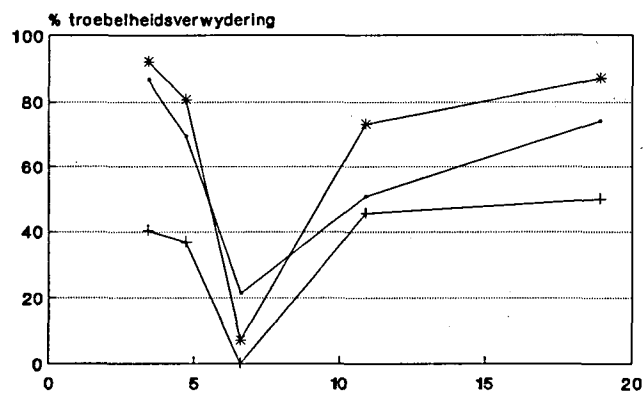
Besink-snelheid (m/h)	Monster	Troebelheid verwydering met die eenheidsproses (%)	Totale troebelheid verwydering (%)	Chlorofil <i>a</i> verwydering met die eenheidsproses (%)	Totale chlorofil <i>a</i> verwydering (%)	SS verwydering met die eenheidsproses (%)	Totale SS verwydering (%)
3,4	Besinking	86,6	86,6	(4,1)*	(4,1)*	25,0	25,0
	Flottasie	40,4	92,0	85,3	85,9	54,5	65,9
4,7	Besinking	69,4	69,4	48,5	48,5	52,2	52,2
	Flottasie	36,8	80,6	28,6	63,2	36,4	69,6
6,6	Besinking	21,4	21,4	56,9	56,9	32,7	32,7
	Flottasie	0	7,1	25,0	67,7	16,2	43,6
10,9	Besinking	50,7	50,7	79,8	79,8	28,8	28,8
	Flottasie	45,5	73,1	13,1	82,4	44,2	60,3
18,9	Besinking	74,2	74,2	74,6	74,6	63,3	63,3
	Flottasie	50,0	87,1	0	74,6	18,2	70,0

* = uitskietwaarde

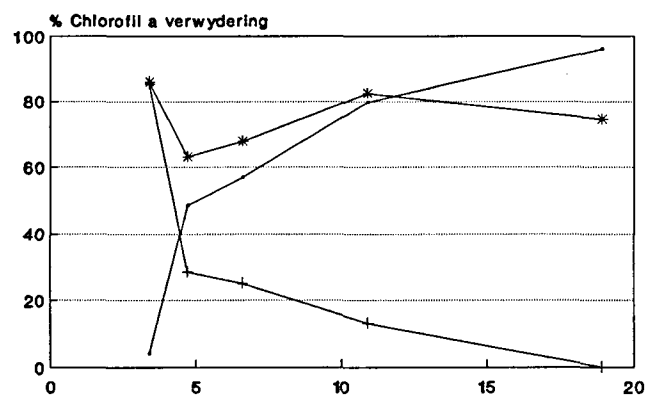
Die resultate verskyn grafies in Figuur 4.4.

Deeltjiegrootteverspreidings van lopies 2.3.2 en 2.3.4 word in Figure 4.5 en 4.6 onderskeidelik getoon.

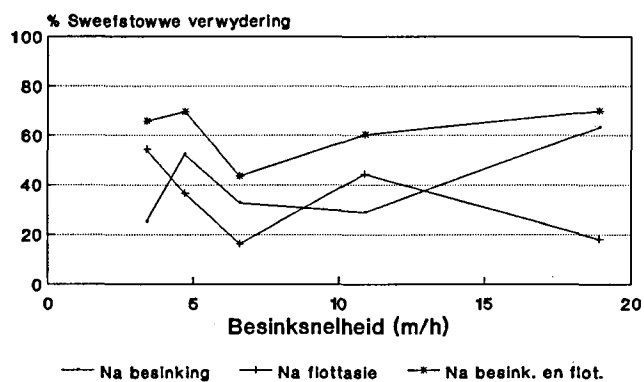
Besinksnelheidoptimisering Troebelheid



Chlorofil a

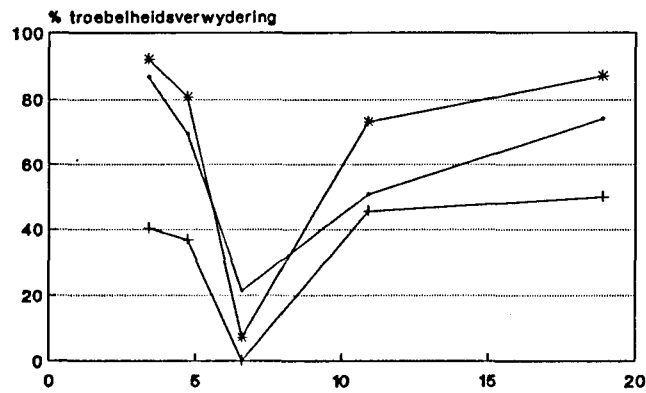


Sweefstowwe

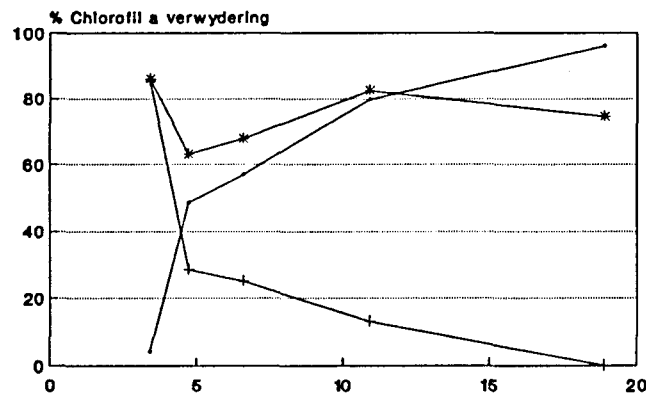


Figuur 4.4: Besinksnelheidoptimisering vir hoë-alginhoud water

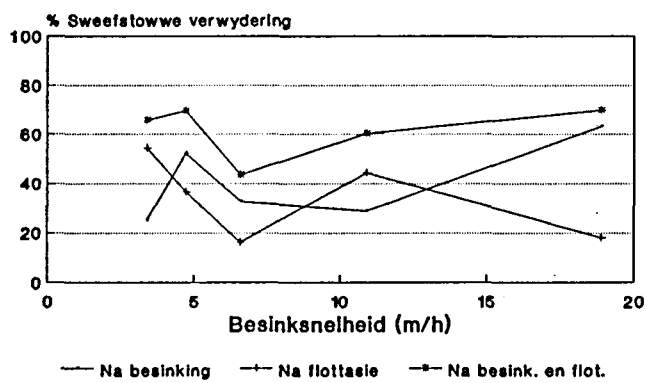
Besinksnelheidoptimisering Troebelheid



Chlorofil a

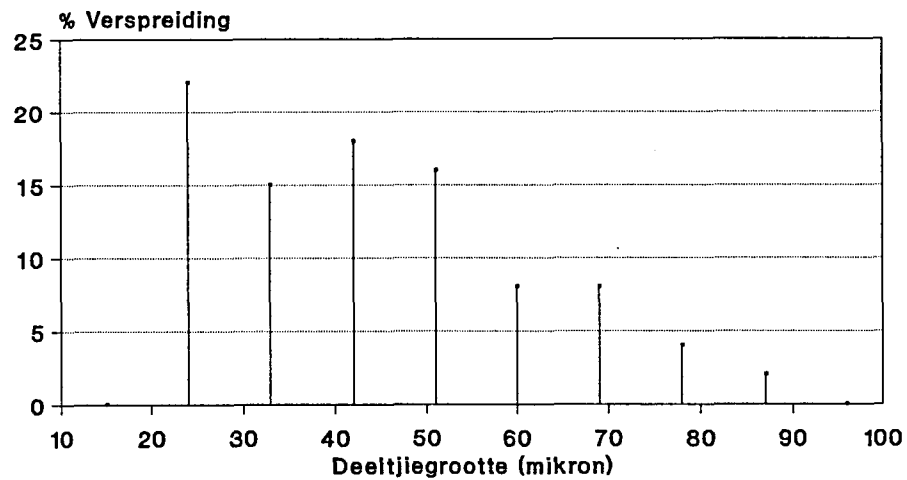


Sweefstowwe

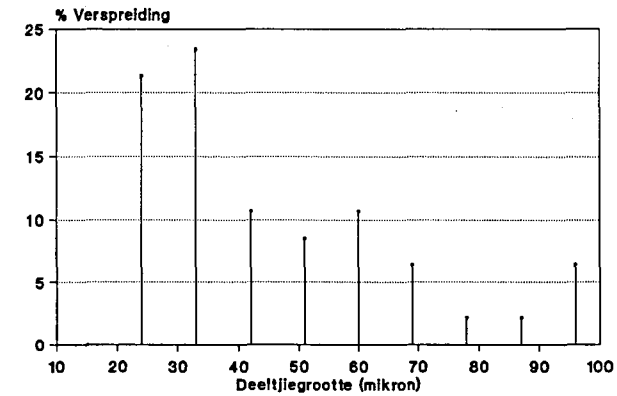


Figuur 4.4: Besinksnelheidoptimisering vir hoë-alginhoud water

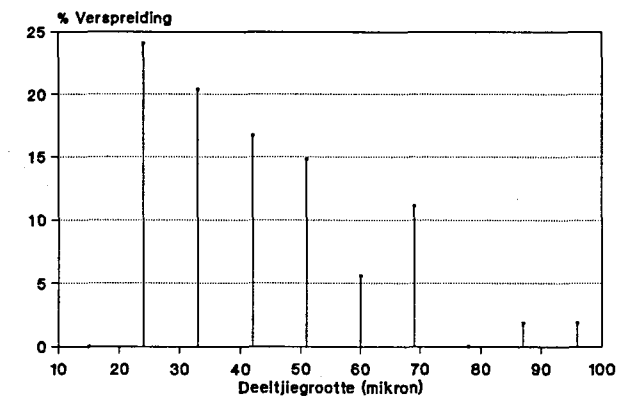
Hoë-Alginhoudwater: Roodeplaatdam Rou Water



Na Besinking

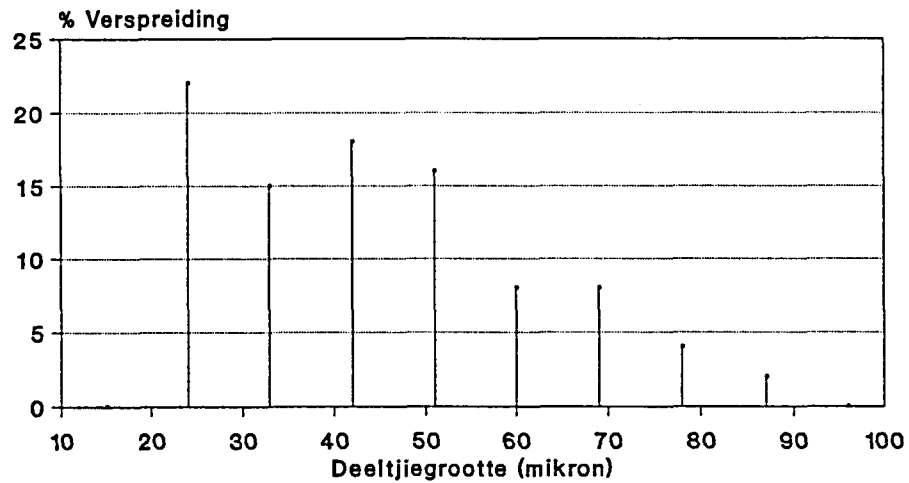


Na Flottasie

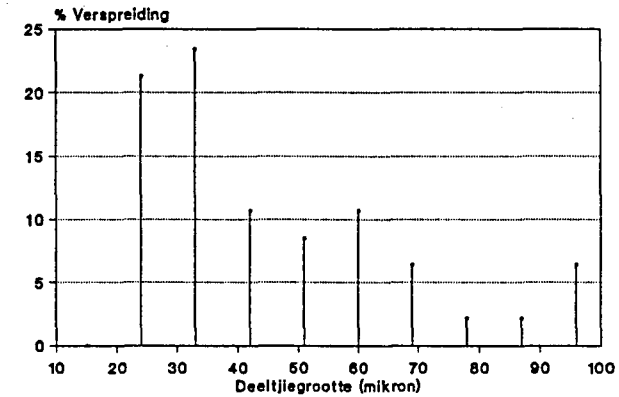


Figuur 4.5: Deeltjiegrootteverspreidings vir lopie 2.3.2 : hoë-alginhoudwater
(besinksnelheid 4,7 m/h; flottasie afwaartse snelheid 8 m/h; hersirkulasie 10%)

