

**MAGNETIET AS VLOKMIDDEL
IN WATERSUIWERINGSPROSESSE**

deur

F W BECKER & W A PRETORIUS

**Departement Chemiese- en Omgewingsingenieurswese
Universiteit van Pretoria**

**Verslag aan die
Watervorsingskommissie**

DANKBETUIGINGS

Die waardevolle bydraes van die volgende instansies en persone word met dank erken :

Prof. WA Pretorius wat as mentor opgetree het en die projek met entoesiasme ondersteun het, asook almal wat by die Universiteit van Pretoria se Afdeling Waterbenutting werksaam is en 'n verskeidenheid van bydraes gelewer het.

Die Waternavorsingskommissie vir die beskikbaarstelling van navorsingsfondse.

My werkgewer GFJ Ing, wat met vergunning van studieverlof en finansiële steun dit vir my moontlik gemaak het om die projek uit te voer.

Palabora Mining Company, Vametco, Mapochsmyn en Kimony (Edms) Bpk, vir die skenk van magnetiet vir die projek en vir inligting rakende magnetietontginning en verwerking.

Warman Research and Development (Edms) Bpk, vir die maal en skeiding van die magnetiet en meting van partikelgrootte verspreidings.

Dr M Sharp vir chemiese ontledings van die magnetiet.

Die Departement Geologiese Opname en by name mnr ME Hauger, vir die uitvoer van demagnetiseringstudies op droë magnetietmonsters.

Die Duivenhoks Waterraad vir die baie moeite wat hulle gedoen het om watermonsters na Pretoria te stuur en vir die beskikbaarstelling van sekere bedryfsgegewens.

Waterlab Research (Edms) Bpk vir analyses deur hulle gedoen en bystand en raad deur hulle verleen.

Die WNNR se Inligtingsentrum vir Water vir die bystand met literatuursoektogte en ook die Departement Watertegnologie, vir hul bereidwilligheid om hulp te verleen.

Die Departement Elektriese Ingenieurswese van die Universiteit van Pretoria vir raadverlening en beskikbaarstelling van sekere toerusting.

My vrou en kinders, vir hul onderskraging en bystand.

Ons Skepper, Wie die oorsprong en voortsetter van alles is en Wie ook die taak van watersuiwering aan ons toevertrou het.

MAGNETIET AS VLOKMIDDEL IN WATERSUIWERINGSPROSESSE

SINOPSIS

Navorsing oor die gebruik van verpoeierde magnetiet as herbruikbare flokkuleermiddel/adsorbeermiddel in watersuiweringsprosesse is reeds in Australië, Brittanje, Nederland, Japan en ander lande uitgevoer. Die navorsing toon dat magnetiet suksesvol aangewend word om kleur, troebelheid, fosfate, swaarmetale, bakterieë, virusse, CSB, yster, mangaan, aluminium en ander kontaminante uit water te verwyder. Daar is ook al volskaalse watersuiweringsaanlegte gebou wat op die magnetietsuiweringsproses berus. Een so 'n proses is as die **Sirofloc** proses gepatenteer.

Groot hoeveelhede magnetiet word jaarliks as byproduk by verskeie myne in Suid-Afrika geproduseer. Slegs 'n klein gedeelte daarvan word kommersieel benut. **Die onderwerp van hierdie verhandeling is om die moontlike aanwending van hierdie magnetiet in watersuiweringsprosesse in Suid-Afrika te ondersoek.** Sodanige aanwending word hierin na verwys as die **magnetietproses**.

Hierdie verhandeling bied die volgende

- (a) 'n **literatuurstudie** waarin die eienskappe van magnetiet, 'n beskrywing van die Sirofloc proses, ander gebruike van magnetiet in watersuiwing en die voorkomste van magnetiet in Suid-Afrika, aangespreek word;
- (b) **karakterisering van magnetiet** wat van verskillende bronne in Suid-Afrika afkomstig is;
- (c) 'n beskrywing van die **voorbereiding van magnetiet** voordat dit in watersuiwing aangewend kan word;
- (d) die veldsterktes en toerusting benodig vir **demagnetisering** van magnetiet;
- (e) 'n spektrum van die magnetietproses se vermengingsvereistes i.t.v. **snelheidsgradiënte**;
- (f) 'n **onderlinge vergelyking** van die watersuiweringsvermoë van magnetiet wat van verskillende mynbougebiede afkomstig is;

(ii)

- (g) 'n uiteensetting van **laboratorium bekertoetsprosedures** ingevolge waarvan die magnetietproses eksperimenteel evalueer kan word;
- (h) 'n demonstrasie van die **geskiktheid van Suid-Afrikaanse magnetiet**, veral die Phalaborwa magnetiet, vir gebruik in watersuiweringsprosesse;
- (i) aanbevelings vir **verdere navorsing**.

Die skrywer is van oordeel dat daar 'n nis in die Suid-Afrikaanse watersuiweringsindustrie bestaan, waarin die magnetietproses 'n ekonomies kompeterende alternatief vir ander suiweringsprosesse bied. Hierdie nis lê waarskynlik in die volgende :

- (a) drinkwaterbronne waarvan die water 'n hoë kleur, lae troebelheid, lae alkaliniteit en lae pH het;
- (b) nywerheidsuitvloeiels met hoë kleur, veral vanaf organiese oorsprong, en met lae pH;
- (c) suur mynwater.

Verdere navorsing is nodig om die ekonomiese lewensvatbaarheid van die magnetietproses ten opsigte van spesifieke waters te bepaal. Hierdie verhandeling verskaf die agtergrondwerk wat nodig is om sodanige studies te onderneem.

(i)

MAGNETITE AS FLOCCULATING AGENT IN WATER PURIFICATION PROCESSES

SYNOPSIS

Research done in Australia, the United Kingdom, the Netherlands, Japan and elsewhere has shown that powdered magnetite can be utilised as a reusable flocculating agent/adsorbent of impurities in water. This research has already resulted in the establishment of full scale water purification plants, which are based on this "**magnetite process**". One such application, is the patented **Sirofloc** process.

Rich magnetite deposits are found in the Republic of South Africa. These deposits are mined extensively, making magnetite a freely available mineral. It is therefore appropriate to investigate the applicability of the magnetite process in South Africa.

This dissertation provides a first phase of such an investigation and reports on the following :

- (a) a **literature survey** on the applicable properties of magnetite, the occurrence of magnetite in South Africa and a description of the magnetite processes e.g. the Sirofloc process;
- (b) **characterization** of magnetite from various South African mining areas;
- (c) **preparation** requirements of the magnetite to render it fit for use in water purification processes;
- (d) **demagnetisation** requirements of the magnetite for use in water purification processes;
- (e) uniform velocity gradients (**G**) necessary for the process;
- (f) **comparison** of the water purification abilities of magnetite from different mining locations;
- (g) **laboratory beaker test procedures** relating to the magnetite process;
- (h) the **suitability and effectiveness** of the South African magnetite for use in water purification processes;

(ii)

- (i) **further research** requirements.

The author is convinced that there is a niche in the South African water purification industry, where the magnetite process offers a competitive alternative to other purification processes. Indications are that such a niche lies in :

- (a) purification for drinking purposes of low alkalinity water with low turbidity, high colour and relative low pH (e.g. waters from the south-eastern Cape);
- (b) treatment of low pH industrial effluents contaminated with colloidal organic pollutants;
- (c) treatment of acidic mine water.

Further research is required to ascertain the economic viability of the process in treatment of specific waters. This dissertation provides the basis from which such research can be done.

LYS VAN TABELLE

TABEL NR.	PARAGRAAF VERWYSING	TITEL
1	3.1.5	Demagnetiseringsvereistes van magnetietpoeier
2	3.1.6	Invloed van die titaaninhoud in die magnetiet eenheidstruktuur op sommige fisiese eienskappe van die erts
3	3.2.4	Effek van magnetiet partikelgrootte op kleur - en troebelheidsverwydering
4	3.2.5	Invloed van wasmedium op suiwerheid van magnetiet
5	3.2.9	Roergegewens
6	3.2.10	Magnetiese toerusting gebruike
7	3.2.11	Uitskot waswatergehalte by die Morehall Sirofloc loodsaanleg
8	5.1.2	Partikeldigtheid van plaaslik ingesamelde magnetiet
9	5.1.3	Chemiese samestelling van plaaslik ingesamelde magnetietertsmonsters
10	5.1.5.3	Droëdigtheid en spesifieke oppervlakarea van verwerkte magnetiet
11	5.1.5	Besinkte massadigtheid en porositeit van PMC2 magnetiet
12	5.1.6.3	Resultate van waswater onsuiverheidstoetse tydens die was van PMC2 Ultrafyn magnetiet
13	5.1.6.4	Aanvangswas van 80 g BRITS 1 Ultrafyn magnetietpoeier
14	5.1.6.5	Magnetietertsamestelling : Effek van wasproses
15	5.2.2.3	Resultate van demagnetiseringstudies uitgevoer by die Departement Geologiese Opname
16	5.2.3.2	Resultate van demagnetiseringsprosedure verkenningstudies
17	5.6.1.1	Duivenhoksdam rouwatergehalte : Gemiddeld vir laaste drie jaar
18	5.6.1.1	Rouwatereienskappe van Duivenhoksdamwatermonster
19	5.6.1.4	Benodigde kombinasie van magnetiet en polimeerdosering om water genoegsaam te suiwer
20	5.6.1.6	Chemikalieë vereistes vir suiwing van Duivenhoksdamwater
21	5.6.2.3	Resultate van toetse op Vaaldamwater
22	5.6.3.2	Eksperimentele resultate t.o.v. magnetietbehandelde dorpsuitleisels
23	5.6.3.3	Eksperimentele veranderlikes en resultate t.o.v. SASOL uitleiselsbehandeling

LYS VAN FIGURE

FIGUUR NR.	PARAGRAAF VERWYSING	TITEL
1	3.2.2(b)	Tipiese magnetiese dromskeier
2	3.2.3	'Sirofloc' prosesvloei diagram
3a	3.2.5	Magnetiet regenerasieproses : Uitleg 1
3b	3.2.5	Magnetiet regenerasieproses : Uitleg 2
3c	3.2.5	Magnetiet regenerasieproses : Uitleg 3
3d	3.2.5	Magnetiet regenerasieproses : Uitleg 4
4a	5.1.2.1	Gradering van onverwerkte PMC2
4b	5.1.2.1	Gradering van onverwerkte BRITS1
5a	5.1.4.4	Gradering van gemaalde PMC2
5b	5.1.4.4	Gradering van gemaalde BRITS1
6a	5.1.4.4	Finale PMC2 gradering
6b	5.1.4.4	Finale BRITS1 gradering
6c	5.1.4.4	Finale RBM1 gradering
7	5.2.2.4	Verhouding tussen residuele magnetiese dipoolmoment en piek demagnetiseringsveldsterkte
8	5.6.1.3(a)	Duivenhokswatersuiwering : Invloed van roerspoed
9	5.6.1.3(b)	Duivenhokswatersuiwering : Invloed van pH
10	5.6.1.3(c)	Duivenhokswatersuiwering : Invloed van magnetietdosis
11	5.6.1.3(d)	Duivenhokswatersuiwering : Invloed van polimeerdosis (Deel 1)
12	5.6.1.3(e)	Duivenhokswatersuiwering : Invloed van polimeerdosis (Deel 2)

LYS VAN SIMBOLE EN AFKORTINGS

SIMBOOL	EENHEID	BETEKENIS
1. Simbole		
A_s	m^2/g	Spesifieke oppervlakarea van partikels
B_c	T	Dwingkrag (vir demagnetisering)
B_{cr}	T	Versadigingsdwingkrag (vir demagnetisering)
B_t	T	Toegepaste piek magneetveldsterkte tydens demagnetisering
F	96490 Coulomb/mol	Faraday
G	1/s	Uniforme (wortelgemiddelde) snelheidsgradiënt
M_1	kg	Massa
P	W	Drywing
Q	m^3/s	Vloeitempo van water
R	8,31 J/K.mol	Algemene gaskonstante
SG	-	Soortlike gewig (Verhouding tussen digtheid van 'n vastestof of vloeistof tot dié van water by 'n gegewe temperatuur)
T	°K	Absolute temperatuur
$V_1, V_2...$	m^3	Volume
x	-	Titaanfraksie in vaste oplossing in magnetiet
ϵ_s	-	Gestratifiseerde porositeit
ρ	kg/m^3	Digtheid
ρ_b	kg/m^3	Besinkte massadigtheid
ρ_m	kg/m^3	Droë massadigtheid
ρ_s	kg/m^3	Partikeldigtheid
μ	N.s/ m^2	Dinamiese viskositeit
Wo, Wa, Wb	g	Massa - metings by SG - bepaling. (Verwys 5.1.2.2)
2. Afkortings		
ABS	-	Absorbansie
BRITS1	-	Verwys paragraaf 5.1.1
CSB	-	Chemiese Suurstofbehoefte
Hazen	-	Verwys 5.3.5
HGMS	-	Hoë gradiënt magnetiese skeiding
IEP	-	Iso - elektriese punt
MAPOCH1	-	Verwys paragraaf 5.1.1
mg Pt/l	-	Verwys 5.3.5
NTE	-	Nefelometriese troebelheidseenhede
PMC	-	Palaborwa Mining Company Bpk
PMC 1	-	Verwys paragraaf 5.1.1
PMC 2	-	Verwys paragraaf 5.1.1
RBM	-	Richards Bay Minerals
RBM 1	-	Verwys paragraaf 5.1.1
RBM 2	-	Verwys paragraaf 5.1.1
TRM	-	Transmittasie

MAGNETIET AS VLOKMIDDEL IN WATERSUIWERINGSPROSESSE

INHOUDSOPGAWE

	Bladsy
1. INLEIDING	1
2. DOEL VAN VERHANDELING	2
3. MAGNETIET EN GEBRUIKE DAARVAN IN WATER- BEHANDELING : LITERATUUROORSIG	
3.1 BESKRYWING EN EIENSKAPPE VAN MAGNETIET	3
3.2 DIE SIROFLOC WATERSUIWERINGSPROSES	10
3.3 SWAARMETAALVERWYDERING UIT WATER	36
3.4 MAGNETIET IN FILTERPROSESSE	37
4. MAGNETIET AS HULPBRON IN SUID-AFRIKA : LITERATUUROORSIG	
4.1 MAGNETIETVOORKOMSTE, ONTGINNING EN BENUTTING	38
5. MAGNETIET AS VLOKMIDDEL IN WATERSUIWERING : EKSPERIMENTELE WERK	
5.1 MONSTERBENAMING EN KARAKTERISERING	40
5.2 DEMAGNETISERING : VERKENNINGSTUDIES	59
5.3 WATERSUIWERINGSONDERSOEKE : EKSPERIMENTELE PROSEDURES	66

		Bladsy
5.4	VEREISTE DEMAGNETISERINGSVELDSTERKTE EN ROERINTENSITEIT	72
5.5	ONDERLINGE VERGELYKING VAN VERSKILLEND MAGNETIETIPES	76
5.6	WATERSUIWERINGSONDERSOEKE	79
6.	SAMEVATTING	97
7.	VERDERE NAVORSING	99
8.	LITERATUURVERWYSINGSLYS	100
9.	BYLAES	Agter in verslag
10.	FOTOBYLAE	Agter in verslag

OPGAWE VAN BYLAES

BYLAE NR.	PARAGRAAF VERWYSING	BESKRYWING
A	5.2.3.1	Detail van demagnetiseringspoel
B	5.3.4	Proforma vir aanteken van bekertoetsresultate
C	5.3.5	Kleurmeting eenheidsomskakeling
D	5.3.6	Snelheidsgradiënte van toepassing op die laboratorium bekertoetse
E	5.4	Invloed van demagnetiseringsveldsterkte op watersuiweringseffektiwiteit : Eksperimentele resultate en statistiese verwerking
F	5.5	Invloed van magnetietipe op watersuiweringseffek : Eksperimentele resultate en statistiese verwerking
G	5.6.1	Duivenhoksdamwater ondersoeke : Eksperimentele resultate
H	5.6.3.2	Afvalwatersuiweringseksperimente : Eksperimentele veranderlikes.
I	Verskeie	Adreslys van instansies en toerustingverskaffers

1. INLEIDING

Magnetiet is 'n mineraal, wat in verpoeierde vorm, as 'n relatief inerte herbruikbare adsorbeer-/flokkeermiddel in watersuiweringsprosesse benut kan word (Nadebaum & Fish, 1985). Die elektrostatische lading op magnetiet kan sodanig gemanipuleer word (Anderson et al, 1982a), dat dit as destabiliseerder van kolloïdale partikels en lône wat teenoorgestelde ladings as die magnetiet dra, dien. Verder dien die magnetiet as kern vir vlok vorming en/of chemiese presipitasie (Nadebaum & Fish, 1985 en Ito et al, 1985).

Weens die magnetiseerbaarheid/demagnetiseerbaarheid van magnetiet kan dit in gedemagnetiseerde vorm in die water gesuspender word totdat destabilisasie en uitvlokkings van onsuiverhede voltooi is. Die magnetiet word daarna gemagnetiseer sodat individuele partikels magneties aan mekaar vaskleef en swaar vlokke vorm wat meer as tienvoudig vinniger besink as vlokke wat met konvensionele koagulasie en flokkulasie gevorm is (Kolarik, 1983).

Baanbrekerswerk vir die gebruik van magnetiet in watersuiweringsprosesse, is en word steeds in Australië gedoen. Die toepassings wat hieruit gevolg het, het reeds gelei tot die bou van volkskaalse watersuiweringsaanlegte in sowel Australië en Brittanje (Nadebaum & Fish, 1985 en Gregory et al, 1988). Ander ontwikkelings in Japan (Ito et al, 1985) en Nederland (Vanvelson et al, 1988) het gelei tot die gebruik van magnetiet vir swaarmetaal- en fosfaatverwydering uit water.

Groot hoeveelhede magnetiet word jaarliks as byproduk by verskeie myne in Suid-Afrika geproduseer en slegs 'n klein gedeelte hiervan word kommersieel benut. Die benutting van magnetiet vir watersuiweringsprosesse kan dus voordelig wees vir sowel die watersuiweringsbedryf as vir die magnetietprodusente in Suid-Afrika.

Sover bekend, word magnetiet nie as adsorbeermiddel/vlokmiddel vir watersuiwering in Suid-Afrika benut nie, en dit terwyl Suid-Afrika 'n oormaat magnetiet tot sy beskikking het. Navorsingsprojekte is dus nodig om die toepaslikheid van hierdie tegnologie in Suid-Afrika aan te spreek.

2. DOEL VAN VERHANDELING

Die doel van hierdie navorsing is om

- (a) Suid-Afrikaanse magnetietbronne te ondersoek met die oog op aanwending van die magnetiet in watersuiweringsprosesse,
- (b) magnetietvoorbereidingsprosesse, naamlik die maal, klassifikasie en demagnetisering daarvan te ondersoek, en
- (c) 'n verskeidenheid lotprosesse toetse in die laboratorium uit te voer om :
 - (i) die wasvereistes van die magnetiet te verken;
 - (ii) watersuiwerings-effek van die magnetiet te demonstreer;
 - (iii) benodigde vermengingsenergie en demagnetiseringsenergie te bepaal;
 - (iv) 'n basis te verskaf vanwaar verdere navorsing oor die onderwerp gedoen kan word.

3. MAGNETIET EN GEBRUIKE DAARVAN IN WATERBEHANDELING : LITERATUUROORSIG

3.1 BESKRYWING EN EIENSKAPPE VAN MAGNETIET

3.1.1 Chemiese samestelling en kristalstruktuur (Carmichael, 1982 en Thomson & Oldfield, 1986)

Die chemiese formule vir suiwer magnetiet is Fe_3O_4 of $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ met 'n eenheidsel opgebou uit 8 formule-eenhede en 'n massasamestelling van 24,1 % Fe^{2+} , 48,3 % Fe^{3+} en 27,6 % O^{2-} . Die molekulêre massa is 231,54.

In die magnetiet eenheidskristal pak 32 suurstofatome in 'n vlakgesentreerde kubiese pakking. Die suurstofatome vorm ook die hoekpunte van 64 tetrahedriese ruimtes en 32 oktahedriese ruimtes. Agt Fe^{3+} ione pak in agt van hierdie tetrahedriese ruimtes en agt Fe^{3+} ione plus agt Fe^{2+} ione pak in 16 van die oktahedriese ruimtes om 'n sogenaamde omgekeerde spinelstruktuur te vorm. Die omgekeerde spinelpakking word ook geskryf as $8[\text{Fe}^{3+}(\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+})\text{O}_4^{2-}]$.

Vanweë die genoemde omgekeerde spinelstruktuur, is die suurstof raamwerk wat gevorm word baie buigsaam ten opsigte van verskillende tipes katione wat dit in die struktuur kan opneem. Meer as 30 elemente met valensgetalle +1 tot +6 kan as katione aangeneem word. In die natuur is die magnetiet meestal "besoedel" deurdat Ti^{4+} , V^{5+} , Cr^{3+} , Al^{3+} , Mn^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} en ander ione in vaste oplossing in die eenheidsel voorkom. Veral Ti^{4+} kan in hoë persentasies voorkom en dan staan die erts bekend as titaan-magnetiet. Die omgekeerde spinelstruktuur word dan geskryf as

$x \text{Fe}^{2+} [\text{Fe}^{2+} \text{Ti}^{4+}] \text{O}_4^{2-} (1-x) \text{Fe}^{3+} [\text{Fe}^{2+} \text{Fe}^{3+}] \text{O}_4^{2-}$, waar x die vlak van titaanhoud beskryf.

3.1.2 Oplosbaarheid

Volgens Weast (1976) is magnetiet onoplosbaar in warm water, koue water, alkohol en eter, maar wel oplosbaar in 'n gekonsentreerde suur. Die redoksverwantskap tussen Fe_3O_4 (vaste stof) en Fe^{2+} (ioon in oplossing) dien as maatstaf vir die oplosbaarheid van magnetiet en word deur Stumm & Morgan (1981) gegee as :

$$\log \frac{\{\text{Fe}_3\text{O}_4(\text{s})\}^{1/3}}{\{\text{Fe}^{2+}\}} = -10,1 + \frac{8}{3} \text{pH} + \frac{2}{3} \text{pe}$$

waar { } aktiwiteit aandui en in water benader kan word deur die konsentrasie van die substans

$$\text{pH} = -\log \{H^+\} = -\log [H^+]$$

$$\text{pe} = -\log \{e^-\} = \text{maatstaf van die relatiewe neiging van 'n oplossing om elektrone aan te neem of te skenk.}$$

Tipiese waardes vir **pe** in natuurlike waters is 0,2 tot 0,3 volt (Reid & Wood, 1976)

pe is aan die ewilibrum redokspotensiaal E_H (volt, waterstofskaal) verwant volgens die vergelyking

$$\text{pe} = E_H / 2.3 RTF^{-1} \text{ waar}$$

R = algemene gaskonstante

T = absolute temperatuur

F = faraday konstante (96 490 Coulomb.mol⁻¹)

($RTF^{-1} = 0,059 \text{ V mol}^{-1}$ by 25°C)

Anderson et al (1983) het bevind dat **pH** en **pe** van die water wat met magnetiet behandel word die bepalende veranderlikes is wat die vlak van residuele yster in die finale gesuiwerde water bepaal.

Nadebaum & Fish (1985) rapporteer dat magnetiet gedeeltelik oplosbaar is in die **pH** wydte 5 - 9 en dat hoewel dit bydra tot die totale opgeloste yster-inhoud van die vloeistof, die magnetiet-verwante yster nie bydra tot smake of kleurvlekke nie.

3.1.3 Mineraaleienskappe en ander fisiese eienskappe

Magnetiet is 'n mineraal wat redelik algemeen voorkom, veral in die stollings- en metamorfe gesteentes. Kristallisering daarvan is isometries met onduidelike splyting en oktahedriese skeiding. Dit is bros, breek ongelyk, het 'n hardheid van 5,5 tot 6,5 op die Moh-skaal en 'n relatiewe digtheid van 4,97 tot 5,18. Magnetiet is ondeurskynend met swart kleur en 'n swart streep (Schultz & Cleaves, 1955).

Volgens Carmichael (1982) het magnetiet ook die volgende fisiese eienskappe :

Young se elasticiteitsmodules : $1,6 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

Skuifmodulus van elasticiteit : $0,5 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

Poisson se verhouding : 0,3

Breeksterkte (druk) : $1\,000 \text{ kg/cm}^2$

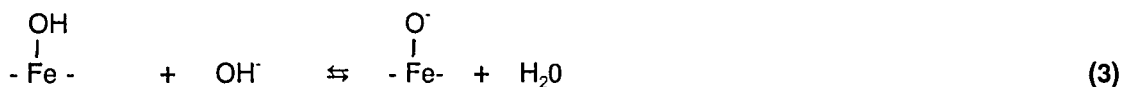
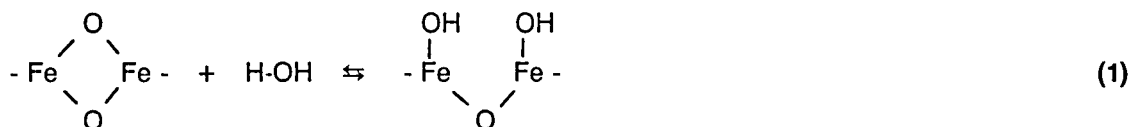
Elektriese weerstand : 10^{-3} tot 10^2 ohm-meter (d.w.s. 'n halfgeleier)

Smeltpunt : Ontbinding by $1\,538 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.1.4 Hidrolise en elektrostatiese oppervlaktlading

Soos met vele ander metaaloksiede, word magnetiet (Fe_3O_4) ook aan sy oppervlak met hidroksielgroepe bedek wanneer dit met water in kontak is. In 'n sekere sin kan die sodanig gehidroliseerde metaaloksied as 'n polimeriese okso-suur of -basis beskou word (Stumm & Morgan, 1981).

Anderson et al (1982a) stel die hidroksileringsreaksies as volg voor :



Vergelyking 1 vertoon die hidrolise wat op die metaaloksied (magnetiet) oppervlak onder alkaliese toestande plaasvind. 'n Netto oppervlaktlading kan daarna ontwikkel in die teenwoordigheid van 'n suur (vergeliking 2) of in die teenwoordigheid van 'n alkali (vergeliking 3).

Sowel positief, neutrale en negatief gelaaide vlakke vorm aan die magnetietoppervlak en die relatiewe hoeveelhede van elk hang van die pH van die medium af.

Vergelykings 2 en 3 weerspieël die amfoteriese eienskappe van die magnetietoppervlak. By vergelyking 2 is H^+ protone in oormaat (lae pH) en die magnetiet ontwikkel 'n positief gelaaide oppervlak. By vergelyking 3 is OH^- in oormaat (hoë pH) en die magnetiet dra 'n negatiewe oppervlakkading.

Die pH waarby die positiewe en negatiewe vlakke in gelyke sterkte voorkom, oftewel die pH waarby die magnetiet partikel oor geen elektroforetiese mobiliteit beskik nie, word die isoelektriese punt genoem en afgekort met IEP. Suiwer magnetiet wat met herhaaldelike opeenvolgings gekonsentreerde suur en/of alkali gewas is, se IEP is tussen pH 6,4 en pH 7,0. Die wasprosesse is nodig om onsuiverhede wat intiem met magnetiet geassosieer is te verwyder. Hierdie onsuiverhede kan 'n beduidende effek op die partikel se IEP hê. Verwys na Anderson *et al* (1982a), Gregory *et al* (1988) en hoofstuk 34 van Somasundaran (1980).

Bogenoemde gehidroliseerde en elektrostatiese gelaaide oppervlak op die water gesuspendeerde magnetiet is instrumenteel in die adsorpsie van ander partikels in die water wat 'n teenoorstaande elektrostatiese oppervlakkading dra, of wat chemies reaktief met die hidroksielgroepe op die magnetietoppervlak is.

3.1.5 Magnetiese eienskappe

Die inligting wat in hierdie paragraaf verskaf word, is verkry vanuit publikasies van Carmichael (1982), Thompson & Oldfield (1986) en Kirschvink *et al* (1985).

'n Baie belangrike eienskap van magnetiet in die aanwending daarvan vir watersuiwering, is dat dit herhaaldelik gemagnetiseer en gedemagnetiseer kan word.

Magnetiet is ferriemagneties by kamertemperatuur, dit wil sê die atoom magnetiese momente is antiparallel. 'n Aansienlike netto magnetisasie ontstaan wanneer 'n magneetveld daaroor geplaas word, aangesien die magnetiese substruktuur momente uit balans gerig word, hetsy as ongelyke elektronspin of ongelyke dipoolmomente. Die versadigingsmagnetisasie is 480 kA m^{-1} . Wanneer die magneetveld verwyder word is daar 'n sterk residuele netto magnetisasie, genoem **oorblywende magnetisasie** ("remanent magnetization"). Let op dat die oorblywende magnetisasie net blywend is vir solank daar nie 'n nuwe sterk eksterne magneetveld op die magnetiet toegepas word nie. Laasgenoemde aksie sal weer die waarde van die oorblywende magnetisasie verander. Hierdie oorblywende magnetisasie het 'n bogrens oftewel 'n versadigingswaarde.

Demagnetisering word verkry deur die magnetietpartikels aan 'n magneetveld van sekere grootte te onderwerp en die sterkte van hierdie magneetveld geleidelik af te spits na nul terwyl die polariteit van die veld relatief tot die gerigtheid van die magnetietpartikels voortdurend verander en omgekeer word.

Die aanvangsterkte van die demagnetiseringsveld wat benodig word om die magnetiet se oorblywende magnetisasie na nul af te bring, hang af van die voorafgaande magnetiseringspatrone waaraan die magnetiet onderwerp was. Verwys in hierdie verband na Thompson & Oldfield (1986), hoofstuk 2. Indien die magnetiet tot versadigingswaarde gemagnetiseer was, word 'n teenstaande magneetveld, genoem die **dwingkrag** ("coercive force") en aangedui deur die simbool B_c , benodig om die magnetiet se residuele magnetisasie na nul af te bring. Indien hierdie eksterne teenveld egter verwyder word, sal die magnetiet weer 'n oorblywende magnetisasie hê. 'n Groter teenveld, genoem die **versadigingsdwingkrag** (B_{cr}), word as aanvangsdemagnetiseringsveld benodig om die magnetiet volledig te demagnetiseer.

Temperatuur speel ook 'n rol in die magnetiese gedragpatrone. By -150°C verander magnetiet se kristalstruktuur na ortorombies, terwyl dit by temperature hoër as 580°C al sy blywende magnetisme verloor. Laasgenoemde temperatuur staan bekend as die Curie temperatuur.

Magnetietpartikels se magnetisasie word in verskillende sones binne 'n partikel georden op so 'n wyse dat elke sone, genoem 'n **domein**, spontaan in 'n bepaalde rigting gemagnetiseer word. Die magneetveldrigting van aangrensende domeine kan egter sodanig gerig wees dat die globale magnetisasie van 'n partikel laer is as die totale interne magnetiese energie. Die globale partikel magnetisasie kan selfs nul wees terwyl die ingeslote domeine individueel magneties "gelaa" is. Die voorkoms van domeine speel dus 'n belangrike rol in die magnetisasie van 'n partikel. Multidomein, oftewel groter partikels, is byvoorbeeld makliker om te demagnetiseer as enkel-domein (baie fyn) partikels. Die partikelgrootte wat die grens tussen enkel- en multi-domein partikels aandui is nie 'n vaste waarde nie en hang grootliks af van die partikel se vorm. Verder kan partikels met min domeine eienskappe van enkel- en multi-domein partikels vertoon. 'n Tipiese indeling is dat partikels kleiner as $1\text{ }\mu\text{m}$ enkel-domein is, partikels tussen $1\text{ }\mu\text{m}$ en $10\text{ }\mu\text{m}$ pseudo enkel-domein is en partikels groter as $10\text{ }\mu\text{m}$ multi-domein is. (Thomson & Oldfield, 1986).