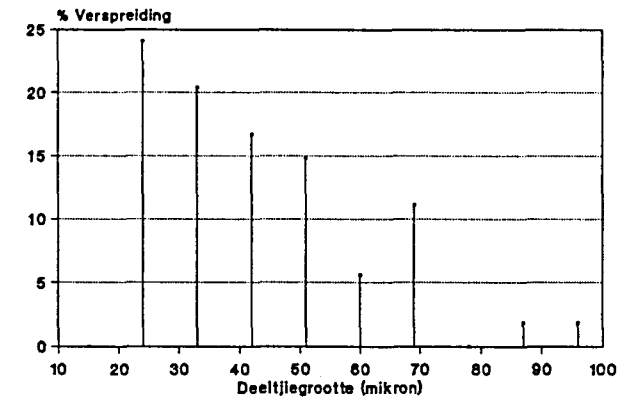
Hoë-Alginhoudwater: Roodeplaatdam Rou Water



Na Besinking

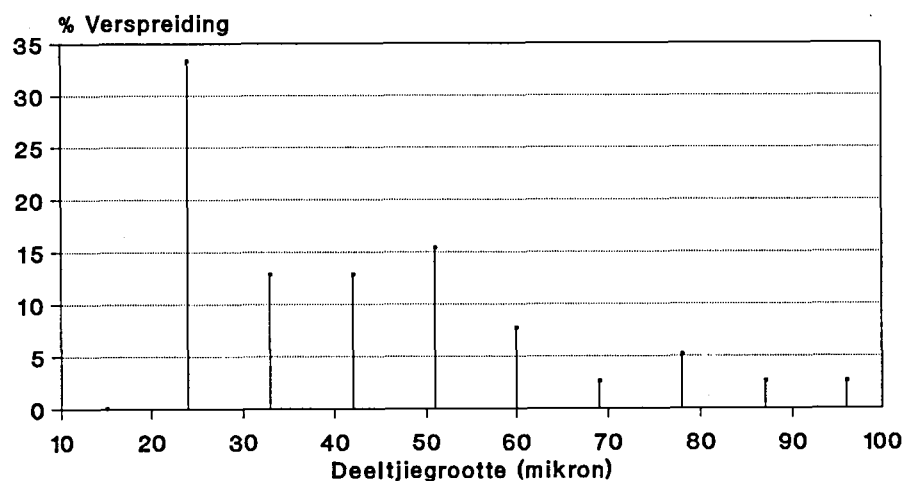


Na Flottasie

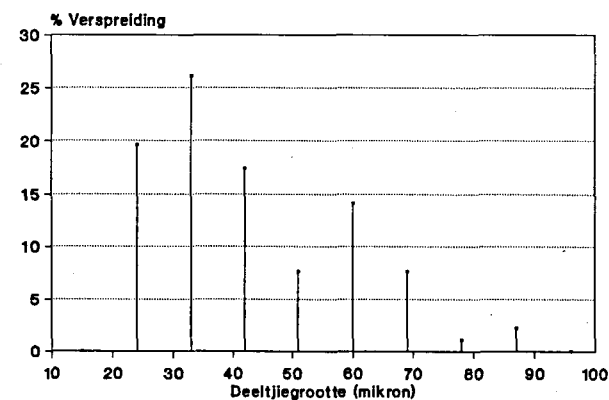


Figuur 4.5: Deeltjiegrootteverspreidings vir lopie 2.3.2 : hoë-alginhoudwater
(besinksnelheid 4,7 m/h; flottasie afwaartse snelheid 8 m/h; hersirkulasie 10%)

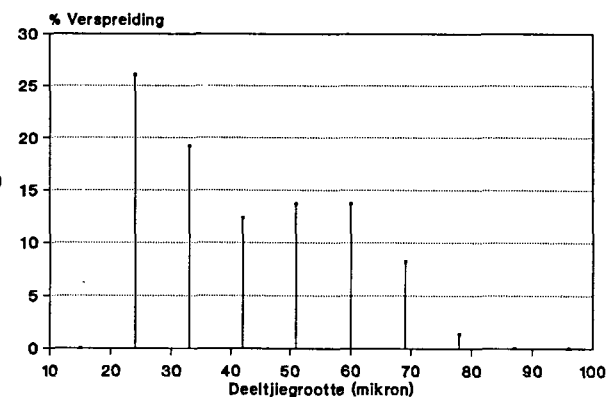
Hoë-Alginhoudwater: Roodeplaatdam Rou Water



Na Besinking

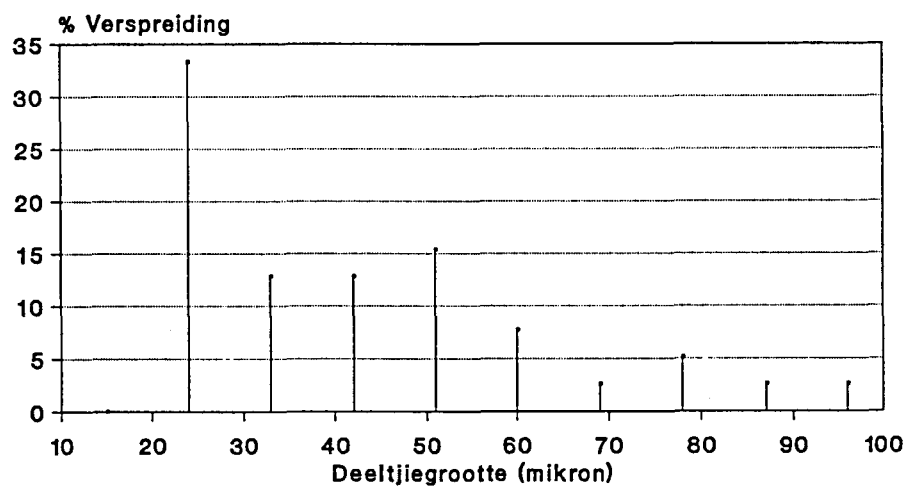


Na Flottasie

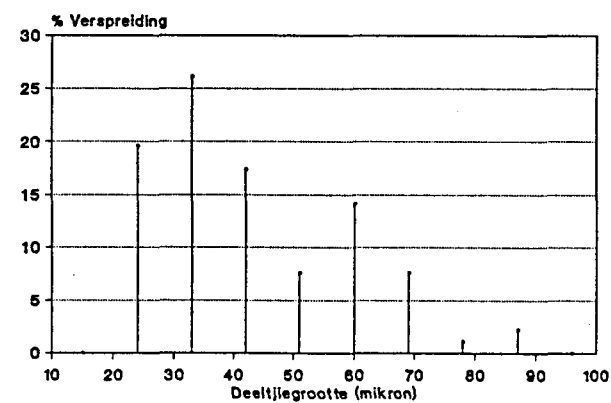


Figuur 4.6: Deeltjiegrootteverspreidings vir lopies 2.3.4 : hoë-alginhoudwater
(besinksnelheid 10,9 m/h; flottasie afwaartse snelheid 8 m/h; hersirkulasie 10%)

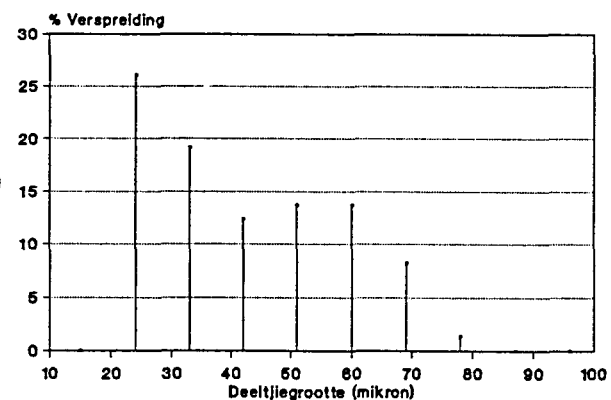
Hoë-Alginhoudwater: Roodeplaatdam Rou Water



Na Besinking



Na Flottasie



Figuur 4.6: Deeltjiegrootteverspreidings vir lopie 2.3.4 : hoë-alginhoudwater
(besinksnelheid 10,9 m/h; flottasie afwaartse snelheid 8 m/h; hersirkulasie 10%)

4.3.3 Toetstydperk 3: Gemengde alg-kleitroebelheidwater Eksperimentele stel 3

Lae troebelheid gemengde water

Die resultate van toetse in hierdie tydperk word in Tabel 4.11 gegee.

Rouwatergehalte was as volg:	pH	7,60 - 7,68
	Troebelheid	3,5 - 3,6 NTE
	Chlorofil <i>a</i>	17 - 28 $\mu\text{g}/\ell$

Die toetsverstellings was as volg:

Chemiese dosering:	Ferrisulfaat (as $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$)	8 mg/ ℓ
Flottasieparameters:	Opwaartse snelheid	55 m/h
	Horisontale snelheid	40 m/h

Tabel 4.11: Optimisering van besinksnelheid, flottasie afwaartse-snelheid en hersirkulasie-persentasie vir lae troebelheid gemengde water

Lopie nr.	Monster	Aantal dakkies	Afwaartse snelheid (m/h)	Hersirkulasie (%)	pH	Troebelheid (NTE)	Chlorofil <i>a</i> ($\mu\text{g/l}$)	SS (mg/l)	Organiese fraksie (%)
3.1	Rouwater	3	5	6	7,67	3,5	22	12	11,1
	Na besinking				7,23	4,8	20	23	18,1
	Na flottasie				7,21	2,6	16	11	19,6
3.2	Rouwater	0	5	6	7,61	3,5	22	14	19,8
	Na flottasie				7,11	3,5	9,6	13	16,1
3.3	Rouwater	3	10	6	7,63	3,5	28	12	16,2
	Na besinking				7,10	5,0	30	25	20,5
	Na flottasie				7,11	2,5	15	15	20,4
3.4	Rouwater	0	10	6	7,66	3,6	27	17	19,4
	Na flottasie				7,03	2,2	13	11	13,1
3.5	Rouwater	3	5	12	7,60	3,5	24	14	19,3
	Na besinking				7,08	5,1	24	26	20,6
	Na flottasie				7,05	2,0	3,3	12	22,3
3.6	Rouwater	0	5	12	7,68	3,5	17	20	19,4
	Na flottasie				7,10	3,5	9,6	12	16,6
3.7	Rouwater	3	10	12	7,60	3,6	24	15	18,8
	Na besinking				7,13	4,6	16	25	21,6
	Na flottasie				7,14	2,3	14	18	22,5
3.8	Rouwater	0	10	12	7,60	3,5	23	16	19,1
	Na flottasie				7,27	2,4	8,1	17	15,3

Die persentasie verwydering van troebelheid, chlorofil *a* en swewende vastestowwe vir die verskillende besinksnelhede, afwaartse snelhede en lughoeveelhede vir flottasie word in Tabel 4.12 gegee (vir lae troebelheid gemengde water).