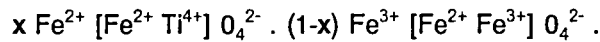
Tipiese waardes vir die dwingkrag B_c , die versadigingsdwingkrag B_{cr} en die B_{cr}/B_c verhouding vir die verskillende partikelgroottegroepe van magnetiet, word in TABEL 1 aangetoon.

TABEL 1 : DEMAGNETISERINGSVEREISTES VAN MAGNETIETPOEIER (BY KAMERTEMPERATUUR)

EIENSKAP EN VERWYSING		SIMBOOL EN MEET-EENHEID	PARTIKELGROOTTE KLASSIFIKASIE						
			Enkel-Dolmein (ED) (Tipies < 1 μm .)		Pseudo Enkel-Domein (PED) (Tipies 1 tot 10 μm .)				Multi-Domein (MD) (Tipies > 10 μm .)
			0,05 μm	Algemeen	1,5 μm	2 μm	4 μm	12 μm	
1.	DWINGKRAAG ("COERCIVE FORCE")	Bc (mT)	42	300	25	20	10	5	<- 5 tot 1 ->
1.1	Vlg. Carmichael (1982)								
1.2	Vlg. Parry (1965)								
1.3	Teoretiese maksimum vir 'n lang naaldvormige enkel-domein partikel vlg. Kirschvink <u>et al</u> (1985)								
2.	VERHOUDING TUSSEN "VERSADIGINGSDWINGKRAAG" EN "DWINGKRAAG"	B _{CR} /Bc	<- 1 tot 2 ->		<- 1,5 tot 4 ->				<- 3 tot 5 ->
2.1	Vlg. Kirschvink <u>et al</u> (1985)								
2.2	Vlg. Thompson & Oldfield (1986)								
3.	VERSADIGINGSDWINGKRAAG ("COERCIVITY OF REMANENCE")	B _{CR} (mT)	<- 80 tot 40 ->		<- 40 tot 20 ->				<- 20 tot 5 ->
3.1	Soos bereken deur B _{CR} /Bc met Bc te vermenigvuldig en af te rond :								
3.2	Vlg. Thompson & Oldfield (1986) Figuur 4.10 en Figuur 4.13								
3.3	Maksimum soos waargeneem deur Evans & McElhinny (1969)								
3.4	Industriële ontwerpstandaard vir demagnetisering van fyn magnetiet in water gesuspendeer, wat in 'n pyp vloei met 'n demagnetiseerspoel daar-om gewind (Benson <u>et al</u> , 1968)								
			>80						45

3.1.6 Invloed van Titaan-inhoud en ander onsuierhede in magnetiet

In titaan-magnetiet ($\text{Fe}_{3-x}\text{Ti}_x\text{O}_4$), verplaas x Ti^{4+} ione en x Fe^{2+} ione saam $2x$ Fe^{3+} ione uit die magnetiet se omgekeerde spinelstruktuur. Daar is reeds in 3.1.1 aangedui dat laasgenoemde struktuur geskryf word as



Vir $x = 0$, dit wil sê met geen Ti^{4+} -inhoud nie, word bogenoemde uitdrukking $\text{Fe}^{3+} [\text{Fe}^{2+} \text{Fe}^{3+}] \text{O}_4^{2-}$ (suiwer magnetiet) en met $x = 1$, word die uitdrukking $\text{Fe}^{2+} [\text{Fe}^{2+} \text{Ti}^{4+}] \text{O}_4^{2-}$ oftewel Fe_2TiO_4 , wat die samestelling van die erts ulvospinel is. (Thompson & Oldfield, 1986).

Verskeie fisiese eienskappe van magnetiet verander op reëlmatige wyse met toename in die titaanfraksie x (Stacey & Banerjee, 1974). Hierdie aspek word in Tabel 2 gedemonstreer.

TABEL 2: INVLOED VAN DIE TITAANINHOUD IN DIE MAGNETIET EENHEIDSTRUKTUUR OP SOMMIGE FISIESE EIENSKAPPE VAN DIE ERTS. (STACEY & BANERJEE, 1974 EN THOMPSON & OLDFIELD, 1986)

Titaanfraksie x	Curie Temp ($^{\circ}\text{C}$)	Versadigings- magnetisme by 20°C ($\text{A m}^2/\text{kg}$)	Grootte van eenheidsel ($\text{\AA}$)	Maksimum magnetiese weerstand veld (mT)
0	575	93	8,396	180*
0,04	550	90		
0,10	520	82		
0,18	470	73		
0,31	400	59		
0,56	170	29		
0,68	80	15		
1,0	-153	0	8,536	800

* Volgens Evans & McElhinny (1969)

Die magnetiese weerstandveld neem dramaties toe met toename in x . Magnetiet met hoë titaaninhoud is dus moeiliker magnetiseerbaar en moeiliker demagnetiseerbaar as in die geval van suiwer magnetiet. (Stacey & Banerjee, 1974).

Die insluiting van ander onsuierhede in die omgekeerde spinelstruktuur soos Mg, Ca, Al, V en Si verlaag ook die Curie-temperatuur.

3.2 DIE SIROFLOC WATERSUIWERINGSPROSES

3.2.1 Prosesontwikkeling

Die "Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization" (CSIRO) in Australië het die sogenaamde Sirofloc watersuiweringsproses ontwikkel ingevolge waarvan onsuierhede soos troebelheid, kleur, yster en aluminium in water met behulp van verpoëerde magnetiet verwyder word. Verwys na Gregory et al (1988). Die verwydering van bakterieë (MacRae & Evans, 1983 en 1984), pesdoders (MacRae, 1985), gechlloreerde koolwaterstowwe (MacRae, 1986), virusse (Atherton & Bell, 1981, 1983a en 1983b), fosfate en ander divalente anione (Anderson et al, 1981 en Dixon, 1984), alge (Anderson et al, 1980) en chemiese suurstofbehoefte (CSB) (Booker et al, 1991) m.b.v. die Sirofloc proses is ook reeds gedemonstreer.

Aanvanklike eksperimentele werk is in lotprosesse uitgevoer (Kolarik, 1983). Hierdie werk is opgevolg met kontinue proses loodsskaal aanlegte (Anderson & Priestley, 1983; Anderson et al, 1983). Die ontwikkelingswerk is deur die Australiese regering befonds (Nadebaum & Fish, 1985).

'n Private onderneming, die "Australian Technology Engineering and Processes" en afgekort met AUSTEP (Pty) Ltd, het die proses verder ontwikkel en gekommersialiseer (Nadebaum & Fish, 1985). Volskaalse Sirofloc watersuiweringsaanlegte wat reeds gebou is, is 'n 35 Mℓ/d aanleg by Mirrabooka vir watervoorsiening aan Perth in Wes-Australië, 'n 20 Mℓ/d watersuiweringsaanleg vir Bell Bay in Tasmanië en 'n 20 Mℓ/d aanleg by Redmires in Brittanje.

Die fokus van eksperimentele werk op die proses het intussen aangeskuif en die proses word tans ook vir rioolwatersuiwing ge-evalueer (Booker et al, 1991).

3.2.2 Eienskappe van magnetiet wat instrumenteel is in die Sirofloc proses

In die Sirofloc proses, word magnetiet as hersirkuleerbare koagulant/vlokmiddel gebruik. Die volgende eienskappe van magnetiet is instrumenteel in die proses :

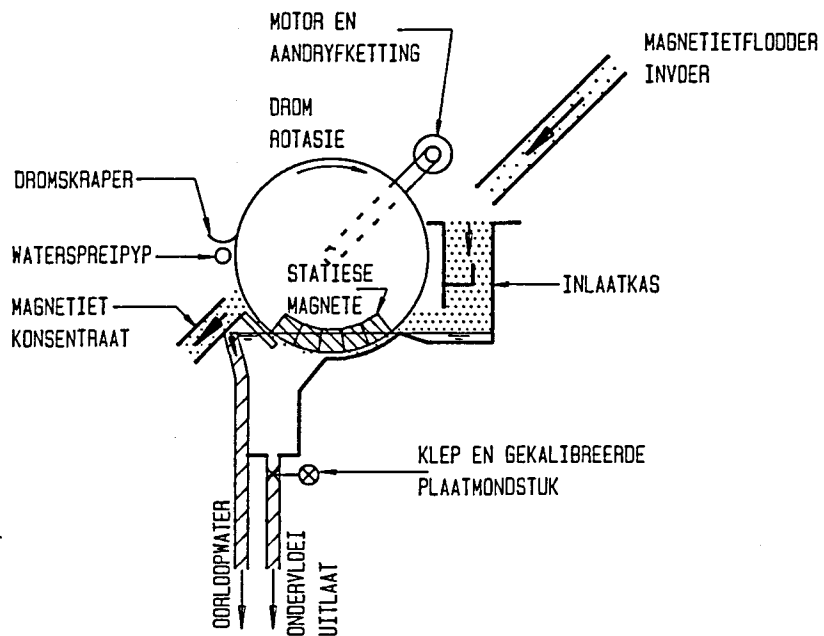
(a) Omkeerbaarheid van elektrostatische oppervlaktlading

Magnetiet se IEP is benaderd by pH 6,5. By pH-waardes om en by 6,5 en laer is magnetiet elektrostatisies oorwegend positief gelaai en kan dit dus negatief gelaaiete onsuierhede in water soos kleur, troebelheid, bakterieë, virusse, alge en andere elektrostatisies teen sy oppervlak aantrek. Die magnetiet met geadsorbeerde onsuierhede word met besinking uit die water verwyder en die magnetiet word daarna gewas en geregeneer vir hergebruik (Weiss & Raper, 1981). Hierdie regenerasie maak daarop staat dat die magnetiet se netto elektrostatische oppervlaktlading na negatief verander by hoë pH-waardes van die wasmedium en dat die geadsorbeerde onsuierhede dan weer elektrostatisies afgestoot word. Verwys ook na die bespreking in paragraaf 3.1.4.

(b) Magnetiseerbaarheid/Demagnetiseerbaarheid

Magnetiet se magnetiese eienskappe is reeds in paragraaf 3.1.5 beskryf. Hierdie eienskappe word ook in die Sirofloc proses benut. Tydens vermenging met rouwater om onsuierhede te destabiliseer, moet die partikels gedemagnetiseer wees om homogene verspreiding in die watermassa te verkry en die maksimale oppervlak kontakgeleenthede vir die onsuierhede aan te bied sodat flokkulasie kan plaasvind. Na voltooiing van hierdie flokkulasie word die magnetiet gemagnetiseer om groot swaar vlokke te vorm wat vinnig besink. Die besinkspoed vir gemagnetiseerde magnetiet-partikels met 'n primêre partikelgrootte van 1-10 μm is 10 m/h en hoër (Anderson et al., 1979).

Die magnetiese eienskappe van magnetiet word ook tydens die regenerasieproses benut. Magnetiese dromskeiers word gebruik om magnetiet magneties uit die wasmedium te lig. 'n Tipiese magnetiese dromskeier word in **Figuur 1** uitgebeeld. Demagnetisering word soms ook in die was- en regenerasieproses benut aangesien partikels teen 'n hoë frekwensie geroteer en getranspoteer word gedurende die demagnetiseringsproses. Hierdie hoë intensiteit vermenging veroorsaak dat onsuierhede makliker vanaf die magnetiet losskeur.



FIGUUR 1 : TIPIESE MAGNETIESE DROMSKEIER

(c) Digtheid

Magnetiet het 'n soortlike gewig (SG) van benaderd 5. Hierdie hoë digtheid is 'n voordeel in besinktenks waar vinnige besinking verlang word. Dit is egter 'n nadeel in die flokkulasie-stap, waar die magnetiet homogeen in die watermassa versprei moet word.

(d) Oppervlakaktiwiteit

Buiten die elektrostatiese oppervlakaktiwiteit in (a) hierbo beskryf, bestaan daar ook 'n chemiese oppervlakaktiwiteit ten opsigte van die gehidroliseerde magnetietoppervlak en ione in die omringende oplossing. Dixon (1984) het byvoorbeeld bevind dat multi-valente katione op magnetiet adsorbeer selfs waar die pH laag genoeg is om 'n gelyksoortige (positiewe) oppervlaklading op die magnetiet te bewerkstellig. Dit dui daarop dat chemiese kompleksvorming ook 'n rol speel in die adsorpsie van onsuiverhede in die water.

3.2.3 Suiweringsproses beskrywing

Die Sirofloc watersuiweringsproses word aan die hand van **Figuur 2** beskryf.

Die inkomende rouwater se pH word, indien nodig, met H_2SO_4 verlaag sodat die proses by die optimum pH kan plaasvind. Afhangende van die spesifieke tipe water, is die optimum by pH 5 - 8,5 . (Die pH-waardes hoër as die IEP (pH 6,5) val slegs in die optimum gebied indien daar ook komplekserende katione voorkom. Hierdie aspek word verder in paragraaf 3.2.7 bespreek.) Skoon gedemagnetiseerde magnetietpartikels word dan in die water gedoseer teen 'n doseringsbereik van tipies tussen 5 en 20 gram magnetiet per liter rouwater (Anderson *et al.*, 1982a). Hierna volg flokkulasie in kontaktenk nr. 1 vir 'n kontaktyd van 5 tot 10 minute, terwyl genoegsame vermenging plaasvind om die magnetiet homogeen deur die watermassa versprei te hou en kontak tussen die magnetiet en wateronsuiwerhede te bewerkstellig. Flokkulasie vind plaas deurdat onsuierhede in die water op die magnetietoppervlak adsorbeer. Vervolgens word 'n klein hoeveelheid kationiese polimeer aan die water toegedien om die binding tussen die onsuierhede en magnetiet te versterk. 'n Verdere sowat 2 tot 4 minute flokkulasietyd word met ligte vermenging in kontaktenk nr. 2 voorsien. Die waterstroom word hierna in 'n pyp tussen groot permanente magnete deurgestuur, sodat die magnetiet gemagnetiseer word. Magnetietpartikels met geassosieerde onsuierhede pak dan magneties aanmekaar vas en besink in die daaropvolgende besinktenk teen 'n tempo wat 10 m/h oorskry (Anderson *et al.*, 1979). Volgens Anderson *et al.* (1982b) is die besinkte water vanuit hierdie besinktenk van so 'n hoë standaard dat filtrasie onnodig is. Die gesuiwerde water word dan net met kalk gestabiliseer indien nodig en ontsmet (byvoorbeeld met chloor).