Algspezie-ontledings is gedoen op monsters wat gedurende lopie 3.4 en 3.5 geneem is van die rouwater, na besinking, en na flottasie. Opsommende resultate hiervan verskyn in Tabel 4.13 en Tabel 4.14. Die spesies wat nie deur besinking of flottasie verwyder is nie verskyn in Tabel 4.15. Volledige resultate hiervan verskyn die bylaag.

Tabel 4.12: Verwydering van troebelheid, chlorofil *a* en sweefstowwe by verskillende besinksnelhede, flottasie afwaartse-snelheid en hersirkulasie-persentasie vir lae-troebelheid gemengde water

Besink-snelheid (m/h)	Af-waartse snelheid (m/h)	Hersirkulasie (%)	Monster	Troebelheid verwydering met die eenheids proses (%)	Totale troebelheid verwydering (%)	Chlorofil <i>a</i> verwydering met die eenheids proses (%)	Totale chlorofil <i>a</i> verwydering (%)	SS verwydering met die eenheids proses (%)	Totale SS verwydering (%)
18,9	5	6	Na besinking Na flottasie	0 45,8	0 25,7	9,1 20,0	9,1 27,3	0 52,2	0 8,3
(*)	5	6	Na flottasie	0	0	56,4	56,4	7,1	7,1
18,9	10	6	Na besinking Na flottasie	0 50,0	0 28,6	0 50,0	0 46,4	0 40,0	0 0
(*)	10	6	Na flottasie	38,9	38,9	51,9	51,9	36,0	36,0
18,9	5	12	Na besinking Na flottasie	0 60,8	0 42,9	0 86,3	0 86,3	0 53,8	0 14,3
(*)	5	12	Na flottasie	0	0	43,5	43,5	40,0	40,0
18,9	10	12	Na besinking Na flottasie	0 50,0	0 36,1	33,3 12,5	33,3 41,7	0 28,0	0 0
(*)	10	12	Na flottasie	31,4	31,4	64,8	64,8	0	0

(*) geen dakkies is gebruik nie, sodat daar effektiewelik geen besinking was nie

Tabel 4.13: Opsommende resultate van algspesie-ontledings op lopie 3.4 vir lae troebelheid gemengde water (Vaalrivier)

	Rouwater	Na flottasie	
	Aantal selle per ml	Aantal selle per ml	% verwydering
Cyanophyceae (Blougroen-alge)	78	99	-
Bacillariophyceae (Diatome)	377	35	90,7
Chlorophyceae (Groenalge)	854	993	-
Chryptophyceae (Goue alge)	27	151	-
Euglenophyceae (Euglenofiete)	32	7	78,1
TOTAAL	1368	1287	5,9

Tabel 4.14: Opsommende resultate van algspesie-ontledings op lopie 3.5 vir lae troebelheid gemengde water (Vaalrivier)

	Rouwater	Na besinking		Na flottasie	
	Aantal selle per m ^l	Aantal selle per m ^l	% verwydering	Aantal selle per m ^l	Totale % verwydering
Cyanophyceae (Blougroen-alge)	0	0	-	1	-
Bacillariophyceae (Diatome)	945	33	96,5	159	83,2
Chlorophyceae (Groenalge)	145	81	44,1	112	22,8
Chryptophyceae (Goue alge)	0	0	-	1	-
Euglenophyceae (Euglenofiete)	24	16	33,3	9	62,5
TOTAAL	1114	130	88,3	281	74,8

Tabel 4.15: Algespesies wat nie deur besinking of flottasie verwyder is nie

Algespesie	Aantal selle per ml voor	Aantal selle per ml na
FLOTTASIE (LOPIE 3.4)		
<u>Diatome</u>		
Microcystis incerta	56	48
Synechococcus cedrorum	22	51
<u>Groenalge</u>		
Sentriese diatome	235	28
Melosira granulata	34	4
Pennaat diatome	108	4
<u>Goue-alg</u>		
Actinastrum hantzschii	20	51
Ankistrodesmus falcatus	7	50
Carteria simplicissima	22	39
Chlamydomonas incerta	228	373
Coelastrum pseudomicroporum	7	2
Crucigenia tetrapedia	12	9
Cruciaheniella rectangularis	0	7
Dictyosphaerium elegans	0	4
Golenkinia radiata	0	4
Kirchneriella sp.	0	11
Monoraphidium circinale	32	61
Oocystis lacustris	54	75
Oocystis marsonii	0	15
Oocystis pusilla	78	81
Phacotus lenticularis	5	15
Quadrigula lacustris	0	7
Scenedesmus acuminatus	59	15
Scenedesmus disciformis	0	44
Scenedesmus lefevrii	54	44
Scenedesmus opoliensis	186	66
Tetraedron mediocris	10	4
Tetrastrum staurogeniaeforme	27	18
<u>Cryptophyceae</u>		
Cryptomonas major	27	151
<u>Dinophyceae</u>		
Sphaerodinium ravumfluvium	0	2
<u>Euglenofiet</u>		
Euglena elastica	0	2
Euglene pusilla	0	2
Tracholomonas intermedia	7	2

Tabel 4.15: Algespesies wat nie deur besinking of flottasie verwyder is nie (vervolg)

Algespesies	Aantal selle per ml voor	Aantal sell per ml na
BESINKING (LOPIE 3.5)		
<u>Diatome</u>		
Cyclotella meneghiniana	694	26
Melosira granulata	248	7
<u>Groenalge</u>		
Chlamydomonas incerta	4	2
Oocystis lacustris	7	10
Scenedesmus acuminatus	44	33
Scenedesmus lefevrii	0	5
Scenedesmus opoliensis var. mononensis	86	31
<u>Euglenofiete</u>		
Strombomonas ovalis	2	2
Trachlomonas intermedia	22	13
FLOTTASIE (LOPIE 3.5)		
<u>Diatome</u>		
Cyclotella meneghiniana	26	81
Melosira granulata	7	67
Pennate diatoms	0	11
<u>Groenalge</u>		
Chlamydomonas incerta	2	12
Oocystis lacustris	10	16
Oocystis marsonii	0	4
Scenedesmus acuminatus	33	35
Scenedesmus intermedius	0	4
Scenedesmus lefevrii	5	8
Scenedesmus opoliensis var. mononensis	31	31
<u>Euglenofiete</u>		
Trachelomonas intermedia	13	8

Hoë-troebelheid gemengde water

Die resultate van toetse in hierdie tydperk word in Tabel 4.16 gegee.

Rouwatergehalte was as volg:	pH	7,42 - 8,54
	Troebelheid	23 - 65 NTE
	Chlorofil <i>a</i>	11,0 - 48,1 µg/l

Die toetsverstellings was as volg:

Chemiese dosering:

Ferrisulfaat (as $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) 20 mg/ℓ

Flottasieparameters:

Opwaartse snelheid 55 m/h

Horisontale snelheid 40 m/h

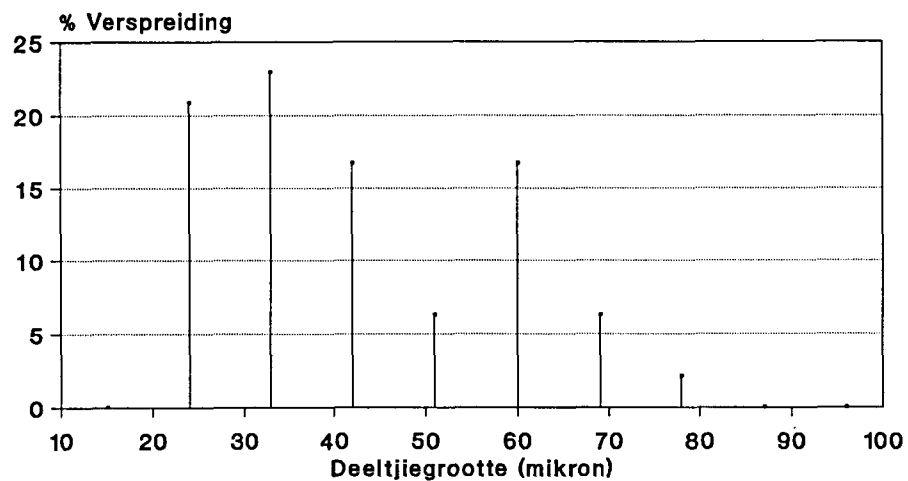
Tabel 4.16: Optimisering van besinksnelheid, flottasie afwaartse-snelheid en hersirkulasiepersentasie vir hoë troebelheid gemengde water

Lopie nr.	Monster	Aantal dakkies	Afwaartse snelheid (m/h)	Hersirkulasie (%)	pH	Troebelheid (NTE)	Chlorofil <i>a</i> (µg/ℓ)	SS (mg/ℓ)
3.9	Rouwater	3	5	6	7,78	23	13,5	15
	Besinking				7,06	21	14,4	15
	Flottasie				6,92	12	6,7	3
3.10	Rouwater	0	5	6	8,01	40	14,9	35
	Flottasie				7,00	19	3,5	5
3.11	Rouwater	3	10	6	8,54	65	37,1	58
	Besinking				6,90	37	26,3	18
	Flottasie				6,85	23	16,3	5
3.12	Rouwater	0	10	6	8,05	43	29,8	47
	Flottasie				7,98	39	20,5	41
3.13	Rouwater	3	5	12	8,03	25	11,6	18
	Besinking				7,58	21	9,3	12
	Flottasie				7,55	10	6,8	2
3.14	Rouwater	0	5	12	7,94	42	11,0	36
	Flottasie				6,89	33	5,2	8
3.15	Rouwater	3	10	12	8,25	36	48,1	32
	Besinking				6,26	30	12,6	16
	Flottasie				6,76	21	9,5	14
3.16	Rouwater	0	10	12	7,42	38	15,8	34
	Flottasie				6,71	14	3,55	36

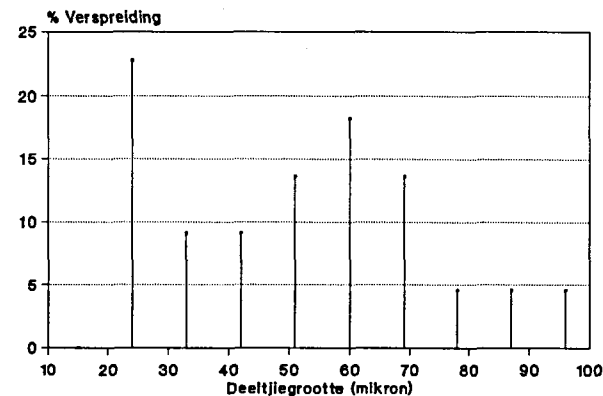
Die persentasie verwydering van troebelheid, chlorofil *a* en swewende vastestowwe vir die verskillende besinksnelhede, afwaartse snelhede en lughoeveelhede vir flottasie word in Tabel 4.17 gegee (vir hoë troebelheid gemengde water).

Deeltjiegrootteverspreidings van lopies 3.10 en 3.15 word in Figure 4.7 en 4.8 onderskeidelik getoon.

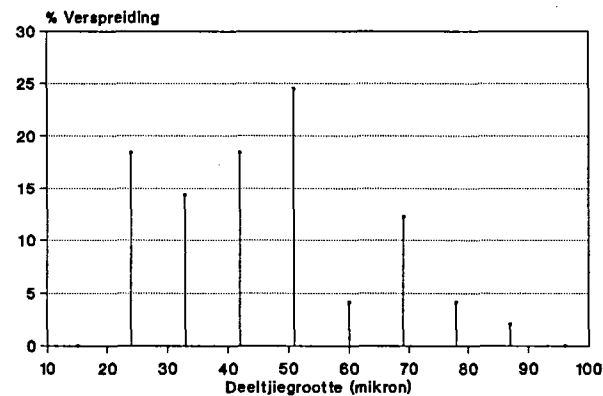
Hoë-Troebelheid Gemengde Water: Roodeplaatdam Rou Water



Na Besinking

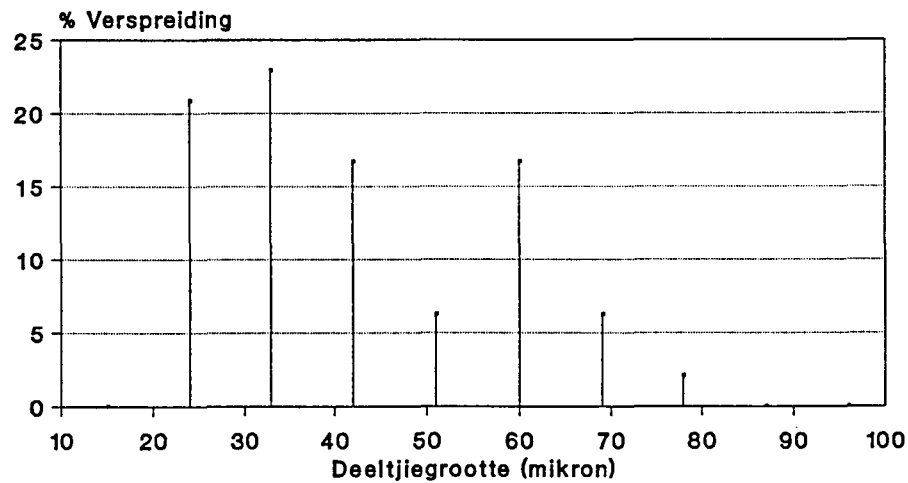


Na Flottasie

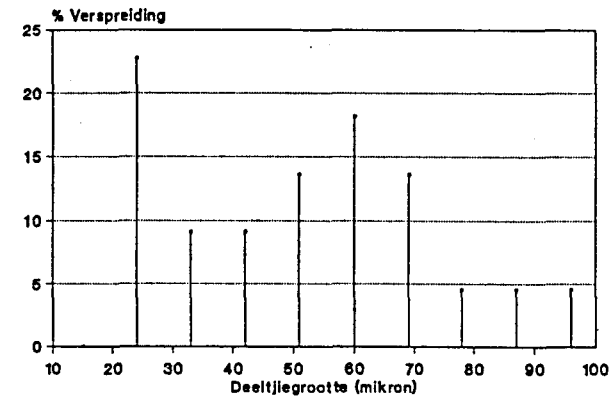


Figuur 4.7: Deeltjiegrootteverspreidings vir lopie 3.10 : hoë-troebelheid gemengde water
(besinksnelheid > > ; flottasie afwaartse snelheid 5 m/h; hersirkulasie 6%)

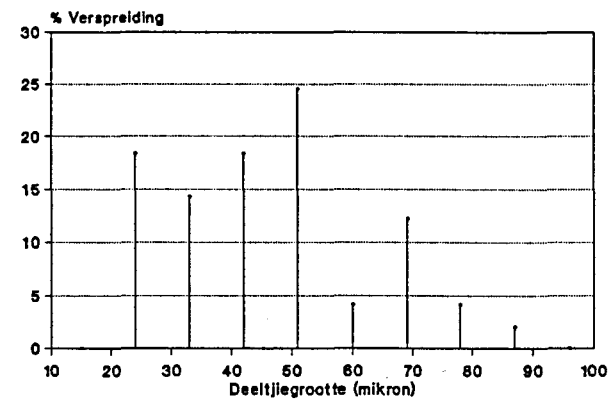
Hoë-Troebelheid Gemengde Water: Roodeplaatdam Rou Water



Na Besinking

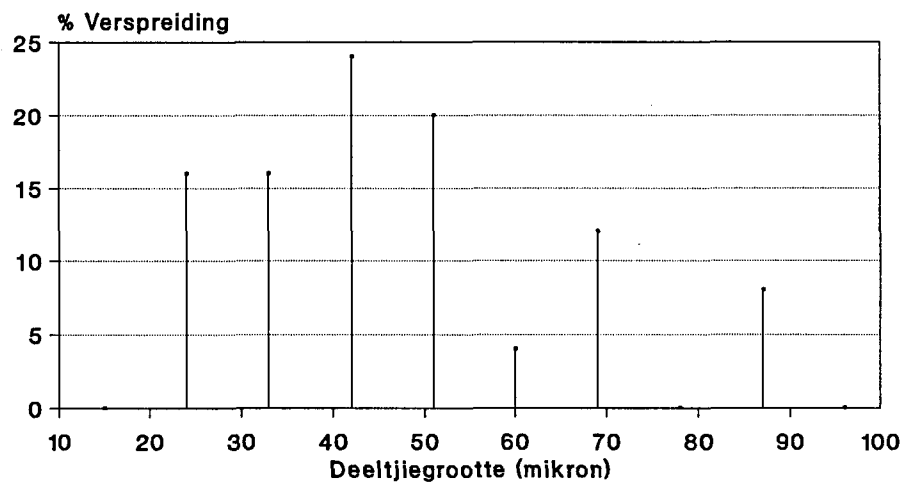


Na Flottasie

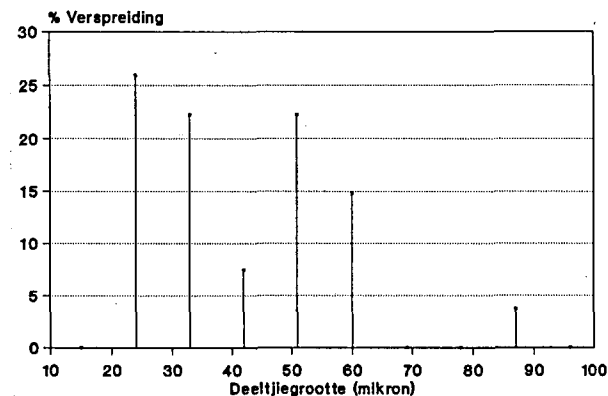


Figuur 4.7: Deeltjiegrootteverspreidings vir lopie 3.10 : hoë-troebelheid gemengde water
(besinksnelheid > > ; flottasie afwaartse snelheid 5 m/h; hersirkulasie 6%)

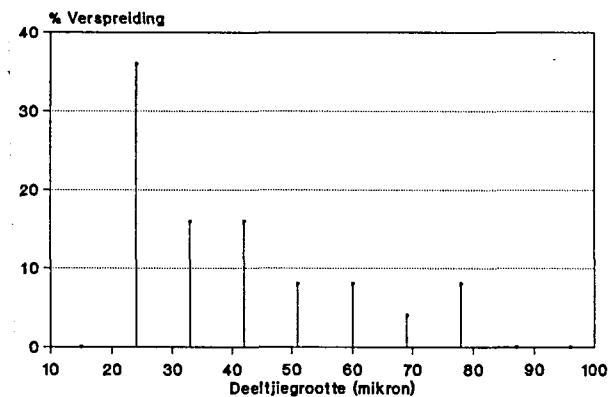
Hoë-Troebelheid Gemengde Water: Roodeplaatdam Rou Water



Na Besinking

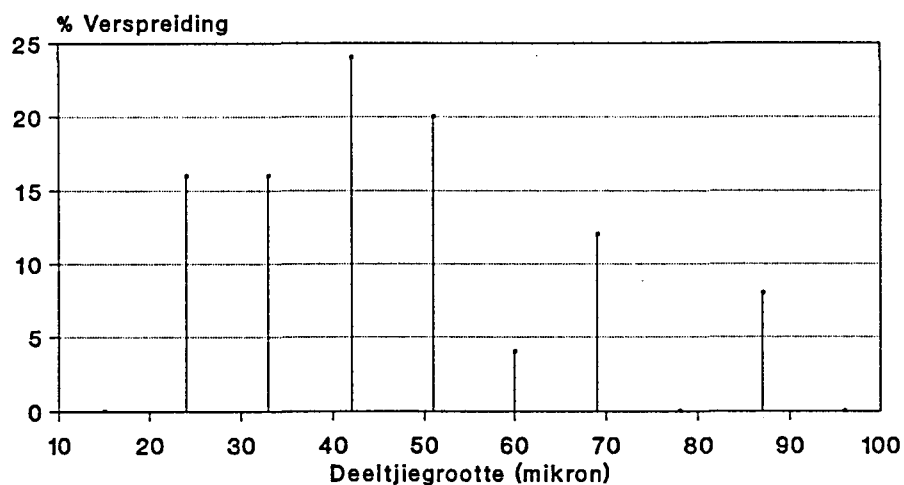


Na Flottasie

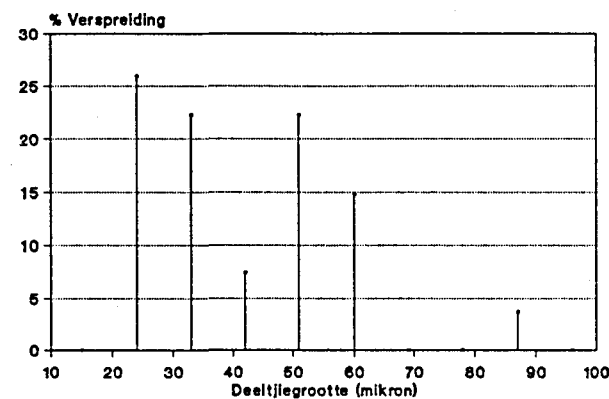


Figuur 4.8: Deeltjiegrootteverspreidings vir lopie 3.15 : hoë-troebelheid gemengde water
(besinksnelheid 18,9 m/h; flottasie afwaartse snelheid 10 m/h; hersirkulasie 12%)

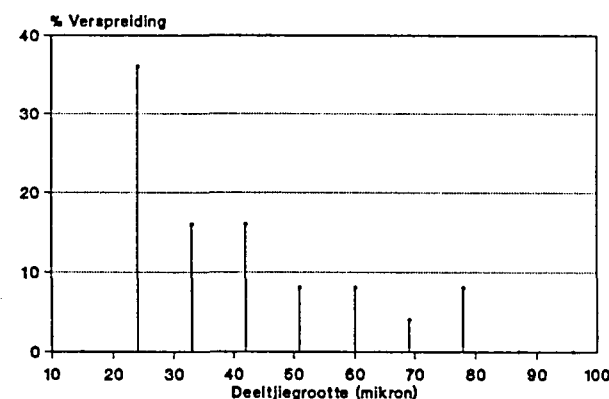
Hoë-Troebelheid Gemengde Water: Roodeplaatdam Rou Water



Na Besinking



Na Flottasie



Figuur 4.8: Deeltjiegrootteverspreidings vir lopie 3.15 : hoë-troebelheid gemengde water
(besinksnelheid 18,9 m/h; flottasie afwaartse snelheid 10 m/h; hersirkulasie 12%)