Die besinkte magnetietflodder met geadsorbeerde onsuierhede word onder uit die besinktenk onttrek en deur 'n regenerasie-aanleg gestuur sodanig dat die magnetiet hergebruik en die vuil waswater gedisponeer word. Verskeie regenerasie-aanleg samestellinge is al ondersoek en word in meer besonderhede in paragraaf 3.2.5 beskryf. Die regenerasie-aanleg wat in **Figuur 2** getoon word, is soos toegepas in sommige volskaalse Sirofloc aanlegte (Gregory *et al.*, 1988). Die eerste stadium daarvan behels die verhoging van die magnetietflodder se pH tot ongeveer 11,0 deur NaOH by te voeg. Tien minute kontaktyd word toegelaat terwyl 'n hoë roerintensiteit gehandhaaf word. Tydens hierdie stap word die magnetiet se oppervlaklading sterk negatief gelaai en die voorheen geadsorbeerde onsuierhede word dan vrygestel. In stadium 2 word hergebruikte waswater by die magnetietflodder gevoeg om as draer vir die magnetiet op te tree en die konsentrasie van magnetietpartikels in die flodder te verlaag sodat onsuierhede makliker

uitgewas kan word. Die suspensie vloei vervolgens deur magnetiese dromskeier nr. 1 (sien **Figuur 2**), wat die magnetiet onder turbulente toestande vanuit die vuilwater lig. Die vuilwater word deels gedisponeer en deels hergebruik. In stadium 3 word die gekonsentreerde magnetietflodder met nuwe waswater plus 'n beperkte hoeveelheid gehersirkuleerde waswater uitgewas en vir 'n tweede keer in 'n magnetiese dromskeier (nr. 2 in **Figuur 2**) skoongemaak. Die magnetiet is nou geregenereer, maar nog gemagnetiseer en word eers weer gedemagnetiseer voordat dit hergebruik word. Peristaltiese pompe word gebruik om die magnetietflodder deur die demagnetiseerklos tot by die doseerpunt te pomp (Maynard, 1990).

Nadere inligting oor spesifieke fasette van bogenoemde prosesse word in die paragrafe hierna verskaf.

3.2.4 Magnetietbereiding en rol van partikelgrootte

3.2.4.1 Partikelgrootte en vergruising/gradering

Vir gebruik in watersuiweringsprosesse, word magnetiet fyngemaal sodat 'n maksimale partikel oppervlak per massa-eenheid verkry kan word, aangesien die suiweringsproses 'n oppervlakaktiewe proses is (Weiss & Raper, 1981).

Kolarik (1983) demonstreer die effek wat magnetiet se partikelgrootte op die verwydering van kleur en troebelheid het d.m.v. die data wat in Tabel 3 gereproduseer is.

TABEL 3 : EFFEK VAN MAGNETIET PARTIKELGROOTTE OP KLEUR- EN TROEBELHEIDSVERWYDERING (Kolarik, 1983)

Magnetiet Dosis (g Fe ₃ O ₄ /ℓ water)	Magnetiet Partikel-grootte (μm)	Yarra Rivier Water		Mirrabooka Water	
		Kleur (mgPt/ℓ)	Troebelheid (NTE)	Kleur (mgPt/ℓ)	Troebelheid (NTE)
-	Rouwater	28	21	60	8,8
12,5	15-50	25	17	-	-
12,5	6-15	22	14	-	-
12,5	1-5	4	3	35	1,9
12,5	0,2	-	-	10	0,8

Daar is egter gevind dat partikels kleiner as 1 μm se besinkspoed te laag is (Kolarik, 1983) en dat die herwinningseffektiwiteit daarvan tydens wasprosesse baie laag is as gevolg van relatief ongunstige magnetiese eienskappe (Anderson et al, 1982b).

In eksperimentele werk is daar onder andere deur Kolarik (1983) en Atherton & Bell (1983a) met 1-5 μm partikels gewerk, deur Dixon (1984) met 5-10 μm partikels en deur Booker et al (1991) met 5-20 μm partikels. In ander eksperimentele werk en in volskaalse Sirofloc water-suiweringsaanlegte is 1-10 μm magnetietpartikels gebruik, aldus Anderson et al (1979 en 1982a) en Gregory et al (1988).

Vergruising van die magnetiet vir die Sirofloc eksperimentele werk was volgens Anderson et al (1982b) m.b.v. 'n balmeule gedoen. Gradering is met behulp van reeks hidro-siklone ("Warman Cyclosizer") en 'n kontinue sentrifuge gedoen.

3.2.4.2 Was en aktivering van magnetiet

Voor die eerste gebruik van magnetiet, moet alle los ingeslote en aangeklewe onsuierhede vanaf die magnetiet verwyder word om kontaminasie van die water wat behandel moet word te verhoed en om die oppervlak-aktiwiteit van die magnetiet te maksimeer.

Navorsing deur Kolarik en Dixon (Somasundaran, 1980)

Om die effek van wasmetode en wastyd op die iso-elektriese punt van magnetiet te bepaal, het Kolarik en Dixon (Verwys hoofstuk 34 van Somasundaran, 1980) die magnetiet gewas deur 1 g magnetiet in 1 ℓ van die wasreagens (water, suur of alkali) te suspendeer en teen 500 opm te roer. Alikwot monsters van 100 ml was op gespesifiseerde tydsintervalle onttrek. Elke monster is dan met vier vervangings van 500 ml enkelgedistilleerde water gewas en uiteindelik met twee vervangings van 100 ml drievoudig gedistilleerde water gewas. Magnetiet is telkens uit die waswater gehaal deur dit met 'n magneet onder in die basis van die beker vas te hou en die waswater te dekanteer. Elektroforetiese mobiliteit van die magnetiet is dan binne 24 uur na voltooiing van 'n wasproses gemeet. In die wasprosesse is NaOH, HNO₃, HCl en H₂SO₄ in verskillende konsentrasies en by verskillende kontaktye getoets. Die resultate van hierdie navorsing word in hoofstuk 34 van Somasundaran (1980) verstrekk. Sekere van die meer prominente bevindinge is :

- (a) Met suiwer waterwasse, was die IEP bereik by pH 3,7 tot 4,8 wat laer is as die IEP van suiwer magnetiet (pH 6,4 - 7,0) en dus was daar nog heelwat onsuierhede met die magnetiet geassosieer.
- (b) Met die suurwasse is die hoogste IEP met 'n H₂SO₄ was bereik en wel so hoog as by pH 6,0 by 'n suurkontaktyd van 30 minute en verder op tot by pH 6,5 na 'n kontaktyd van 120 minute. Geen verbetering is met langer kontaktye verkry nie.
- (c) Die alkaliwas met 1M NaOH vir 30 min kontaktyd het 'n IEP by pH 6,8 opgelewer. Met 0,1 M NaOH was die maksimum IEP na 15 min bereik en wel by pH 6,4. Dit is bekend dat silika wat een van die vername onsuierhede by magnetiet is, wel oplos by pH > 10.
- (d) Alternierende suur/alkaliwasse het die beste resultate opgelewer.

- (e) Die uitslag van die eksperimentele werk toon :

IEP (onbehandelde magnetiet) < IEP (watergewaste magnetiet)
 < IEP (suurgewaste magnetiet) < IEP (alkaligewaste magnetiet)
 < IEP (afgewisselde suur/alkali gewaste magnetiet).

- (f) Die suiwerheid van magnetiet, gemeet as $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$, word vir verskillende wasprosesse in Tabel 4 gelys.

**TABEL 4: INVLOED VAN WASMEDIUM OP SUIWERHEID VAN MAGNETIET
 (SOMASUNDARAN, 1980)**

WASMEDIUM	TOTALE YSTERINHOUD ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$) VAN PARTIKEL (%)	IEP
Onbehandelde magnetiet	93,8	3,8-4,8
Water	98,2	4,8
10 % HNO_3 ; 60 min	98,4	5,8
0,1 M NaOH ; 30 min	98,3	6,3
HNO_3/NaOH	98,4	6,9

Gegewens uit ander literatuur insake die Sirofloc proses

- (a) Anderson et al (1982b) het die magnetietpoeier met vyf wassiklusse gewas. Elke wassiklus het bestaan uit een vervanging van 0,4 M HCl , drie vervangings van gedistilleerde water, een vervanging NaOH wat al om die beurt van 0,4 M en 0,1 M sterkte was en weer gevolg deur drie vervangings van gedistilleerde water. Geen melding word gemaak van die wasmetode nie.
- (b) Kolarik (1983) meld dat 12,5 g magnetiet monsters in 200 ml 0,05 - 2,0 M NaOH gewas is, gevolg deur drie vervangings van 100 ml gedistilleerde water. Die wasvloeistof is telkens gedekanteer terwyl die magnetiet onder in die washouer met 'n magneet vasgehou is. Anderson & Priestley (1983) rapporteer basies dieselfde wasprosedure en meer spesifiek dat 200 ml 0,1 M NaOH per 12,5 g magnetiet gebruik is en dat die daaropvolgende waterwas met kraanwater uitgevoer is.

- (c) MacRae & Evans (1983) het die magnetiet gewas deur dit deur agt wassiklusse te stuur. Elke wassiklus het daaruit bestaan dat 1 bedvolume magnetiet in 4 gelyke volumes 0,1 M NaOH vir 10 minute gewas is, gevolg deur waterwasse en verder gevolg deur 'n suurwas by pH 4,0. Elke wasmiddel is telkens vanaf die gewaste magnetiet gedekanteer terwyl die magnetiet met 'n magneet onder in die washouer vasgehou is. Die magnetiet is telkens eers weer gedemagnetiseer voordat 'n volgende stap in die wassiklus uitgevoer is.
- (d) Atherton & Bell (1983a) het ook die magnetiet met agt wassiklusse voorberei. Elke wassiklus het bestaan uit vier vervangings van gedistilleerde water, vier vervangings van 0,1 N NaOH, weer vier vervangings gedistilleerde water en laastens vier vervangings van 0,01 M HCl. Met elke vervanging is daar 4 bedvolumes wasmiddel gebruik en die magnetiet vir 10 minute in die wasmiddel meganies geroer. Die magnetiet is gedemagnetiseer voor gebruik.

Hoewel bogenoemde bronne nie 'n omvattende beskrywing van die wasproses tydens die magnetiet se aanvanklike bereiding aanbied nie, word heelwat meer inligting oor die regenerasie vir hergebruik van die magnetiet gegee. Sekere aspekte wat op die regenerasie van toepassing is, is ook op die aanvanklike wasproses van toepassing. Hierdie regenerasie word in 3.2.5 bespreek.

3.2.5 Regenerasie en hergebruik van magnetiet

Die Sirofloc proses se uniekheid het gewentel rondom die voortdurende regenerasie en hergebruik van die magnetiet wat as flokkulant vir watersuiwering aangewend is (Anderson & Priestley, 1983). Regenerasie van magnetiet geskied in twee stappe. **Stap 1** is die stroping van troebelheid, kleur en ander onsuierhede van die magnetietoppervlak af deur die toevoeging van 'n alkali soos NaOH as regenerant om 'n pH 11-12 te verkry. By hierdie pH word die magnetiet elektrostasies sterk negatief gelaai en die negatief gelaai onsuierhede word gevolglik afgestoot. **Stap 2** behels die uitwas van die onsuierhede uit die magnetietflodder en gelyktydige heraktivering van die magnetiet om gehidroliseerde oppervlakke te vorm. Dit word gedoen deur die onsuierhede met water uit die magnetietflodder te was, maar op sodanige wyse dat 'n pH 10 - 11 nog gehandhaaf word.

In aanvanklike laboratorium lotproses eksperimente is 10 bedvolumes 0,1 M NaOH as regenerant gebruik met 'n 15 minute kontaktyd, gevolg deur 70 bedvolumes waswater. Hierdie gebruik van NaOH en water was oormatig en onekonomies as die proses kommersieel kompetenter moes wees.

Loodsskaal eksperimente is vervolgens onderneem om die proses te verbeter en mettertyd is **stap 1** in die regenerasieproses uitgevoer met net genoeg regenerant om die tussenruimtes tussen die magnetietpartikels te vul, dit is minder as 1 bedvolume van die regenerant. Hierdie stap is uitgevoer by pH 11,5 en oor 'n kontaktyd van 15 minute. **Stap 2** in die regenerasieproses is aanvanklik uitgevoer in drie opeenvolgende wassiklusse waarin vier bedvolumes waswater op 'n teenstroombeginsel aangewend is. Later is die aantal wassiklusse na twee verminder. Die teenstroombeginsel behels dat vars waswater in die laaste wasstadium ingevoer word, dat die uitvloeisel van die laaste wasstadium as waswater in die voorafgaande wasstadium gebruik word en so voort (Anderson *et al.*, 1979 en Anderson & Priestley, 1983). Hierdie wasproses het 'n verdunning van die regenerant tot gevolg wat 'n finale pH 10 - 11 oplewer en wat voldoende is vir magnetiet regenerasie.

Tydens elke wasstadium moes die magnetiet ook van die waswater geskei word terwyl turbulente toestande in die flodder heers, anders word onsuiverhede saam met die magnetiet gesleur wanneer dit uit die waswater afgeskei word. Magnetiese dromskeiers (sien **Figuur 1**) is as die mees aangewese skeidingstoerusting uitgewys (Anderson & Priestley, 1983).

Verskillende wasproses konfigurasies word skematies in **Figuur 3** voorgestel.

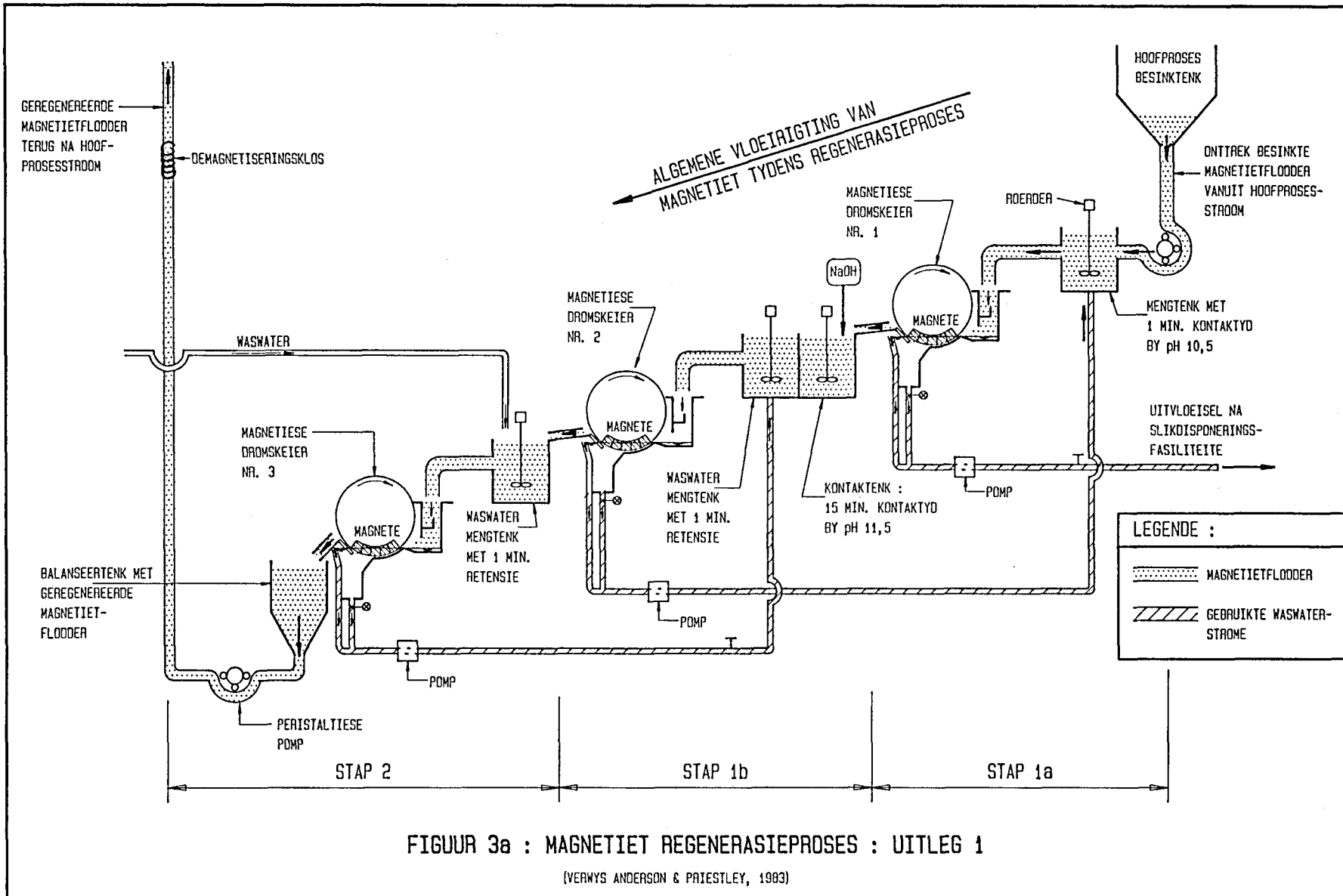
Figuur 3a toon die aanvanklike wasproses wat deur CSIRO in hul eerste loodsaanleg gebruik is. In hierdie wasproses is die magnetietflodder eers vir 1 minuut met hergebruikte waswater in kontak gebring en daarna in 'n magnetiese dromskeier afgeskei voordat NaOH bygevoeg is. Die motivering vir hierdie vooraf kontak met waswateruitvloeisel was dat die hoë pH van die waswater deel van die alkali-aanvraag sou bevredig en dit 'n besparing in die NaOH aanvraag sou teweegbring. Weens die teenwoordigheid van polimere in die magnetietflodder is daar egter van die onsuiverhede uit die waswater op die magnetiet geadsorbeer sodat meer onsuiverhede na die volgende wasstap oorgedra is as wat vanuit die besinktenk saamgeneem is. Bogenoemde eerste stap (**stap 1a**) is vervolgens vanuit die wasprosedure uitgelaat (Verwys **Figuur 3b** en verder). In **stap 1b** van die wasproses in **Figuur 3a** word die magnetiet in kontaktenks ingevoer waar NaOH gedoseer word om 'n pH 11 tot 12 op te lewer. Die kontaktyd is sowat 15 minute. Gehersirkuleerde waswater is in 'n tweede kontaktenk bygevoeg om die magnetietflodder te verdun en daarna word die magnetiet in 'n magnetiese dromskeier uit

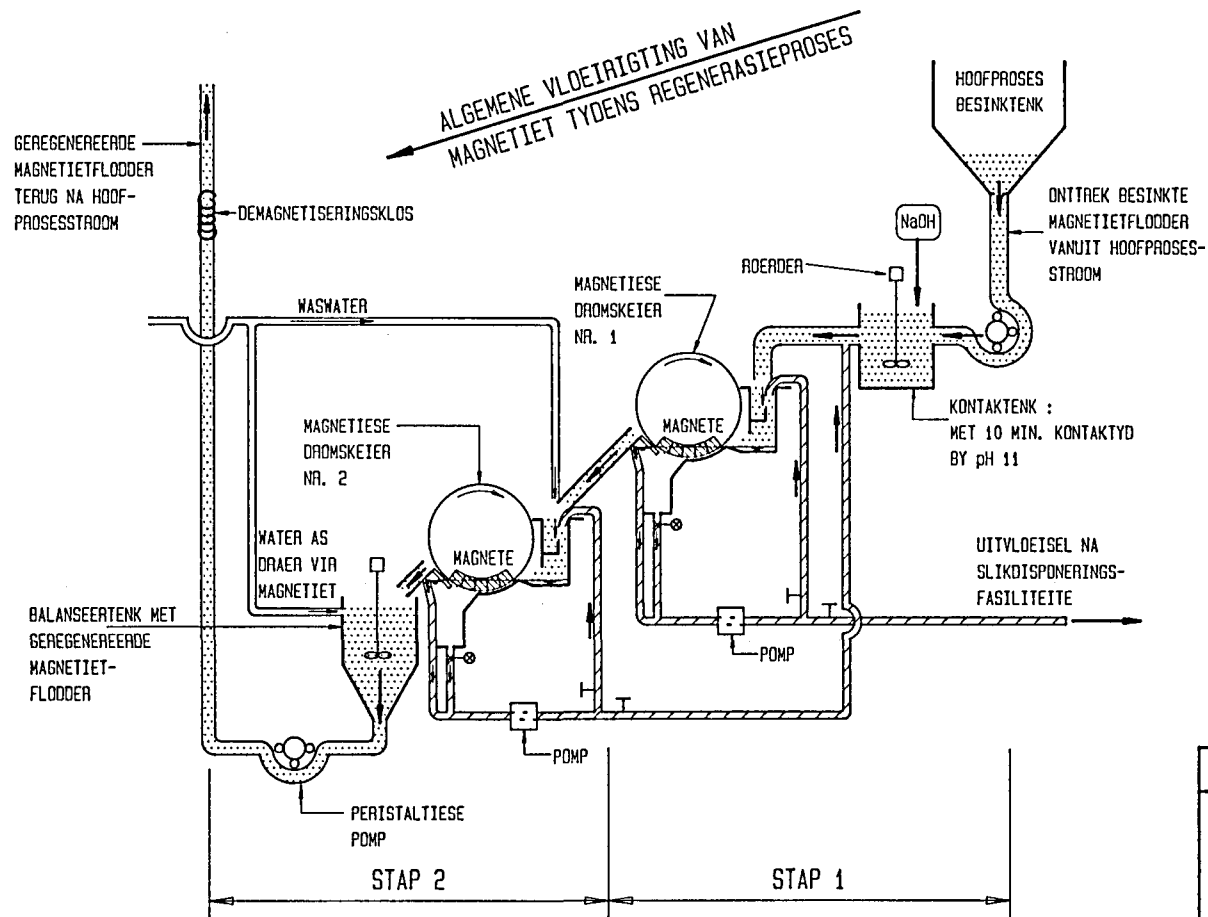
die uitvloeisel afgeskei. Vars waswater is daarna vir 'n tweede wasstadium by die magnetietflodder gevoeg. Dit is opgevolg deur skeiding van die magnetietflodder en die waswater in 'n tweede magnetiese dromskeier.

Die wasproses in **Figuur 3b** is 'n aangepaste vorm van dié in **Figuur 3a**. **Stap 1a** in **Figuur 3a** is weggelaat, asook die kontaktenks wat tussen die magnetiese dromskeiers voorgekom het. Die proses wat in **Figuur 3b** getoon word, is ook die een wat in paragraaf 3.2.3 beskryf is as synde die wasproses wat in sekere volskaalse Sirofloc aanlegte aangeneem is. In hierdie verband rapporteer Home et al (1992) die volgende ten opsigte van die Redmires Sirofloc aanleg : Magnetiet word as 'n flodder met 60 % (m/m) magnetietinhoud vanuit die besinktenktenks onttrek. Die pH van hierdie gekonsentreerde flodder word dan met NaOH tot tussen pH 10,5 en pH 11,5 verhoog terwyl dit intens geroer word. Hierna word die flodder tot 12 % (m/m) magnetiet verdun en nadat 'n ongespesifiseerde kontaktyd toegelaat is, is die magnetiet m.b.v. 'n magnetiese dromskeier vanuit die water uitgelig. Die magnetiet is daarna deur 'n tweede stadium van verdunning, vermenging en magnetiese skeiding onderwerp voordat dit uiteindelik as 'n 50 % (m/m) flodder gedemagnetiseer is vir hergebruik.

In **Figuur 3c** is elke magnetiese dromskeier wat in **Figuur 3b** getoon is met 'n kombinasie van 'n mengtenk en besinktenk vervang. Hierdie proses is geskik vir loodsskaal aanlegte en is aangeneem omdat magnetiese dromskeiers op die kleinskaal aanlegte baie duur is. Vir groter aanlegte is die dromskeiers soos per **Figuur 3b** egter steeds die mees ekonomiese en doeltreffende oplossing. In die wasproses soos per **Figuur 3c** is dit belangrik dat die magnetietkonsentrasie laer as 10 % per massaverhouding met die water is, sodat diskrete besinking verseker word. Indien die magnetietkonsentrasie te hoog is, word onsuiverhede in die waswater saam met die magnetiet na onder gesleur.

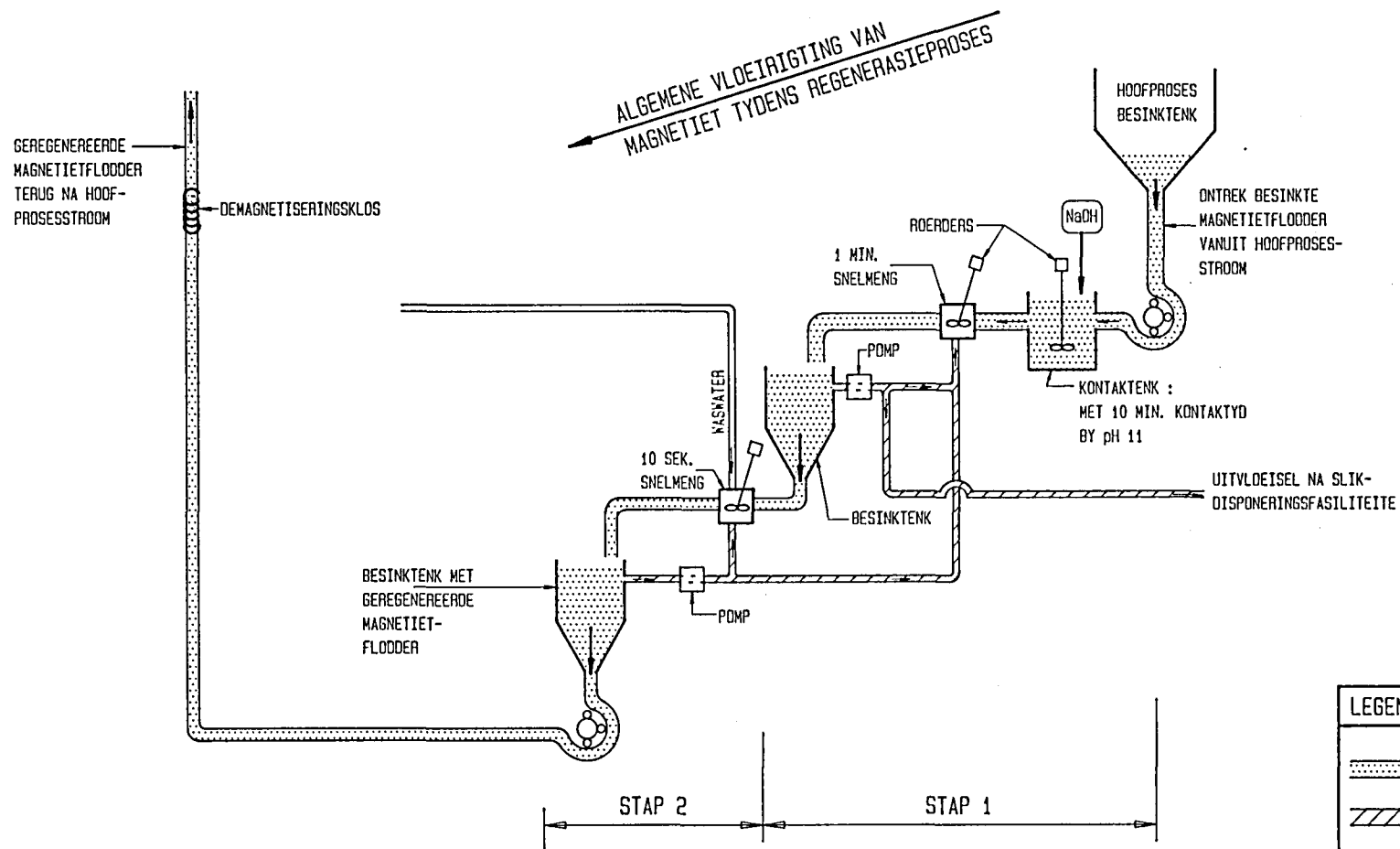
Die wasproses in **Figuur 3d** is 'n wysiging op dié in **Figuur 3b** in dat 'n kontaktenk tussen die magnetiese dromskeiers aangebring is en die NaOH saam met die waswater by hierdie middelste kontaktenk toegedien word. Die benodigde NaOH dosis wissel tussen 1 en 2 mg NaOH per gram magnetiet. Hierdie regenerasie-aanleg is aangeneem in die loodsskaalaanleg wat deur Booker et al (1991) vir rioolwatersuiweringsondersoek gebruik word.





FIGUUR 3b : MAGNETIET REGENERASIEPROSES : UITLEG 2

(VERMYS GREGORY et al, 1988 EN ANDERSON et al, 1979)



FIGUUR 3c : MAGNETIET REGENERASIEPROSES : UITLEG 3

(VERWYS ANDERSON *et al.*, 1981)

3.2.6 Effek van polimeer dosering

'n Kationiese polimeer word gebruik om as aanvullende koagulant/flokkulant tot die magnetiet op te tree en om die binding tussen kolloïde en magnetiet te versterk sodat turbulente toestande tydens die magnetisering van die magnetiet nie die kolloïde vanaf die magnetiet laat losskeur nie. (Anderson *et al*, 1981). Verwys na **Figuur 2** waarop die posisie van die polimeerdosering ook aangedui is.

Anderson *et al* (1981) rapporteer eksperimentele data waarby die stadium van polimeer-toevoeging relatief tot magnetiettoevoeging ondersoek is. Die bevinding was dat die magnetiet eerste gedoseer moet word en 'n kontaktyd van minstens 7 minute gegun moet word voordat polimeerdosering plaasvind.

Die beste watersuiweringsresultate word verkry wanneer 'n kationiese polimeer met sterk basis en lang ketting (molekulêre massa ongeveer 2×10^7) gebruik word. Hierdie polimere, met hul amied of ester basisse, word egter nie maklik vanaf die magnetietoppervlak vrygestel tydens die regenerasieproses nie (Anderson *et al*, 1981 en 1983). Daar is gevind dat medium ketting polimere (molekulêre massa ongeveer 10^6) wat sterk kationies by die proses pH is, uitstekend as hulp koagulant werk, maar dat dit minder effektief is om vlokerosie weens turbulensie teen te werk. Lang ketting polimere vervul hierdie funksie beter. Die medium ketting polimere word wel maklik van die magnetiet afgewas tydens die regenerasie proses. Een moontlike hantering van die probleem is om 'n kort tot medium ketting sterk kationiese polimeer vir die kolloïde destabilisasie en koagulasie te gebruik en dan in 'n opvolgstadium net 'n klein hoeveelheid langketting polimeer by te voeg.

Tipiese polimeerdosisse wissel tussen 0 en 3 mg/l , met 1 mg/l as redelik algemeen. Polimeer tipes wat vermeld word as suksesvol in die proses is Catoleum A-8101 (Kolarik, 1983) en Magnafloc LT 31 (Gregory *et al*, 1988).

3.2.7 Invloed van anorganiese ione

Hoewel elektrostatiese ladings op partikels die grondslag vorm waarop magnetiet onsuiverhede uit water verwyder, word die proses gekomplekseer deur die teenwoordigheid van anorganiese en organiese spesies in die water.

Die literatuur rapporteer die volgende ten opsigte van die invloed wat anorganiese ione in die water op die werking van die Sirofloc proses het :

(a) Onaktiewe ione (Dixon, 1984)

Sekere ione, genoem onaktiewe ione, is ione wat nie sterk geadsorbeer word op die magnetiet nie en ook nie die magnetiet se IEP beïnvloed nie. Hierdie ione, wanneer in groot hoeveelhede teenwoordig, kan egter 'n afskermingseffek op die interaksie tussen aktiewe ione/kolloïde en die magnetiet hê. 'n Hoë ioonsterkte neig dus om die oppervlakaktiwiteit tussen die magnetiet en kolloïde te verminder en die watersuiweringsmeganismes te benadeel.

Voorbeelde van onaktiewe ione is natrium, kalium, chloried, nitraat en sulfaat.

(b) Hardheid (Anderson et al, 1981 en Dixon, 1984)

Die teenwoordigheid van multivalente katione verander die oppervlakeienskappe van 'n oksied in die algemeen en dus ook dié van magnetiet. Ca^{2+} en Mg^{2+} kom redelik algemeen in natuurlike water voor en hul uitwerking op die magnetiet oppervlakeienskappe is dus van besondere belang. Hierdie ione adsorbeer op die magnetiet oppervlak en die omvang van die adsorpsie is 'n funksie van die pH van die water en die kation konsentrasie in die water. Die adsorpsiemeganismes word toegeskryf aan sowel wedersydse elektrostatiese aantrekkingskragte as chemiese kompleksvorming.