Tabel 4.17: Verwydering van troebelheid, chlorofil *a* en sweefstowwe by verskillende besinksnelhede, flottasie afwaartse-snelheid en hersirkulasie-persentasie vir hoë-troebelheid gemengde water

Aantal dakkies	Afwaartse snelheid (m/h)	Hersirkulasie (%)	Monster	Troebelheid verwydering met die eenheids proses (%)	Totale troebelheid verwydering (%)	Chlorofil <i>a</i> verwydering met die eenheids proses (%)	Totale chlorofil <i>a</i> verwydering (%)	SS verwydering met die eenheids proses (%)	SS verwydering (%)
3	5	6	Na besinking	8,7	8,7	0	0	11,1	11,1
			Na flottasie	42,9	47,8	53,3	50,3	80,0	83,3
0	5	6	Na flottasie	52,5	52,5	76,5	76,5	85,7	85,7
3	10	6	Na besinking	43,1	43,1	29,1	29,1	69,0	69,0
			Na flottasie	37,8	64,6	38,0	56,1	72,2	91,4
0	10	6	Na flottasie	9,3	9,3	31,2	31,2	12,8	12,8
3	5	12	Na besinking	16,0	16,0	19,8	19,8	33,3	33,3
			Na flottasie	52,4	60,0	26,9	41,4	83,3	88,9
0	5	12	Na flottasie	21,4	21,4	62,7	52,7	77,8	77,8
3	10	12	Na besinking	16,7	16,7	73,8	73,8	50,0	50,0
			Na flottasie	30,0	41,7	24,6	80,2	12,5	56,3
0	10	12	Na flottasie	63,3	63,2	77,5	77,5	0	0

4.4 Bespreking van resultate

4.4.1 Besinksnelheidoptimisering: Hoë-troebelheid water (sien tabel 4.1)

a. Troebelheidverwydering

By die laagste besinksnelheid van 3,4 m/h was die troebelheidverwydering swak (slegs 51,4% verwydering, van 72 NTE tot 35 NTE). Soos te wagte het die troebelheidsverwydering afgeneem met 'n toename in besinksnelheid (35,7% verwydering by 6,6 m/h). By hoër besinksnelhede het die troebelheidsverwydering egter weer toegeneem, en was dit 44,6% by 18,9 m/h besinking.

Die verskillende besinksnelhede het geen noemenswaardige invloed

op troebelheidsverwydering na flottasie gehad nie. Die totale troebelheidsverwydering het gewissel tussen 89 en 92%).

Dit blyk dus, uit hierdie resultate, dat vir hoë-troebelheid water die voorbesinkingsproses weinig invloed op troebelheidverwydering met flottasie het. Hierdie gevolgtrekking is in teenstelling met verwag sou word, nl. dat die doeltreffendheid van die flottasie sou afneem wanneer die troebelheidslading te hoog is, en kan dus nie veralgemeen word nie. Redes vir die teenstellende resultate wat verkry is, is een of meer van die volgende:

- rouwatertroebelhede van 65 -73 NTE is nie werklik hoog nie, en waarskynlik steeds onderkant die punt waar dit 'n daadwerklike invloed op flottasie kan hê
- troebelhede na besinking (35 - 45 NTE) was te laag om 'n oorbelading van die flottasieproses tot gevolg te hê
- die besinkeenheid (Deltastak) is te klein om 'n volskaal-proses doeltreffend te simuleer. Die klein oppervlakarea het tot gevolg dat wand- en teenstromingeffekte voorkom wat meebring dat, alhoewel besinksnelhede oor 'n groot bestek verander kan word, dit inderwaarheid nie soveel verander op die SEDIDAFF nie. Hierdie aspek verklaar waarskynlik ook hoekom daar 'n toename in troebelheidsverwydering was met toename in besinksnelheid van 6,6 tot 18,9 m/h.

b. Algverwydering

Algverwydering na besinking het toeneem met toenemende besinksnelheid, maar het min verander na flottasie soos wat die besinksnelheid verhoog is. Die goeie verwydering van alge in die besinkeenheid (60 - 97%) is waarskynlik te wyte aan die hoë alkonsentrasies in die rouwater (27 - 72 $\mu\text{g}/\ell$)[beter persentasie

verwydering vind plaas indien konsentrasie van inkomende deeltjies/chlorofil *a* hoog is], wat hoër is as die limiet van 15 µg/l wat eintlik moes geld volgens die definisie (in hierdie projek) van hoë-troebelheid waters.

Die resultate dui dus daarop dat voorbesinking min invloed op algverwydering na flottasie het wanneer hoë-troebelheid water behandel word, soos te wagte is.

Uit die algtellings blyk dat besinking by die hoë besinksnelheid van 18,9 m/h (3 dakkies) die totale algtelling van 372 selle per ml verminder het tot 294 selle per ml (21%), en dat flottasie dit verder verminder het tot 5 selle per ml (totale verwydering van 98,7%). Voorbesinking het dus sowat 20% van die alge verwyder, terwyl flottasie so te sê al die oorblywende algselle verwyder het. Opmerklik was dat alhoewel besinking slegs 20% van die totale algselle verwyder het, dit al die blougroenalge verwyder het (wat die dominante spesie in die rouwater was).

Die toename in algselle van voor besinking tot na besinking (m.a.w. skynbare "ontstaan" van algselle binne die besinkeerheid) kan verklaar word aan die hand van monsterneming wat moontlik nie altyd op "propvloeyte" plaasgevind het nie, i.e. monsters moes geneem word op spesifieke tye wat verband hou met die vloeitempo deur die eenheid, om sodoende die propvloeytoestande in ag te neem.

4.4.2 Besinksnelheidoptimalisering : Hoë-alginhoudwater (sien tabel 4.9)

a. Troebelheidsverwydering

Met toename in besinksnelheid het die troebelheidsverwydering afgeneem, behalwe by die hoogste snelheid van 18,9 m/h waar daar

weer 'n skerp toename in troebelheidsverwydering was (van 50,7% tot 74,2%). By 'n baie hoë besinksnelheid (slegs 1 dakkie) was die troebelheidsverwydering egter laag (net 21,2%), soos wat te wagte is. By 6,6 m/h was die rouwater troebelheid baie laag (28 NTE) wat die swak verwydering by hierdie besinksnelheid kan verklaar (slegs 21,4%).

Die swewende-vastestowwe het, soos in die geval van troebelheid, ook 'n aansienlike toename in troebelheidsverwydering van 10,9 m/h na 18,9 m/h getoon (van 28,8% tot 63,3%). Die SS-verwydering was ook laag waar net 1 dakkie gebruik is.

Die troebelheidverwydering na flottasie het ook toegeneem met toenemende besinksnelheid in die Deltastak-eenheid, maar het ook weer verbeter by die hoë besinksnelhede.

Soos in die geval van die hoë-kleitroebelheidwater kan die resultate se afwyking van wat verwag is waarskynlik toegeskryf word aan die grootte van die besinkeenheid en die lae vloei deur die SEDIDAFF eenheid, waarin 'n verskeidenheid skaaleffekte 'n rol kan speel in die hidrouliese gedrag van die opstelling.

b. Algverwydering

Die algverwydering met besinking het toegeneem met toename in besinksnelheid. Dit stem ooreen met wat gevind is waar die hoë-troebelheid water ondersoek is. Alhoewel die twee waters as hoë-troebelheid en hoë-alginhoud geklassifiseer is, het die troebelhede en chlorofil a waardes nie veel van mekaar verskil nie, nl:

Hoë-troebelheid water	:	Troebelheid 65 - 73 NTE
		Chlorofil <i>a</i> 27 - 72 $\mu\text{g}/\ell$

Hoë-alginhoud water : Troebelheid 28 - 26 NTE
Chlorofil *a* 23 - 49 $\mu\text{g}/\ell$

Gevolgtik kan die resultate van hierdie twee stalle toetse met mekaar vergelyk word, maar omvat dit nie die twee ekstreme tipes water waarvoor graag getoets wou word nie; 'n gevolg van die rouwatergehalte waarvan die uitvoering van hierdie projek afhanklik was.

Die swak verwydering van chlorofil *a* met besinking (4,1%) by 'n besinksnelheid van 3,4 m/h is 'n uitskieter en kan 'n analitiese fout wees.

Soos in die geval van die hoë-troebelheidwater het die verhoging in besinksnelheid nie 'n beduidende invloed op algverwydering met flottasie gehad nie.

4.4.3 Flottasie opwaartse-snelheid optimisering : Hoë alginhoud water (sien tabel 4.5)

Vir optimisering van die reaksiesone opwaartse-snelheid en horisontale snelheid in die oorgang van die reaksiesone na die verhelderingsone is slegs flottasie ondersoek. Die geflokkuleerde rouwater is dus direk in die flottasiegedeelte ingevoer.

a. Troebelheidverwydering

Die troebelheidverwydering in die flottasie-eenheid het afgeneem soos wat die opwaartse snelheid in die reaksiesone verhoog het. Hierdie afname was egter nie dramaties nie. Die beste verwydering (79%) is by die laagste opwaartse-snelheid van 40 m/h verkry, maar by 55

m/h, wat gebruik is as opwaartse-snelheid in optimisering van ander veranderlikes, was die troebelheid net effens slegter (73,3%). Dit blyk dus dat, vir die water wat getoets is, verhoging van die opwaartse snelheid slegs 'n geleidelike verswakking in flottasie-doeltreffendheid tot gevolg het, en dat by 'n opwaartse snelheid in die reaksiesone van so hoog as 140 m/h, troebelheidverwydering steeds 67,5% was.

Die tendens word ook ondersteun deur die geleidelike verlaging in swewende vastestowwe verwydering wat verkry is met 'n verhoging in opwaartse-snelheid. Die absolute SS-verwydering was nie so goed soos die troebelheidverwydering nie, maar dit het teen ongeveer dieselfde tempo afgeneem met verhoging in opwaartse-snelheid.

b. Algverwydering

Flottasie het die alge redelik goed verwyder tot chlorofil-vlakke van 22 - 27 $\mu\text{g}/\ell$. Soos in die geval van troebelheidverwydering het 'n verhoging in opwaartse snelheid nie die algverwydering dramaties laat afneem nie. By 55 m/h was die algverwydering trouens effens hoër as by 40 m/h. By 140 m/h is steed goeie algverwydering verkry (74,1%).

Haarhoff en Van Vuuren (1993) beveel 'n minimum opwaartse snelheid van 40 m/h aan vir verheldering met 'n maksimum van 100 m/h. Dit ondersteun dus die bevinding in hierdie studie dat die opwaartse-snelheid nie 'n dramatiese invloed op die doeltreffendheid van flottasie vir die behandeling van 'n hoë-alginhoudwater het nie.

4.4.4. Flottasie horisontale-snelheid ondersoek : Hoë-alginhoudwater

(sien tabel 4.6)

Die horisontale snelheid kon slegs by twee verstellings ondersoek word (beperking van die SEDIDAFF-eenheid). Die troebelheid-verwydering en sweefstowweverwydering het verbeter met verhoging in horisontale snelheid van 40 m/h na 53 m/h. Die algverwydering was goed by 'n horisontale snelheid van 53 m/h (95,2% vermindering in chlorofil *a*). Dit is onbekend of die algverwydering beter of slegter was by 40 m/h, aangesien die betrokke monster verlore geraak het.

Haarhoff en Van Vuuren (1993) beveel vir verheldering 'n minimum horisontale-snelheid van 20 m/h en 'n maksimum snelheid van 100 m/h aan. Dit blyk dus dat horisontale-snelheid, binne perke, nie 'n groot invloed op flottasie-doeltreffendheid het nie. Omdat slegs twee punte ondersoek is kan geen definitiese gevolgtrekking egter gemaak word nie.