Verwys ook na die besprekings in paragrawe 3.1.4, 3.2.2(a) en 3.2.2.(d). Die effek van die adsorpsie is dat die magnetiet se oppervlaklading positief gemaak word by hoër pH-waardes as die IEP van suiwer magnetiet. Hoewel hierdie eienskap voordelig is in die watersuiweringsstappe, is dit egter nadelig in die regenerasieproses aangesien ladingomkering dan nie plaasvind nie.

Samevattend is daar bevind dat

- (i) By pH 4 - 6 is daar weinig adsorpsie van Ca^{2+} en Mg^{2+} op magnetiet.

- (ii) By pH 6 - 8 mag daar, afhange van die hardheid van die water, genoegsame Ca^{2+} en Mg^{2+} op die magnetiet adsorbeer om ladingomkering tydens die magnetiet se regenerasieproses te veroorsaak en dus vrystelling van die geadsorbeerde kleur, klei, ensovoorts te verhoed.
 - (iii) By baie hoë pH-vlakke en genoegsame hoeveelhede Ca^{2+} en Mg^{2+} in oplossing, kan bykans versadiging van adsorpsievlakke op die magnetiet verwag word, en die magnetietoppervlak bly dan positief gelaai by alle pH waardes.
 - (iv) Wanneer adsorpsie soos in (ii) en (iii) plaasvind, kan die magnetiet effektief geregenereer word deur 'n suurwas by pH < 6 uit te voer voordat daar met die alkaliwas en regenerasie begin word.
 - (v) Water wat in die alkali-stadium van die regenerasieproses gebruik word, moet sagte water wees. In die praktyk kan die waswater versag word deur die magnetiet in die laaste wasstap reeds skoon te hê en die vars waswater met hierdie skoon magnetiet te versag voordat dit op die teenstroom beginsel in die vroeëre hoë pH wasstappe gebruik word. In laboratoriumwerk, moet gedistilleerde water gebruik word vir die was- en regenerasieproseses.
- (c) Ione van oorgangsmetale (James & Healey, 1973 en Dixon, 1984)

Die hidrolise van oorgangsmetale speel 'n belangrike rol by adsorpsie daarvan op oksied oppervlakke. Waar Ca^{2+} direk op die magnetiet adsorbeer, sal oorgangsmetale as 'n gehidroliseerde produk elektrostasies daaraan vasheg. Volgens James & Healey (1973) het die swakker gelaai, swakker gehidroliseerde hidrolise komplekse meer vry energie vir adsorpsie op 'n oksied - water interval as die onghidroliseerde ione. Gevolglik is hul adsorpsie op magnetiet net betekenisvol by daardie pH-waardes waar die gehidroliseerde spesies in hoë konsentrasies voorkom.

(NOTA : Die verwydering van oorgangsmetale vanuit water word ook bewerkstellig deur yster en O_2 by te voeg sodat 'n ferrietslikpresipitasie op die gesuspendeerde magnetiet vorm, soos later bespreek word in paragraaf 3.3.)

(d) Aluminium, Yster en Mangaan (Dixon, 1984 en Gregory et al, 1988)

Aluminium word ook soos die alkali-aardmetale (byvoorbeeld Ca^{2+}) direk op die gehidroliseerde magnetietoppervlak geadsorbeer (Dixon 1984). Gregory et al (1988) rapporteer dat aluminium adsorpsie baie effektief is by pH-waardes hoër as 5,5, maar dat adsorpsie progressief afneem soos wat die pH onderkant 5,5 daal. Laasgenoemde outeur rapporteer ook dat

(i) yster-ione geadsorbeer word, en wel met toenemende effektiwiteit soos wat die pH vanaf 5,5 tot 4,0 daal

(ii) mangaan slegs geadsorbeer word by pH waardes groter as 6,5.

Nadebaum & Fish (1985) rapporteer dat die yster en mangaan in 'n geoksideerde vorm op magnetiet adsorbeer.

(e) Fosfate (Ahamad et al, 1992 en Dixon, 1984)

Fosfate adsorbeer chemies op oksiedoppervlakke soos dié van magnetiet. Eksperimentele werk soos gerapporteer deur Dixon (1984) op sowel 'n kunsmatig bereide fosfaatoplossing as rioolwater wat onderskeidelik 8 mg P/l en 8,3 mg P/l bevat het, het getoon dat meer as 80 % fosfaatverwydering plaasvind wanneer die medium by pH 6-8 is. Optimum verwydering (bykans 90 %) blyk by 'n pH 7 - 7,5 plaas te vind.

Ahamad et al (1992) het die verwydering van ortofosfaat en heksametafosfaat m.b.v. chemiese koagulasie, gevolg deur presipitasie op magnetietpartikels en dan afskeiding van die konglomeraat m.b.v. hoë gradiënt magnetiese skeiding, ondersoek. Volgens hierdie artikel was die navorsers in staat om ortofosfaat by 'n optimum pH van 4 vanaf 'n 20 mg/l konsentrasie in water tot minder as 0,8 mg/l te verminder deur dit met aluminiumsulfaat te koaguleer en op magnetiet te flokkuleer. Soortgelyk is heksametafosfaat by 'n optimum pH van 12 vanaf 20 mg/l tot 1,24 mg/l verminder deur dit met kalsiumnitraat te koaguleer en op magnetiet te laat presipiteer. Die gevormde vlokke is dan magneties met 'n relatief hoë verwyderingstempo uit die water verwyder.

3.2.8 Oorwegings met betrekking tot pH

Die belangrikheid van pH in sowel die suiweringsaanleg as die regenerasie-aanleg is reeds in 3.1.2, 3.1.4, 3.2.2(a) en (d), 3.2.3, 3.2.5 en 3.2.7 toegelig. Die volgende inligting is ook van belang :

- (a) Die losskeur van troebelheid van die magnetietoppervlak tydens die magnetisering van laasgenoemde, word die "troebelheidslosskeuring" genoem. Verwys ook na 3.2.6. Hierdie troebelheidslosskeuring verminder met verlaging in die suiweringsproseswater se pH en word in geheel uitgeskakel by pH 4 en laer (Anderson et al, 1979).
- (b) Vlakke van opgeloste yster in die geproduseerde drinkwater verhoog soos wat pH verlaag. (Verwys na 3.1.2). Anderson et al (1983) rapporteer dat die sodanig opgeloste yster 0,1 mg/l oorskry wanneer die suiweringsproseswater se pH kleiner is as 5.
- (c) Die gebruik van 'n polimeer as hulplokkulant bring mee dat die suiweringsproses by 'n relatief hoër pH uitgevoer kan word (Gregory et al, 1988).
- (d) Die toevoeging van 'n oksideermiddel soos H_2O_2 tot die magnetietflodder in die finale regenerasiestadium verhoog die magnetiet se adsorpsie-eienskappe en veroorsaak dat die suiweringsproses by 'n relatief hoër pH bedryf kan word (Weiss & Raper, 1981 en Kolarik, 1983).

3.2.9 Roerintensiteite

Die optimum vermengingsvereistes in die 'Sirofloc' proses kontaktenks is 'n funksie van die tipe polimeer en die tipe stuur wat gebruik word. (Anderson et al, 1981).

Wanneer lang ketting polimere gebruik word, lewer relatief hoë vermengingsenergie die beste onsuiverheidsverwydering. Met korter ketting polimere is die gevormde vlokke egter meer geneig om op te breek en gevolglik moet laer energie-insette gelewer word.

Die stuur tipe speel ook 'n beduidende rol. Ten einde vergelykbare resultate te verkry, benodig 'n geskuinste lem turbine stuur 'n kleiner deursnit en laer energie-inset as wat by 'n vertikale platlem pedaalstuur die geval is.

In bekertoetse waarby 1 ℓ bekere gebruik is, het Anderson et al (1981) ten opsigte van een gegewe polimeer gevind dat die optimum uniforme snelheidsgradient (G) tussen 90 en 130 s^{-1} is, afhangende van die stuwertipe wat gebruik is.

Ander inligting rakende die roermetodes en intensiteit is soos vervat in Tabel 5.

TABEL 5 : ROERGEGEWENS

Verwysing	Reaktor/Beker Grootte	Proses in Reaktor	Roerstuwer			Omwenteling spoed (opm)
			Tipe	Afmetings (mm)	Hoogte bokant reaktor- vloer	
Weiss & Raper (1981)	240 ℓ (4 x)	Magnetiet kontak met rouwater	Platlem Pedaal	-	-	-
Kolarik (1983)	1 ℓ vierkantig	Magnetiet kontak met rouwater	Platlem Pedaal	25 x 75	-	160-200
Anderson <u>et al</u> (1983)	206 ℓ (4 X)	Magnetiet kontak met rouwater	Platlem Pedaal	127 x 380	Reaktor- hoogte/3	53
Anderson <u>et al</u> (1983)	20 ℓ	Magnetiet in eerste wasreaktor	Turbine	-	-	700
MacRae & Evans (1984)	200 ml beker	Magnetiet vir bakterieë adsorpsie	-	-	-	138-234 Optimum 170
Booker <u>et al</u> (1991)	1 ℓ kubies : 100 x 100 x 100 mm	Magnetiet kontak met rouwater	Platlem Pedaal	25 x 75	-	160
Booker <u>et al</u> (1991)	375 ℓ : 750 $\varnothing$ x 900 H	Magnetiet kontak met rouwater	2 Turbines op een skag	30 mm $\varnothing$ 4 lemme @ 45° lemwydte 60 mm	-	90

3.2.10 Magnetisering en demagnetisering

Die literatuur verskaf slegs terloopse inligting ten opsigte van die magnetiseringstoerusting, magneetskeiers en demagnetiseringstoerusting wat in die Sirofloc prosesontwikkeling gebruik is. Hierdie inligting is in Tabel 6 saamgevat.

TABEL 6 : MAGNETIESE TOERUSTING GEBRUIKE

Verwysing	Aanleg Besonderhede	Flokkuleer- magnete	Magneetskeiers	Demagnetiseer- toerusting
Kolarik (1983)	Bekertoetse	Plat keramiek 1000 G permanente magneet		Eclipse kat. no. 960, Sheffield, VK
Anderson <u>et al</u> (1983)	Loodsaanleg	600 T	3-Pool elektro- magneet drom- skeiers : 190 mm wyd, 300 mm Ø, 9 opm, veldsterkte 600 T by drom	-
Atherton & Bell (1983a)	Bekertoetse	-	-	50 Hz 240 V 0,8 A WS spoel
Nadebaum & Fish (1985)	Volskaal Aanlegte	-	Kettingaangedrewe magnetiese dromskeiers bedryf teen 13 opm	-

3.2.11 Waswater wegdoening

Aangesien magnetiet die hooflokkulant in die Siroflocproses is en dit herwin word, bevat die proses se uitskot waswater minder slik as wat met metaalsout gebaseerde prosesse of hoë pH prosesse die geval is.

Die Sirofloc uitskotwater wat sowat 3 % tot 6 % van die aanleg se totale rouwaterinname beslaan, bevat al die onsuierhede wat vanuit die hoofstroom verwyder is en het 'n hoë pH vanweë die NaOH wat tydens die regenerasieproses daaraan toegevoeg is. Wanneer hierdie hoë pH uitvloeisel vir drie dae in 'n dam gehou word waar dit aan die atmosfeer blootgestel is, veroorsaak CO₂ opname dat die pH van die uitvloeisel tot 8,5 verlaag. Hierdie uitvloeisel kan op land, rivier of see gedisponeer word. Dit kan ook met aluin, FeCl₃ of 'n polimeer geflokkuleer word en ná verheldering kan die bowater na die suiweringsaanleg se inlaatkant gehersirkuleer word. (Anderson et al, 1979 en 1983).

By Morehall in Brittanje het 'n Sirofloc loodsaanleg 'n uitvloeisel geproduseer met gehalteparameters soos per Tabel 7 (Gregory et al, 1988).

TABEL 7 : UITSKOT WASWATERGEHALTE BY DIE MOREHALL SIROFLOC LOODSAANLEG
(Gregory *et al*, 1988)

GEHALTE PARAMETER	EENHEID	WAARDE
pH		10 tot 11,8
Totale kleur	Hazen	700 tot 960
Ware kleur	Hazen	600 tot 850
Troebelheid	NTE	32 tot 50
Aluminium	mg Al/l	1,8 tot 4,6
Yster	mg Fe/l	3,8 tot 8,4
Totale organiese koolstof	mg/l	60 tot 90
CSB	mg/l	160 tot 220
Geleidingsvermoë	$\mu\text{S/cm}$	450 tot 600

Hierdie uitvloeisel is suksesvol in 'n klein loodsskaal aktiefslyk rioolbehandelingsaanleg behandel, waar die Sirofloc uitvloeisel tot 20 % van die rioolaanleg se invloed uitgemaak het.

In eksperimentele werk wat tans gedoen word om rioolwater met magnetiet te suiwer, word die uitvloeisel anaerobies verteer. In hierdie verband word die leser na Booker *et al* (1991) verwys.

3.2.12 Proses toepasbaarheid en voordele/nadele

Anderson en Priestley (1983) rapporteer dat magnetiet suksesvol getoets is vir die suiwering van water vanuit 'n wye verskeidenheid van natuurlike bronne en maak die gevolgtrekking dat die Siroflocproses oor net so 'n wye spektrum van rouwatergehaltes aangewend kan word as wat met aluingebaseerde prosesse die geval is. Verwys ook na die bespreking in 3.2.1 en 3.4.2.

Nadebaum & Fish (1985) gee 'n breedvoerige bespreking oor die toepaslikheid van die Sirofloc proses. Enkele aspekte hiervan word hieronder samevattend uitgelig :

(a) Rouwater met hoë kleur

Water met hoë kleur en lae troebelheid is dikwels moeilik flokkuleerbaar met aluin. Die aluin-vlokkie besink stadig en met direkte filtrasie word hoë vlakke van aluindosering dikwels benodig. Daarteenoor bied die Siroflocproses, asook opgeloste lugflottasie effektiewe behandelingsmetodes aan vir water met hoë kleur. Magnetiet is besonder effektief in die verwydering van kleur.

(b) Troebelheid van water

Hoë troebelheid water kan suksesvol met die Sirofloc proses gesuiwer word. Partikels wat troebelheid veroorsaak neem egter langer as kleur om op magnetiet te adsorbeer en vereis groter hoeveelhede waswater tydens die regenerasieproses.

(c) Alkaliniteit en hardheid

Die Siroflocproses werk besonder goed met lae alkaliniteit water aangesien min chemikalië dan benodig word om die pH van die proseswater te verstel. Die invloed van hardheid is reeds voorheen bespreek. **Lae alkaliniteit sagte water gekombineer met hoë kleur en lae troebelheid is gevolglik 'n baie gunstige water vir behandeling in die Siroflocproses.** Daarteenoor is sodanige water moeilik behandelbaar met metaalsoutgebaseerde koagulasieprosesse.

'n Voordeel wat die Sirofloc proses bokant die aluinproses het is dat die voorkoms van aluminium in drinkwater beperk word.

3.2.13 Ekonomiese lewensvatbaarheid

3.2.13.1 Kapitaalvereistes

Voordele wat die Siroflocproses bo die konvensionele metaalsout flokkulasie met besinking en filtrasie bied, is dat magnetietflokkulasie in 'n korter tyd voltooi word, besinking sowat 10 keer vinniger geskied en filtrasie nie benodig word nie. Prosestenks en strukture is dus minder en kleiner. Aan die ander kant vereis die Siroflocproses regenerasietoerusting wat sowat 25 - 35 % van die totale Sirofloc kapitaalkoste uitmaak. (Anderson & Priestley, 1983 en Anderson et al., 1983).

Nadebaum en Fish (1985) beraam dat die Siroflocproses se kapitaalvereistes sowat 60 % is van dié van 'n gelyke kapasiteit konvensionele flokkulasie, besinking en filtrasie aanleg en sowat 90 % van die kapitaalvereistes van 'n direkte filtrasie of 'n opgeloste lugflottasieaanleg. 'n Hoë troebelheid water sal egter veroorsaak dat die kostebesparing verminder. (Verwys na 3.2.12).

3.2.13.2 Bedryfsaspekte

(a) Koste

By die Mirrabooka watersuiweringswerke is daar 'n 35 M ℓ /d Sirofloc aanleg ingerig waarvan die bedryfskoste in 1979 baie dieselfde was as dié van 'n aluin-gebaseerde proses. (Anderson et al, 1979). Die Sirofloc se kragaanvraag was 9 keer hoër as dié van die aluinproses, maar was weer goedkoper met betrekking tot chemikalie-koste en slikhantering.

Die vergelykende bedryfskoste is egter uiteraard baie sensitief vir die gehalte van die rouwater wat onder beskouing is. Lae alkaliniteit sagte water met hoë kleur en lae troebelheid sal die Sirofloc proses se bedryfskoste relatief bevoordeel, terwyl hoë troebelheid waters dit weer sal benadeel.

(b) Arbeidsinsette

Arbeidsinsette is soortgelyk aan dié van ander watersuiweringsprosesse. (Nadebaum & Fish, 1985).

(c) Magnetietvervanging

Magnetietverliese uit die Siroflocstelsel word aangegee as ongeveer 1 mg/ ℓ (Nadebaum & Fish, 1985). Dit is minder as 0,01 % van die tipiese magnetiet dosis van 12,5 g/ ℓ .

(d) Proseskontinuiteit en outomatisasie

Die Sirofloc proses is geskik vir maklike onderbroke (aan/af) bedryf en leen hom tot eenvoudige, aaneenlopende werking sonder deurlopende geskoolde toesighouding (Nadebaum & Fish, 1985).

(e) Elektriese kragvereistes

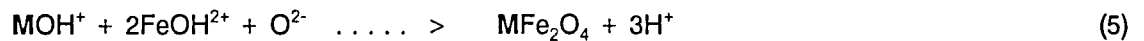
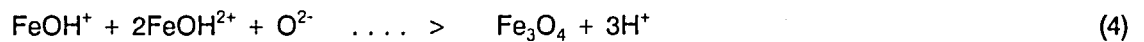
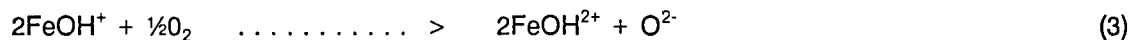
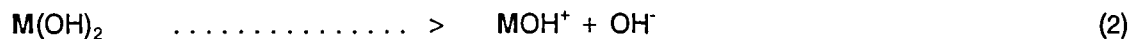
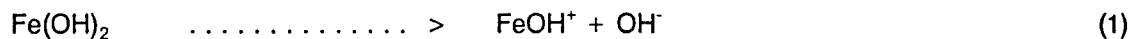
Die kragaanvraag by die Bell Bay Sirofloc-aanleg was in 1985 tussen 30 - 40 kWh per megaliter water gesuiwer. Die moontlikheid van 'n verlaging hiervan met soveel as 5-10 kWh/M ℓ is genoem (Nadebaum & Fish, 1985).

(f) **Onderhoud**

Alle toerusting wat in die Siroflocproses gebruik word is toerusting wat reeds algemeen in gebruik is in die watersuiwerings-, mynbou- en ertsbenuttingsindustrieë en die nodige tegnologie vir vervaardiging en onderhoud is dus goed gevestig (Nadebaum & Fish, 1985).

3.3 SWAARMETAALVERWYDERING UIT WATER

Ito et al (1985) beskryf 'n proses waarby magnetietpoeier as promotor en presipitasiekern optree vir verwydering van swaarmetale soos Cr^{6+} , Ni^{2+} , Zn^{2+} en Cu^{2+} . Hierdie gepresipiteerde metale kan dan met besinking of magneties uit die water verwyder word. In die proses word yster toegevoeg en suurstof deur die water geborrel sodat 'n ferrietslik vorm, wat op die magnetietpartikels presipiteer. Daar word gepostuleer dat die chemiese reaksies in die vorming van ferrietslik verloop soos in vergelykings (1) tot (5) voorgestel.



(M : Swaar Metale)

Die proses vind by kamertemperatuur en pH van ongeveer 8 plaas, dit wil sê waar die magnetiet 'n negatiewe oppervlaklading dra. (Dit is in teenstelling met die aanwendings in die Sirofloc proses, waar die water wat behandel word se pH laer gemaak word sodat die magnetiet 'n positiewe lading dra om negatief gelaaide kolloïdale partikels en anione uit water te verwyder).

Die energie wat benodig word om die reaksie in vergelyking 5 te dryf, is die elektrostatische aantrekkingskragte tussen die negatief gelaaide magnetiet-partikels aan die een kant en die positief gelaaide MOH^+ en FeOH^{2+} aan die ander kant.

3.4 MAGNETIET IN FILTERPROSESSE

3.4.1 Magnetiet as filtermedium

Vanweë sy hoë digtheid kan magnetiet as fyner filter medium in 'n konvensionele multi-media snelval filter aangewend word. (Sanks, 1982).

Bolto et al (1975) beskryf die aanwendingsmoontlikhede van magnetiet as alternatiewe voorbedekmiddel in hulpmiddelfiltrasie (Precoat filtration).

3.4.2 Hoë Gradient Magnetiese Skeiding (HGMS)

Die afkorting HGMS is afgelei van die woorde "High Gradiënt Magnetic Separation" en dui 'n proses aan waarby onder andere water deur 'n sterk magneties gelaaide rooster vloei en sekere partikels in die water dan magneties in die rooster vasgevang word. Hierdie rooster word dan, soortgelyk aan filterwasoperasies, van tyd tot tyd uit bedryf geneem, ontlaaie en skoongespoel. Die prosesbeginsels en -toerusting word in Ahamad et al (1992), Ouellette et al (1978) en De Latour (1976) beskryf. Sekere toepassings word deur Ahamad et al (1992), Anand et al (1985) en Vanvelsen et al (1988) beskryf. In die toepassings dien magnetiet as draer van onsuiverhede vir die magnetiese afskeiding daarvan uit water.

4. MAGNETIET AS HULPBRON IN SUID-AFRIKA : LITERATUUROORSIG

4.1 MAGNETIETVOORKOMSTE, ONTGINNING EN BENUTTING

Die RSA beskik oor ryk magnetietvoorkomste soos beskryf deur Anhaeusser & Maske (1986) en Taylor et al (1988). 'n Oorsig van die grootste magnetietprodusente word kortliks hieronder verskaf.

4.1.1 Magnetiet in die Phalaborwa Stollingskompleks (Verwys ook na Steynberg, 1990)

By die dorp Phalaborwa myn die Palabora Mining Company Ltd (PMC) en Foskor hoofsaaklik koper en fosfate, terwyl magnetiet as byproduk geprosesseer word.

Die erts waaruit koper gewin word bevat egter slegs sowat 0,5 % koper, terwyl dit bykans 30 % magnetiet bevat. PMC produseer jaarliks sowat 5 miljoen ton magnetiet en 20 % hiervan is magnetiet met 'n titaanhoud van minder as 1 %. 'n Fraksie van laasgenoemde magnetiet, ook genoem Lo-Ti magnetiet, word aan steenkoolwasserye verkoop wat die magnetiet as swaarmedium benut vir flottasie van steenkool. Die oorblywende magnetiet word opgehoop en in Februarie 1990 was daar reeds sowat 140 miljoen ton magnetiet opgehoop. Die Lo-Ti magnetiet is ook by uitstek geskik vir gebruik in die watersuiweringsprosesse, soos later aangedui sal word.

Die Lo-Ti magnetiet word by Phalaborwa kommersieel beskikbaar gestel teen 'n koste van R68/ton (Mei 1992 prys). Vervoerkoste moet nog hierby gereken word. Tipiese spoorvragkoste vanaf Phalaborwa tot die PWV- gebied en tot in Heidelberg in die Kaap is onderskeidelik R68/ton en R199/ton. Die gradering en chemiese samestelling van hierdie magnetiet word in 'n latere hoofstuk aangebied.

4.1.2 Magnetiet in die Bosveld Stollingskompleks

Die Bosveld kompleks is 'n pieringvormige afsetting in Transvaal wat in die noord-suid rigting en die oos-wes rigting onderskeidelik oor sowat 150 km en 350 km strek. Die geologiese some (Merensky Rif) bevat ryk afsettings van chromiet, platinum en vanadiumbevattende magnetiet, wat almal vir hul ekonomiese waarde ontgin word. Omvattende magnetietontginning uit die rif word by Roossenekal en Brits beoefen.

By Roosenekal myn die Mapochsmyn vanadiumryke magnetiet wat vir staal en vanadiumproduksie aangewend word.

By Brits ontgin VAMETCO ook magnetiet, maar suiwer vir die vanadiuminhoud daarvan. Die gemynde magnetiet word fyngehaal, chemies behandel en in hoogoonde gesmelt. Na onttrekking van die vanadium stol die magnetiet en word dit as byproduk gedisponeer.

4.1.3 Magnetiet in Richardsbaai duine

'n Duinstrook aan die seekus noord van Richardsbaai, 17 km lank en 1 tot 1,5 km breed, bevat groot hoeveelhede swaar metale wat deur "Richards Bay Minerals" (RBM) vir hul ekonomiese waarde ontgin word. Sirkonium en titanium tel onder hierdie minerale wat bemark word. Magnetiet met korrelgroottes van 250 μm en kleiner (gemiddeld ongeveer 150 μm) kom ook in die duine voor en word as byproduk van die gemynde materiaal afgeskei. Tans word hierdie afskeiding nie meer gedoen nie aangesien daar sowat ½ miljoen ton magnetiet reeds opgehoop is en slegs klein gedeeltes daarvan deur Kimony (Edms) Bpk aangekoop en in Europa bemark word. Volgens RBM is dit egter maklik om produksie van die magnetiet (deur afskeiding) te hervat teen 'n tempo van 20 ton per maand.

5. MAGNETIET AS VLOKMIDDEL IN WATERSUIWERING : EKSPERIMENTELE WERK

5.1 MONSTERBENAMING EN KARAKTERISERING

5.1.1 Monsterbenaming

Ses magnetietmonsters van meer as 20 kg elk is vanaf die vier vernaamste magnetietontginningsgebiede in Suid-Afrika verkry, teweete Phalaborwa, Richardsbaai, Roossenekal en Brits.

Daar is twee monsters vanaf Phalaborwa verkry, wat uit verskillende gesteentes afkomstig is en word genoem **PMC 1** en **PMC 2**. **PMC 1** is 'n verpoeierde magnetiet wat uit foskoriet-gesteentes ontgin word en dit het oor die algemeen 'n titiaanoksiedinhoud van tussen 1,5 % en 4 % . **PMC 2** is 'n verpoeierde magnetiet wat uit die karbonatietgesteentes ontgin word en dit het oor die algemeen 'n titiaanoksiedinhoud van minder as 1,5 % (m/m) (Steynberg, 1990). Beide hierdie monsters is deur die Palabora Mining Company geskenk.

Daar is twee monsters vanaf Richardsbaai verkry, wat uit dieselfde ertsliggaam afkomstig is, maar in verskillende grade van verwerking beskikbaar gestel is. Die monsters word onderskeidelik **RBM 1** en **RBM 2** genoem. **RBM 1** is 'n onvergruiste fyn magnetietsand wat saam met ander minerale uit die duine langs die see ontgin word en van die ander minerale afgeskei word. Hierdie ontginning word deur "Richards Bay Minerals" gedoen en die magnetiet word dan deur Kimony (Edms) Bpk verwerk en bemark. **RBM 2** is net 'n verpoeierde vorm van **RBM 1**. Beide die **RBM 1** en **RBM 2** monsters is deur Kimony (Edms) Bpk geskenk.

Een monster is vanuit die vanadiumryke magnetieterts naby Brits afkomstig en is deur die maatskappy **VAMETCO** geskenk. Die magnetiet word in hierdie verhandeling **BRITS 1** genoem en is die verpoeierde byproduk nadat vanadium uit die erts ge-ekstraheer is.

Een monster is afkomstig vanaf en geskenk deur die Mapochsmyn naby Roossenekal en is in die vorm van 'n growwe gruis beskikbaar gestel. Hierdie monster word **Mapoch 1** genoem.

'n Adreslys van bogemelde magnetietverskaffers, verskyn in **Bylae I**.

Magnetietmonsters soos verkry vanaf die produsente is wel vir sekere doeleindes verwerk, maar vanweë die korrelgrootte van die partikels en onsuiverhede wat in die erts ingesluit is, is dit nog nie geskik vir gebruik in watersuiwering nie. Bogemelde magnetiet word vir die doeleindes van hierdie verhandeling as onverwerkte magnetiet beskou.

Foto 1 in die fotobylae lewer 'n visuele demonstrasie van die voorkoms van onsuiverhede tussen die onverwerkte magnetietpartikels. Die glasbekers in **Foto 1** bevat die waswater, wat verkry is nadat die monsters PMC2, BRITS 1, MAPOCH 1 en RBM 1 in gedistilleerde water geroer en die waswater vanaf die magnetiet gedekanteer is.

5.1.2 Partikelgrootte en soortlike gewig van onverwerkte monsters

5.1.2.1 Partikelgrootte

Die Mapoch 1 magnetietgruis is beskikbaar gestel as growwe gruis met 'n nominale partikelgrootte van etlike millimeters. Hierdie gruis is vervolgens met 'n walsbreker ("gyratory crusher") fyner gemaak tot 'n nominale partikelgrootte, soos bepaal in 'n sifanalise, van tussen 250 μm en 600 μm .

RBM 1 Magnetietsand se nominale partikelgrootte, soos bepaal in 'n sifanalise, lê tussen 75 μm en 250 μm .

Die ander magnetietmonsters is as poeier beskikbaar gestel. Twee van hierdie verpoeierde monsters, teweete PMC 2 en BRITS 1, se partikelgrootteverspreiding is by "Warman Research & Development" se laboratorium in Germiston met behulp van 'n "Malvern Laser Sizer System 3601" bepaal. (Sien verwysings in **Bylae I** en beskrywing in 5.1.4.2). Die resultate word in **Figure 4a en 4b** aangebied. (Let op dat magnetiet nie volledig gedemagnetiseer kan word nie (sien paragraaf 5.2). Metodes wat gebruik word om partikelgrootte te meet, moet dus in staat wees om die interpartikulêre aantrekking te oorkom en die partikels van mekaar los te skeur tydens die meting. Partikelgrootte meting m.b.v. diskrete besinking is, onder andere, nie geskik om fyn magnetiet se partikelgrootte mee te meet nie.)

5.1.2.2 Soortlike gewig en partikeldigtheid

Die soortlike gewig (SG) van die ingesamelde magnetietmonsters is volgens toetsmetode Calif.209-A, soos beskryf in Materials Manual (1963), bepaal. Die spesifieke toetsbesonderhede is as volg :

- (a) Weeg 'n skoon, droë 50 ml volumetriese fles gevul met $20 \pm 1^\circ\text{C}$ gedistilleerde water, tot die naaste 0,0001 g en noteer die massa as W_a .
- (b) Droog die magnetietmonster vir 12 ure by 110°C en weeg W_o gram (30-40 g) daarvan tot die naaste 0,0001 g af. Dra hierdie massa volledig oor na die volumetriese fles en voeg ± 30 ml gedistilleerde water by. Roer die inhoud van die fles vir 5 minute op 'n magnetiese roerder volgens metode S, soos beskryf in 5.1.6.2(b), en week verder vir 12 ure om die magnetietpartikels volledig te benat. Verwyder enige ingeslote lug deur die monster aan 'n gedeeltelike vakuum te onderwerp. Vul die fles met gedistilleerde water en verseker 'n temperatuur van $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ten opsigte van die fles se inhoud. Weeg die fles met inhoud en noteer die massa as W_b gram.