4.4.5 Optimisering van flottasieparameters vir lae troebelheid gemengde water

(sien tabel 4.11)

a. Troebelheidverwydering

i. Effek van voorbesinking

In al die gevalle het die troebelheid en SS-konsentrasie toegeneem na besinking by 18,9 m/h. Dit het regdeur voorgekom en in sommige gevalle was die toename aansienlik. Dit kan slegs verklaar word aan die hand van akkumulasie van deeltjies in die Deltastak, of neem van monsters op tye wat nie propvloei in die SEDIDAFF verteenwoordig nie.

Flottasie het die troebelheid verlaag tot sowat 2,0 - 2,5 NTE, en die

SS-konsentrasie tot 11 - 18 mg/l. Met geen voorbesinking was die verwydering van troebelheid en SS met flottasie nog swakker, met finale waardes na flottasie van 2,2 - 3,5 NTE en 11 - 17 mg/l onderskeidelik. Die gebruik van voorbesinking het dus wel beter troebelheidverwydering met flottasie tot gevolg gehad, al was die vir lae troebelhede.

ii. Effek van afwaartse snelheid in verhelderingsone

In drie van die vier gevalle is beter troebelheidsverwydering by die hoër afwaartse snelheid van 10 m/h as by die meer konserwatiewe waarde van 5 m/h verkry.

iii. Effek van hersirkulasie

Soos te wagte is beter troebelheidverwydering by die hoër hersirkulasie van 12% verkry.

b. **Algverwydering**

i. Effek van voorbesinking

Swak besinking van alge in die snelbesinkeenheid het voorgekom. Met flottasie is beter algverwydering verkry in die gevalle waar daar geen voorbesinking was nie. Algverwydering met flottasie, met of sonder voorbesinking, was minder goed as wat te wagte was.

By een lopies met voorbesinking is goeie algverwydering met flottasie verkry (86,3% verwydering van chlorofil *a*). Algspesieontleding het getoon dat 74,8% van die algselle gedurende hierdie lopies met besinking en flottasie verwyder was. Sonder besinking het flottasie slegs 5,9% van die totale alge verwyder; 90,7% van die diatome en 78,1% van die euglenofiete is verwyder, maar die blougroen-, groen- en goue alge het toegeneem na flottasie.

ii. Effek van verhelderingsone afwaartse snelheid

Oor die algemeen het beter algverwydering by die laer afwaartse snelheid voorgekom. Dit is ook bevestig met die algspesieontledings. By 5 m/h was die algverwydering 40 - 86 %, en by 10 m/h kon slegs 40 - 65% verwydering verkry word.

iii. Effek van hersirkulasie

Beter algverwydering is by 12 % hersirkulasie verkry as by 6% hersirkulasie, soos te wagte is. By 6% hersirkulasie kon die chlorofil *a* nie laer as 9,6 $\mu\text{g}/\ell$ verminder word nie. Die algspesieontleding ondersteun ook hierdie bevinding.

4.4.6 Optimisering van flottasieparameters vir hoë troebelheid gemengde water (sien tabel 4.16)

Oor die algemeen is beter verwyderings verkry vir die hoë kleitroebelheid gemengde water as die lae kleitroebelheid gemengde water, alhoewel die totale verwydering steeds nie baie doeltreffend was nie.

a. Troebelheidsverwydering

i. Effek van voorbesinking

Besinking alleen teen 18,9 m/h het nie goeie troebelheidsverwydering gegee nie (8,7 - 43,1% verwydering). Troebelheidsverwydering na flottasie by hierdie besinksnelheid het gewissel tussen 41,7 en 64,6%. Troebelheidverwydering met flottasie sonder voorbesinking het baie gewissel, maar was oor die algemeen swakker as wanneer voorbesinking toegepas is.

ii. Effek van verhelderingsone afwaartse snelheid

Vir die gevalle waar voorbesinking toegepas is, het beter troebelheidverwydering by die hoër afwaartse snelheid van 10 m/h voorgekom. Vir beide gevalle was die rouwater-troebelheid egter hoër, met gevolglike hoër-troebelheid na besinking, wat aanleiding kon gee tot hoër persentasies troebelheidverwydering.

Waar geen voorbesinking plaasgevind het voor flottasie nie was troebelheidverwydering heelwat beter by 5 m/h teen 'n hersirkulasie van 6%. By 12% hersirkulasie was die troebelheidverwydering weer aansienlik beter by 10 m/h. Aangesien die rouwatertroebelhede naastenby dieselfde was blyk dit dat indien genoeg lug ingevoer word, hoër snelhede in die verhelderingsone toegepas kan word wonder dat dit die gehalte van die finale water nadelig beïnvloed.

iii. Effek van hersirkulasie

Beter troebelheidverwydering is by die hoër hersirkulasie van 12% verkry. In die geval waar swakker troebelheidverwydering met hoër hersirkulasie verkry is was die rouwatertroebelheid laer.

b. **Algverwydering**

i. Effek van voorbesinking

By 5 m/h het die afwesigheid van voorbesinking swakker algverwydering tot gevolg gehad, maar by 10 m/h was die algverwydering weer beter waar voorbesinking toegepas is. Chlorofil *a* verwyderings het baie gewissel, en die laagste waarde wat na flottasie verkry kon word was 3,5 $\mu\text{g/l}$.

ii. Effek van verhelderingsone afwaartse-snelheid

Oor die algemeen is goeie algverwydering by 10 m/h verkry wanneer daar genoeg lug beskikbaar is (12% hersirkulasie). By 6% hersirkulasie was die algverwydering by 10 m/h ongeveer dieselfde as by 5 m/h.

iii. Effek van hersirkulasie

Met een uitsondering is beter algverwydering verkry by 6% hersirkulasie as by 12% hersirkulasie. Dit is in teenstelling met wat verwag sou word indien meer lug beskikbaar is vir flottasie. 'n Moontlike verklaring is dat die hoë-hersirkulasie die dryflaag kan versteur en dat "bolle" skuim dan in die verhelderingsone kan beland en hoër chlorofil *a* in die finale water tot gevolg kan hê.

HOOFSTUK 5

OPSOMMING, GEVOLGTREKKINGS EN AANBEVELINGS VIR VERDERE STUDIES

5.1 Opsomming

Loodsskaalstudies is op eutrofe waters uitgevoer met 'n loodsskaaleenheid wat die eenheidsprosesse sedimentasie-flottasie-filtrasie kombineer in 'n kompakte eenheid. Toetse is gedoen op eutrofe water in die Middel-Vaalrivier (by Wes-Transvaal Streekswatermaatskappy) en by die Roodeplaatdam. Daar is gepoog om al die verskillende rouwatergehaltes wat met eutrofikasie verband hou te dek met die ondersoek, en hiervoor is die rouwater geklassifiseer as hoë-troebelheid, hoë-alginhoud, lae-troebelheid gemengde water en hoë-troebelheid gemengde water. Ongelukkig kon daar, selfs na 'n twee jaar verlenging in die projek, nie al die watergehaltes verkry word presies volgens die verlangde klassifikasie nie, en het die kleitroebelhede en chlorofil *a* waardes in sommige gevalle die grense oorskry. Nietemin is al die toetslopieë volgens die eksperimentele ontwerp uitgevoer.

In die loodsskaaltoetse is die volgende aspekte ondersoek:

- effek van voorbesinking op die doeltreffendheid van flottasie, beide vir hoë-troebelheid water en vir hoë-alginhoud water
- effek van reaksiesone opwaartse snelheid, en horisontale snelheid in die oorgang van die reaksiesone na die verhelderingsone, op flottasie-doeltreffendheid
- invloed van veranderinge in voorbesinksnelheid, verhelderingsone afwaartse snelheid en hersirkulasieverhouding op die doeltreffendheid van flottasie
- doeltreffendheid van die snelbesinkeenheid vir troebelheid- en algverwydering.

5.2 Gevolgtrekkings

Die ondersoek het getoon dat opgeloste-lugflottasie beide die troebelheid en chlorofil *a* in 'n verskeidenheid rouwatergehaltes doeltreffend kan verwyder. Troebelhede van tot 76 NTE kon steeds deur die DAF-proses verwyder word. Chlorofil *a* waardes van tot 135 $\mu\text{g}/\ell$ kon ook, in sommige gevalle, tot aanvaarbare vlakke ($< 20 \mu\text{g}/\ell$) met flottasie verwyder word. Hoër waardes van kleitroebelheid en chlorofil *a* is nie in die rouwater aangetref nie, met die gevolg dat die troebelheid afsnypunt waar probleme met flottasie verwag kan word nie in hierdie ondersoek vasgestel kon word nie.

Dit is ook duidelik dat die snelbesinkeenheid op die SEDIDAFF te klein is om goeie besinking van sweefstowwe of troebelheid te lewer, en dat skaal- en stromingseffekte gelei het tot onreëlmatigheid in die resultate wat verkry is. Verder het die lae vloei in die eenheid en klein area van die Deltastak ook daartoe gelei dat 'n akkummulasie van partikels in die dakkies en pype voorgekom het wat dan later weer losgekom en die resultate beïnvloed het. Geen stawende gevolgtrekkings kan dus gemaak word oor die mate waartoe voorbesinking voor flottasie die doeltreffendheid van DAF kan verbeter nie, of tot watter besinksnelhede die skuinsplaat besinkeenheid steeds doeltreffend funksioneer vir troebelheidsverwydering nie.

Die reaksiesone opwaartse snelheid het, tussen die grense waarby dit getoets is, nie 'n groot invloed op flottasie doeltreffendheid gehad nie. Die horisontale snelheid het by 56 m/h nog geen nadelige invloed op flottasie gehad nie.

Dit blyk dat by 'n hersirkulasie van 12% beter troebelheid- en algverwydering verkry is by 'n afwaartse snelheid in die verhelderingsone van 10 m/h as by 5 m/h. Dit kan toegeskryf word aan vloeioptrone in die loodsskaaleenheid.

Die studie het getoon dat daar ernstige beperkinge is met die gebruik van 'n klein loodsskaaleenheid, en in besonder hierdie spesifieke eenheid, om tot enige mate van akkuraatheid ontwerpparameters daar te stel vir die behandeling van 'n rouwaterbron. Ten einde skaaleffekte te oorkom is dit nodig dat die loodseenheid hoër vloei moet kan hanteer. Die toepassing van 'n klein loodseenheid lê daarin dat dit kan bepaal of 'n proses met sukses gebruik kan word om 'n bepaalde water of uitvloeisel te behandel, maar nie om ontwerpparameters vas te stel wat gebruik kan word in ontwerpriglyne nie. In die geval van die SEDIDAFF het die eenheid die volgende ontwerptekortkominge gehad: onvoldoende flokkulasie; te min dakkies vir bevredigende besinking; en die loodseenheid was te nou.

Waarskynlik die grootste probleem wat ondervind is en wat gelei het tot die wisselvalligheid in resultate is die verandering in rouwatergehalte gedurende toetse. Selfs gedurende 'n toetslopie het die rouwatergehalte drasties verander. Sulke veranderinge sou noodsaak dat langtermyn-toetswerk nodig sou wees en dat die toetslopie ten minste gedupliseer word om die resultate enigsins te verifieer. Sodanige uitgebreide toetse was buite die bestek van hierdie studie.

5.3 Aanbevelings vir verdere studies

Ten einde te kan bepaal wat die troebelheidsnypunt is waarby verwag kan word dat hoër troebelhede die doeltreffendheid van 'n stroomaf flottasieproses nadelig sal beïnvloed, is dit nodig dat 'n soortgelyke loodsskaal- en/of volskaalondersoek uitgevoer word, maar met die volgende wysigings:

- gebruik van 'n flokkulasie-eenheid wat voldoende vlokvorming verseker
- gebruik van konvensionele besinking eerder as snelbesinking
- verlengde toetstydperk om te verseker dat al die verlangde rouwatergehaltes aangetref word.

---oOo---

LITERATUURVERWYSINGS

ANON (1984) Effluent management : UF system demonstrated. SA Waterbulletin, August 1984 4-5.

ANON (1986) Optimization of flocculation/flotation in chemical wastewater treatment. In : Proceedings of the 13th Biennial International Conference on Water Pollution Research and Control, 1986, Rio de Janeiro : IAWPRC, 1-13.

BERNSTEIN, M, VAN VUUREN, LRJ & BOTES, V (1985) Pilot and full-scale applications of DAF technology to treat eutrophic waters from Lake Nsese. In : Conference Institute of Water Pollution Control, 1985, Parhurst : IWPC, 1-9.

BLOMMAERT, MC, MUS, I & JANSSENS, JG (1990) Optimizing dissolved-air flotation through velocity of rise measurements. Poster presented at the IWSA/IAWPRC Joint Specialised Conference on Coagulation, Flocculation, Sedimentation and Flotation, 1990, Jönköping (Sweden).

BOTES, V & VAN VUUREN, LRJ (1990) Dissolved air flotation for the removal of algae and inorganic turbidity on large scale. *Water supply*, 8 133-139.

BRATBY, JR & MARAIS, GvR (1973) Dissolved air flotation. *Filtration and Separation*, Nov/Des 1974, 614-624.

BRATBY, JR & MARAIS, GvR (1975a) Dissolved air (pressure) flotation - an evaluation of inter-relationships between process variables and their optimisation for design. *Water SA*, July 1975, 57-69.

BRATBY, JR & MARAIS, GvR (1975b) Saturator performance in dissolved-air

(pressure) flotation. *Water Research*, **9** 929-936.

DE WET, FJ (1980) Flotation of algal waters. Paper presented at a meeting of the Institute of Water Pollution Control, 1980, SA, Pretoria : IWPC, 1-28.

DE WET, FJ, & VAN VUUREN, LRJ (1980) Investigation into the reclamation of sewage effluent for reuse at the Kloof mine. Pretoria : CSIR, NEWR, 1-42 (Contract Report).

EDZWALD, JK, MALLEY, JP & YU, C (1990) Conceptual model for dissolved air flotation in water treatment. *Water Supply*, **8** 141-150.

EDZWALD, JK, WINGLER, BJ (1990) Chemical and physical aspects of dissolved air flotation for the removal of algae. *Aqua*, **39** 24-35.

ETTELT, GA (1964) Activated sludge thickening by dissolved air flotation. In : *Proceedings 19th Industrial Waste Conference*, 1964, Purdue University : IWC, **117** 210-244.

GEHR, R & HENRY, JG (1980) Assessing flotation behaviour of different types of sewage suspensions. *Prog Water Technology*, **12** 1-21.

GEHR, R, SWARTZ, CD & OFFRINGA, G (1991) Dissolved air flotation for the pretreatment of eutrophied surface water for potable use. WRC Final Report No 202/1/91.

HAARHOF, J (1988) Opgeloste lugflottasie bespaar Pretoria miljoene. *SA Waterbulletin*, **14**(5) 6-8.

HAARHOFF, J & FOUCHE, L (1989) Evaluation of combined flotation/filtration at Rietvlei water treatment plant. In : *Paper presented at the WISA 1st Biennial Conference and Exhibition*, Cape Town, 30 March.

HYDE, RA (1975) Water clarification by flotation : design and experimental studies on a dissolved-air flotation pilot plant treating 8,2 m³/h of river Thames water. WRc, Technical Report TR 13, 1-34.

KITCHENER, JA & GOCHIN, RJ (1981) The mechanism of dissolved air flotation for potable water: basic analysis and a proposal. *Water Research*, 15(5) 585-590.

LANGENEGGER, O (1985) New developments in flotation for drinking water. In : *Paper presented at the Symposium on recent developments in drinking water purification*, Pretoria, 30 September.

LONGHURST, SJ & GRAHAM, NJD (1987) Dissolved air flotation for potable water treatment : A survey of operational units in Great Britain. *Public Health Engineer*, 14(6) 71-76.

MADDOCK, JEL & TOMLINSON, EJ (1980) The clarification of effluent from an activated-sludge plant using dissolved-air flotation. *Water Pollution Control*, 79(1) 117-125.

OFFRINGA, G & VAN VUUREN, LRJ (1987) Treatment of eutrophic waters. In : *Paper presented at the Symposium on Hartbeespoort Dam: Quo Vadis?*. Pretoria, 1 September.

PACKHAM, RF & RICHARDS, WN (1975b) Water clarification by flotation - 3. Marlow:WRc, Technical Report TR 2.

PILKINGTON, N & VAN VUUREN, LRJ (1981) Formation of trihalomethanes during chlorination of algae-laden surface waters. In : *Paper presented at the Australian Water and Wastewater Association Conference*, Perth, April.

REES, AJ, RODMAN, DJ & ZABEL, TF (1980b) Operating experiences with dissolved air flotation on various raw waters. *Aqua*, 8 170-177.

REES, AJ, RODMAN, DJ & ZABEL, TF (1979) Water Clarification by Flotation. *Technical Report TR 114, Water Research Centre, Medmenham, UK.*

ROSEN, B & MORSE, JJ (1976) Practical experience with dissolved air flotation on various waters in Sweden and Finland. In : *Water Research Centre Conference, Felixstowe. Flotation for Water and Wastewater Treatment*, 1977, Marlow : WRc, 318-338.

STOCK, PF (1976) The Flocculation process : Investigations and results obtained by treating river and well water for potable supply. In : *Water Research Centre Conference, Felixstowe. Flotation for Water and Wastewater Treatment*, 1977, Marlow : WRc, 349-416.

VAN VUUREN, LRJ, PRINSLOO, J & DE WET, FJ (1983) Pilot-scale studies for the treatment of eutrophied water by dissolved air flotation\filtration. Australian Water and Wastewater Association, 14.1-14.10.

VAN VUUREN,LRJ & OFFRINGA, G (1985) Production of potable supplies from algae-laden waters. In : *Proceedings of Symposium on the Impact of Phosphate on South African Waters*, 1985, Pretoria : CSIR, 1-17.

VOSLOO, PBB, WILLIAMS, PG & RADEMAN, RG (1985) Pilot and full-scale investigations on the use of combined dissolved air flotation and filtration (DAFF) for water treatment. In : *Biennial Conference and Exhibition of the Institute of Water Pollution Control*, 1985, SA Branch, Durban : IWPC, 1 1-12.

VABLIK, ER (1959) Fundamental principles of dissolved-air flotation of industrial wastes. In : *Proceedings 14th Industrial Waste Conference*, 1959, Purdue University : IWC, 743-779.

WILLIAMS, PG & VAN VUUREN, LRJ (1984) *Windhoek Water Reclamation Plant Process Design for Dissolved Air Flotation*. Pretoria : CSIR, NEWR, 1-20.

WILLIAMS, PG & VAN VUUREN, LRJ & VAN DER MERWE, PJ (1985) Dissolved air flotation upgrades a conventional plant treating eutrophic water. In : *Proceedings 11th International Convention of the Australian Water and Wastewater Association*, 1985, Melbourne : AWWA, 189-196.

ZABEL, T (1978) In : *Proceedings of the 12th Congress of the International Water Supply Association*, 1978, London : IWSA, PF1-PF10.

ZABEL, TF & HYDE, RA (1976) Factors influencing dissolved air flotation as applied to water clarification. In : *Water Research Centre Conference, Felixstowe. Flotation for Water and Wastewater Treatment*, 1977, Marlow : WRc, 180-218.

ZABEL, TF & MELBOURNE, JD (1980) *Developments in water treatment*. Chapter 6, 140-191. Edited by WM Lewis.

DWT-WTMRWC PROJECT OF THE WATER RESEARCH COMMISSION

SPECIES LIST OF ALGAE IDENTIFIED IN THE DIFFERENT SAMPLES

18 JULY: RIVER WATER, 7.15 AM:
(Test Tube)

BACILLARIOPHYCEAE (Diatoms)
Melosira granulata, Pennate diatoms.

CHLOROPHYCEAE (Green Algae)
Carteria simplicissima, *Chlamydomonas incerta*, *Monoraphidium arcuatum*, *Monoraphidium circinale*, *Oocystis lacustris*, *Scenedesmus acuminatus*, *Scenedesmus lefevrii*, *Scenedesmus opoliensis* var. *mononensis*, *Scenedesmus opoliensis* var. *polycostatus*.

RAW WATER; RUN 1.5; 1 ML FORMALIN; EXPERIMENTAL SET ONE;
SAMPLE NO 1:
(Our no 1)

CYANOPHYCEAE (Bluegreen algae)
Oscillatoria simplicissima.

BACILLARIOPHYCEAE (Diatoms)
Cyclotella meneghiniana, *Melosira granulata*.

CHLOROPHYCEAE (Green algae)
Chlamydomonas incerta, *Crusigenia tetrapedia*, *Monoraphidium arcuatum*, *Oocystis lacustris*, *Pediastrum simplex*, *Scenedesmus lefevrii*, *Scenedesmus opoliensis* var. *mononensis*, *Scenedesmus opoliensis* var. *polycostatus*.

EUGLENOPHYCEAE (Euglenophytes)
Strombomonas fluviatilis, *Strombomonas lanceolata*, *Strombomonas ovalis*, *Trachelomonas intermedia*, *Trachelomonas scabra*.
Many suspended fungus filaments and spores observed in the sample.

AFTER SEDIMENTATION; RUN 1.5; 1 ML FORMALIN; EXPERIMENTAL SET ONE;
SAMPLE NO 2:
(Our no 2)

CYANOPHYCEAE (Bluegreen algae)
Oscillatoria simplicissima.

BACILLARIOPHYCEAE (diatoms)

Cyclotella meneghiniana, *Melosira granulata*, Pennate diatoms.

CHLOROPHYCEAE (Green algae)

Chlamydomonas incerta, *Chlorococcum infusionum*, *Coelastrum pseudomicroporum*, *Crusigenia tetrapedia*, *Monoraphidium arcuatum*, *Oocystis lacustris*, *Scenedesmus acuminatus*, *Scenedesmus lefevrii*, *Scenedesmus opoliensis* var. *mononensis*.

EUGLENOPHYCEAE (Euglenophytes)

Strombomonas fluviatilis, *Trachelomonas intermedia*.

AFTER FLOTATION (SEDIDAF); RUN 1.5; 1 ML FORMALIN; EXPERIMENTAL SET ONE

(Our no 3)

CYANOPHYCEAE (Blue green algae)

Oscillatoria simplicissima.

BACILLARIOPHYCEAE (Diatoms)

Melosira granulata.

RAW WATER; 26/4/91; 1 ML FORMALIN; EXPERIMENTAL SET 3

(Our no 4)

BACILLARIOPHYCEAE (Diatoms)

Cyclotella meneghiniana, *Melosira granulata*, Pennate diatoms.

CHLOROPHYCEAE (Green algae)

Chlamydomonas incerta, *Monoraphidium arcuatum*, *Oocystis lacustris*, *Pediastrum simplex*, *Scenedesmus acuminatus*, *Scenedesmus lefevrii*, *Scenedesmus opoliensis* var. *mononensis*.

EUGLENOPHYCEAE (Euglenophytes)

Strombomonas ovalis, *Trachelomonas intermedia*.

AFTER SEDIMENTATION; 26/4/91; 1 ML FORMALIN; EXPERIMENTAL SET 3; RUN 3.3; 10% RECIRCULATION; 5 m/h DOWNWARD VELOCITY

(Our no 5)

BACILLARIOPHYCEAE (Diatoms)

Cyclotella meneghiniana, *Melosira granulata*.

CHLOROPHYCEAE (Green algae)

Chlamydomonas incerta, *Monoraphidium arcuatum*, *Oocystis lacustris*, *Scenedesmus acuminatus*, *Scenedesmus lefevrii*, *Scenedesmus opoliensis* var. *mononensis*.

EUGLENOPHYCEAE (Euglenophytes)

Strombomonas fluviatilis, *Strombomonas ovalis*, *Trachelomonas intermedia*.

**AFTER FLOATATION; 26/4/91; 1 ML FORMALIN; EXPERIMENTAL SET 3; RUN 3.3;
10% RECIRCULATION; 5 m/h DOWNWARD VELOCITY
(Our no 6).**

CYANOPHYCEAE (Bluegreen algae)

Oscillatoria simplicissima.

BACILLARIOPHYCEAE (Diatoms)

Cyclotella meneghiniana, *Melosira granulata*, Pennate diatoms.

CHLOROPHYCEAE (Green algae)

Chlamydomonas incerta, *Monoraphidium arcuatum*, *Oocystis lacustris*, *Oocystis marsonii*, *Scenedesmus acuminatus*, *Scenedesmus intermedius*, *Scenedesmus lefevrii*, *Scenedesmus opoliensis* var. *mononensis*, *Tetrastrum staurogeniaeforme*.

CHRYSTOPHYCEAE (Golden algae)

Mallomonas sp, *Mallomonopsis* sp.

EUGLENOPHYCEAE (Euglenophytes)

Trachelomonas intermedia, *Trachelomonas scabra*.



PROFESSOR AJH PIETERSE

Department of Botany and Genetics,
University of the Orange Free State
Bloemfontein, 9330

DATE

DWT-WT_WWC PROJECT OF THE WATER RESEARCH COMMISSION
 CONCENTRATION AND PER CENT COMPOSITION OF ALGAL ASSEMBLAGES IN THE DIFFERENT SAMPLES

	(Our no 1)		(Our no 2)		(Our no 3)	
	Raw water		After sedimentat		After flotation	
	Run 1.5		Run 1.5		(SEDIDAF)	
	Exper. set 1		Exper. set 1		Run 1.5	
	Sample no. 1		Sample no. 2		Exper. set 1	
	Cells /ml	% Comp	Cells /ml	% Comp	Cells /ml	% Comp
CYANOPHYCEAE (Bluegreen algae)						
Oscillatoria simplicissima	140	37.7			1	16.7
BACILLARIOPHYCEAE (Diatoms)						
Cyclotella meneghiniana	69	18.4	64	21.7		
Melosira granulata	13	3.5	64	21.7	4	83.3
Pennate diatoms			5	1.7		
CHLOROPHYCEAE (Green algae)						
Chlamydomonas incerta	7	1.8	10	3.3		
Chlorococcum infusionum			5	1.7		
Coelastrum pseudomicroporum			5	1.7		
Monoraphidium arcuatum			5	1.7		
Oocystis lacustris	10	2.6	10	3.3		
Oocystis marsonii						
Pediastrum simplex						
Scenedesmus acuminatus			20	6.7		
Scenedesmus intermedius						
Scenedesmus lefevrii	13	3.5	29	10.0		
Scenedesmus opoliensis var. mononensis	46	12.3	64	21.7		
Scenedesmus opoliensis var. polycostatus	13	3.5				
Tetrastrum staurogeniaeforme						
CHRYSOPHYCEAE (Golden algae)						
Chrysophyte spp.						
EUGLENOPHYCEAE (Euglenophytes)						
Strombomonas fluvialis	26	7.0	5	1.7		
Strombomonas ovalis	3	0.9				
Trachelomonas intermedia	26	7.0	10	3.3		
Trachelomonas scabra	7	1.8				
GRAND TOTAL (Cells/ml)	372	100.0	294	100.0	5	100.0
Total Cyanophyceae	140	37.7			1	16.7
Total Bacillariophyceae	82	21.9	132	45.0	4	83.3
Total Chlorophyceae	88	23.7	147	50.0		
Total Chrysophyceae						
Total Euglenophyceae	62	16.7	15	5.0		
GRAND TOTAL (Cells/ml)	372	100.0	294	100.0	5	100.0
No of Cyanophyceae species	1	8.3			1	50.0
No of Bacillariophyceae species	2	16.7	3	23.1	1	50.0
No of Chlorophyceae species	5	41.7	8	61.5		
No of Chrysophyceae species						
No of Euglenophyceae species	4	33.3	2	15.4		
TOTAL NO OF SPESIES	12	100.0	13	100.0	2	100.0

DWT-WTIVWC PROJECT OF THE WATER RESEARCH COMMISSION

CONCENTRATION AND PER CENT COMPOSITION OF ALGAL ASSEMBLAGES IN THE DIFFERENT SAMPLES

	(Our no 4) Raw water 26/4/91 Exper. set 3		(Our no 5) After sedimentat 26/4/91 Exper. set 3 Run 3.3 10% recirculation 5 m/h dwnwrld velo		(Our no 6) After flotation 26/4/91 Exper. set 3 Run 3.3 10% recirculation 5 m/h dwnwrld velo	
	Cells /ml	% Comp	Cells /ml	% Comp	Cells /ml	% Comp
CYANOPHYCEAE (Bluegreen algae)						
Oscillatoria simplicissima					1	0.3
BACILLARIOPHYCEAE (Diatoms)						
Cyclotella meneghiniana	694	62.3	26	20.1	81	28.9
Melosira granulata	248	22.2	7	5.0	67	23.7
Pennate diatoms	4	0.3			11	3.8
CHLOROPHYCEAE (Green algae)						
Chlamydomonas incerta	4	0.3	2	1.3	12	4.2
Chlorococcum infusionum						
Coelastrum pseudomicroporum						
Monoraphidium arcuatum	2	0.2	1	0.6	1	0.3
Oocystis lacustris	7	0.7	10	7.5	16	5.6
Oocystis marsonii					4	1.4
Pediastrum simplex	2	0.2				
Scenedesmus acuminatus	44	4.0	33	25.2	35	12.5
Scenedesmus intermedius					4	1.4
Scenedesmus lefevrii			5	3.8	8	2.8
Scenedesmus opoliensis var. mononensis	86	7.7	31	23.9	31	11.1
Scenedesmus opoliensis var. polycostatus						
Tetrastrum staurogeniaeforme					1	0.3
CHRYSTOPHYCEAE (Golden algae)						
Chrysophyte spp.					1	0.3
EUGLENOPHYCEAE (Euglenophytes)						
Strombomonas fluviatilis			1	0.6		
Strombomonas ovalis	2	0.2	2	1.9		
Trachelomonas intermedia	22	2.0	13	10.1	8	2.8
Trachelomonas scabra					1	0.3
GRAND TOTAL (Cells/ml)	1114	100.0	130	100.0	281	100.0
Total Cyanophyceae					1	0.3
Total Bacillariophyceae	945	84.8	33	25.2	159	56.4
Total Chlorophyceae	145	13.0	81	62.3	112	39.7
Total Chrysophyceae					1	0.3
Total Euglenophyceae	24	2.1	16	12.6	9	3.1
GRAND TOTAL (Cells/ml)	1114	100.0	130	100.0	281	100.0
No of Cyanophyceae species					1	6.3
No of Bacillariophyceae species	3	27.3	2	18.2	3	18.8
No of Chlorophyceae species	6	54.5	6	54.5	9	56.3
No of Chrysophyceae species					1	6.3
No of Euglenophyceae species	2	18.2	3	27.3	2	12.5
TOTAL NO OF SPESIES	11	100.0	11	100.0	16	100.0

STILFONTEIN

	3.4 ROU Selle /ml	% Same	3.4 NA FLOT. Selle /ml	% Same
CYANOPHYCEAE				
Microcystis incerta	56	4.1	48	3.7
Synechococcus cedrorum	22	1.6	51	4.0
BACILLARIOPHYCEAE				
Sentriese diatome	235	17.2	28	2.1
Melosira granulata	34	2.5	4	0.3
Pennaat diatome	108	7.9	4	0.3
CHLOROPHYCEAE				
Actinastrum hantzschii	20	1.4	51	4.0
Ankistrodesmus falcatus	7	0.5	50	3.9
Ankistrodesmus stipitatus	2	0.2		
Carteria simplicissima	22	1.6	39	3.0
Chlamydomonas incerta	228	16.6	373	29.0
Coelastrum pseudomicroporum	7	0.5	2	0.1
Crucigenia tetrapedia	12	0.9	9	0.7
Crucigeniella rectangularis			7	0.6
Dictyosphaerium elegans			4	0.3
Golenkinia radiata			4	0.3
Kirchneriella sp.			11	0.9
Micractinium pusillum	2	0.2		
Monoraphidium arcuatum	2	0.2		
Monoraphidium circinale	32	2.3	61	4.7
Monoraphidium griffithii	10	0.7		
Oocystis lacustris	54	3.9	75	5.8
Oocystis marsonii			15	1.1
Oocystis pusilla	78	5.7	81	6.3
Pediastrum duplex	2	0.2		
Pediastrum simplex	10	0.7		
Pediastrum tetras	10	0.7		
Phacotus lenticularis	5	0.4	15	1.1
Quadrigula lacustris			7	0.6
Scenedesmus acuminatus	59	4.3	15	1.1
Scenedesmus disciformis			44	3.4
Scenedesmus dispar	10	0.7		
Scenedesmus lefevrii	54	3.9	44	3.4
Scenedesmus opoliensis	186	13.6	66	5.1
Tetraedron mediocris	10	0.7	4	0.3
Tetrastrum heteracanthum	?	0.2		
Tetrastrum staurogeniaeforme	27	2.0	18	1.4
Thorakomonas feldmanii	2	0.2		
CRYPTOPHYCEAE				
Cryptomonas major	27	2.0	151	11.7
DINOPHYCEAE				
Sphaerodinium ravumfluvium			2	0.1

EUGLENOPHYCEAE				
Euglena elastica			2	0.1
Euglena oblonga	2	0.2		
Euglena pusilla			2	0.1
Lepocynclis salina			2	0.1
Strombomonas fluviatilis	17	1.3		
Strombomonas ovalis	5	0.4		
Tracholomonas intermedia	7	0.5	2	0.1
TOTAAL Cyanophyceae	78	5.7	99	7.7
TOTAAL Bacillariophyceae	377	27.5	35	2.7
TOTAAL Chlorophyceae	854	62.4	993	77.2
TOTAAL Cryptophyceae	27	2.0	151	11.7
TOTAAL Dinophyceae			2	0.1
TOTAAL Euglenophyceae	32	2.3	7	0.6
GROOTTOTAAL	1368	100.0	1287	100.0
Cyanophyceae-spesies	2	0.1	2	0.2
Bacillariophyceae-spesies	3	0.2	3	0.2
Chlorophyceae-spesies	25	1.8	22	1.7
Cryptophyceae-spesies			1	0.1
Dinophyceae-spesies	1	0.1	1	0.1
Euglenophyceae-spesies	4	0.3	4	0.3
TOTALE AANTAL SPESIES	35	100.0	33	100.0