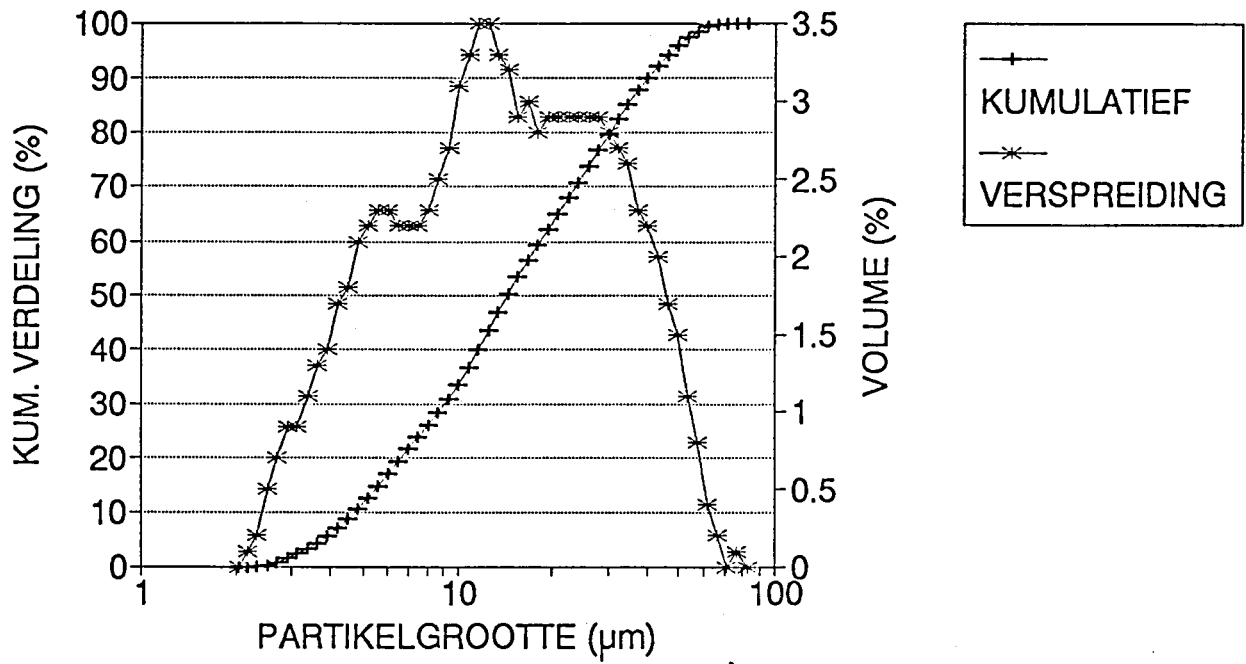
$$\text{Bereken as volg : } SG = \frac{W_o}{W_o + W_a - W_b}$$

Die partikeldigtheid word bereken as $998 \times SG$, aangesien die digtheid van water by 20°C 998 kg/m^3 is.

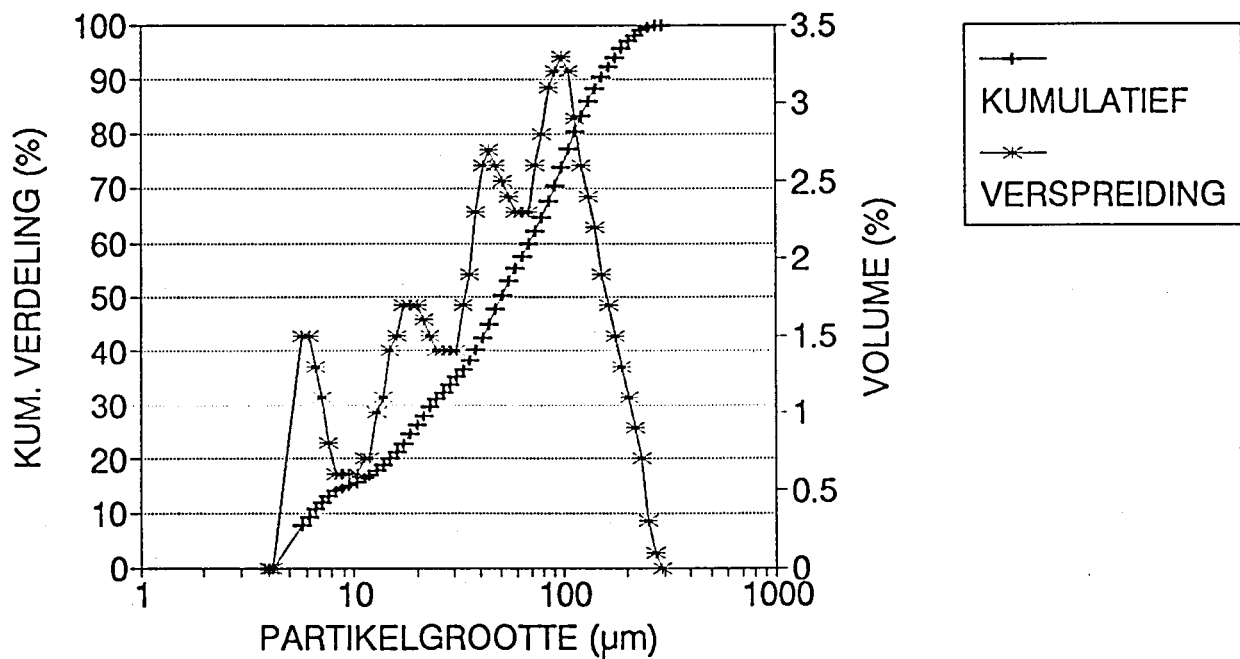
Die resultate word in Tabel 8 getoon.

TABEL 8 : PARTIKELDIGTHEID VAN PLAASLIK INGESAMELDE MAGNETIET

MAGNETIETMONSTER	SG	PARTIKELDIGTHEID (kg/m^3)
Mapoch magnetietgruis (MAPOCH 1)	4,71	4 700
RBM magnetietsand (RBM 1)	5,04	5 030
RBM magnetietpoeier (RBM 2)	4,85	4 840
Brits magnetietpoeier (BRITS 1)	4,56	4 550
Phalaborwa magnetietpoeier (PMC 1)	4,94	4 930
Phalaborwa magnetietpoeier (PMC 2)	5,02	5 010



FIGUUR 4a : GRADERING VAN ONVERWERKTE PMC2



FIGUUR 4b : GRADERING VAN ONVERWERKTE BRITS1

5.1.3 Chemiese ontleding en seleksie vir verdere gebruik

Al ses bogemelde magnetietmonsters se chemiese samestelling is deur dr Martin Sharpe van Rocklabs cc (Sien Bylae I) ontleed volgens die "fusion disk" metode. Die resultate word in Tabel 9 gerapporteer. Die suiwerste magnetiet kom by Phalaborwa voor. (Dit dien vermeld te word dat die chemiese samestelling wat in Tabel 9 gerapporteer is, net geld ten opsigte van die spesifieke monsters wat geneem is).

Die samestelling van die ertsliggame in die algemeen word onder andere deur Anhaeusser & Maske (1986), Taylor et al (1988) en Steynberg (1990) beskryf.

Vir die doeleindes van die watersuiweringsondersoeke, is drie tipes magnetietmonsters geselekteer, te wete die BRITS 1 magnetiet, as verteenwoordigend van magnetiet met 'n relatief hoë titaanhoud, RBM 1 magnetiet as verteenwoordigend van magnetiet met 'n "middelslag" titaanhoud en PMC 2 magnetietpoeier, as verteenwoordigend van magnetiet met 'n lae titaanhoud. Die seleksie is op grond van die titaanhoud gedoen, aangesien laasgenoemde die vernaamste kontaminant is wat in vaste oplossing in magnetiet voorkom. (Verwys na paragrawe 3.1.1 en 3.1.6). Die keuse verteenwoordig ook 'n verspreiding ten opsigte van die geografiese voorkoms van die ingesamelde magnetiet.

TABEL 9 : CHEMIESE SAMESTELLING VAN PLAASLIK INGESAMELDE MAGNETIETERTS MONSTERS

VERBINDING	MASSASAMESTELLING VAN DIE ERTS (%)					
	PMC 1	PMC 2	RBM 1	RBM 2	BRITS 1	MAPOCH 1
SiO ₂	0,52	0,00	0,76	5,87	3,10	1,01
TiO ₂	2,64	0,96	4,73	6,63	12,05	12,48
Al ₂ O ₃	0,48	0,59	0,80	0,76	3,79	3,62
Fe ₂ O ₃	91,74	95,52	91,37	75,74	77,62	79,51
MnO	0,24	0,20	0,79	0,17	0,21	0,19
MgO	2,96	2,06	0,16	0,17	1,00	0,11
CaO	0,63	0,85	0,11	0,26	0,52	0,25
P ₂ O ₆	0,07	-	0,01	0,03	0,03	0,02
Cr ₂ O ₃	0,15	0,15	0,92	0,92	0,41	0,87
NiO	0,05	0,05	0,04	0,03	0,05	0,07
V ₂ O ₆	0,17	0,13	0,60	0,44	2,09	1,71
ZrO ₂			0,00	9,33	0,00	0,00
Totaal	99,65	100,51	100,29	100,35	100,87	100,84

5.1.4 Vergruising en klassifikasie

5.1.4.1 Algemeen

In 5.1.3 is genoem dat PMC 2 magnetietpoeier, BRITS 1 magnetietpoeier en RBM 1 magnetietsand geselekteer is vir verdere verwerking en gebruik in watersuiweringsondersoeke.

5.1.4.2 Toerusting

Monsters van bogemelde magnetiet is met die bystand van "Warman Research and Development" by hul laboratorium in Germiston m.b.v. 'n 15 kW "Warman Nutating High G Mill Mark I" gemaal en met 'n "Warman Cyclosizer Model M8" geklassifiseer. (Sien verwysings in **Bylae I**). Beide die meul en die sikloonskeier ("cyclo sizer") word in die **Fotobylae** getoon. Die sikloonskeier is opgebou uit 'n reekse van vyf sikloonkeëls. Hierdie keëls is sodanig ontwerp dat partikels van 'n bepaalde grootte in elkeen van die siklone vasgevang word en die kleiner partikels vanuit die sikloonkeël uitgewas word.

Die gemaalde en sikloongeklassifiseerde magnetiet se partikelgrootteverspreiding en spesifieke oppervlakarea is met 'n "Malvern Laser Sizer System 3601" gemeet. Hierdie toerusting meet partikelgrootteverspreiding deur die totale aantal partikels in die monster in 32 bandwydtes van partikelgroottes in te deel. Die indeling word gedoen deur die diffraksie wat die partikels op laserlig uitoefen te meet en te vertolk. Hierdie meting aanvaar dat die partikels die laserlig versprei soortgelyk as wat 'n ronde skyf met gelyke deursnit dit sal doen. Die toerusting word in **Bylae I** en die **Fotobylae** getoon.

5.1.4.3 Prosedures

Vir die maal van die PMC 2 en BRITS 1 magnetiet is 'n 2 kg droë magnetietmonster in die meul gelaai en 1 ℓ water en 7,5 kg gietyster maalballe (15 mm Ø) bygevoeg. Die RBM 1 magnetiet is op 'n later stadium gemaal en hiervoor is 1,5 kg droë magnetiet in die meul gelaai en 1 ℓ water en 7,5 kg 7 mm Ø staal maalballe bygevoeg.

Die magnetiet is daarna vir verskeie siklusse gemaal. Die PMC 2 monster is vir drie siklusse van drie min. elk gemaal. Die BRITS 1 monster is vir vier siklusse van drie min. elk gemaal en die RBM 1 monster vir drie siklusse van twee min. elk.

Verpoeierde magnetiet is vervolgens gedemagnetiseer (die demagnetiseringstoerusting word in 'n latere hoofstuk beskryf) en stuksgewys in die sikloonskeier ingevoer om die 1 tot 10 μm partikels vanaf die ander grootte partikels af te skei. Nieteenstaande die feit dat die sikloonskeier teen die maksimum uitspoeltempo (14 ℓ/min) en minimum uitwastyd (10 min) bedryf is, is die verlangde partikels van 1 - 10 μm grootte vanuit die laaste sikloon saam met die spoelwater uit die sikloonstelsel uitgewas. Hierdie partikels is egter magneties vanuit die uitvloeisel herwin om beskikbaar te kom vir die watersuiweringseksperimente.

5.1.4.4 Resultate

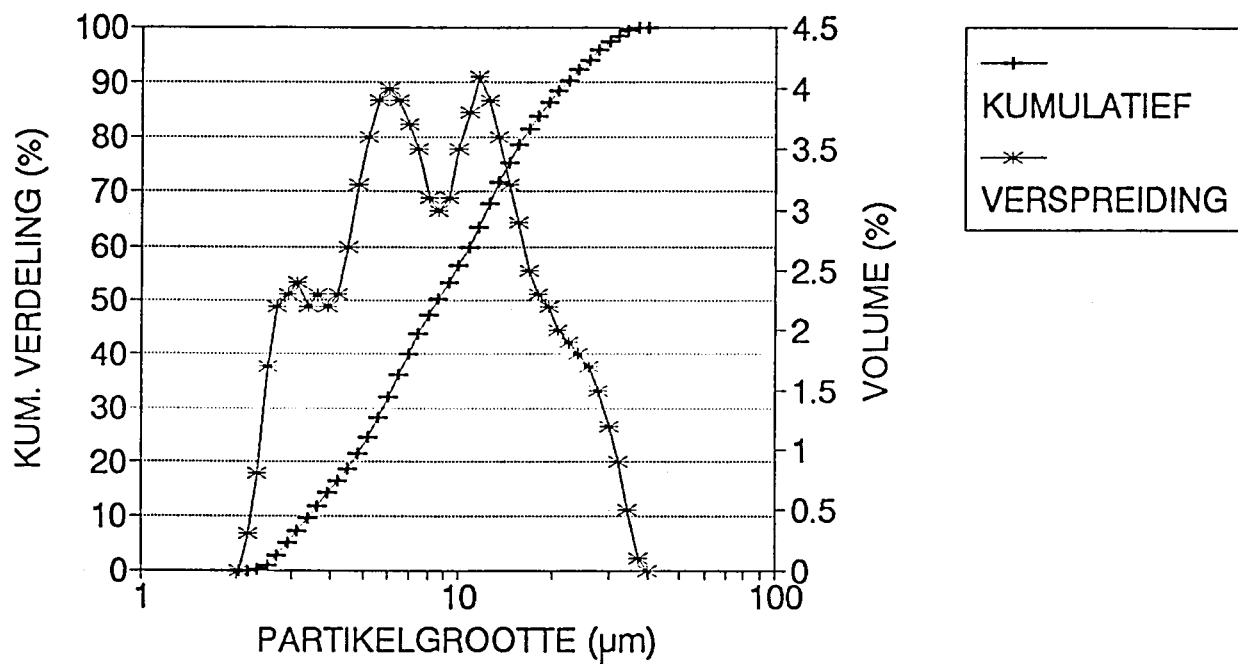
Die partikelgrootteverspreiding van die PMC 2 en BRITS 1 magnetiet nadat dit gemaal is, word in **Figure 5a en 5b** getoon. Soortgelyk, word die partikelgrootte verspreiding van al drie die magnetietipes wat op die sikloonskeier vir watersuiweringstoetse afgeskei is, in **Figure 6a, 6b en 6c** aangebied.

5.1.4.5 Kragverbruik vir die maalproses

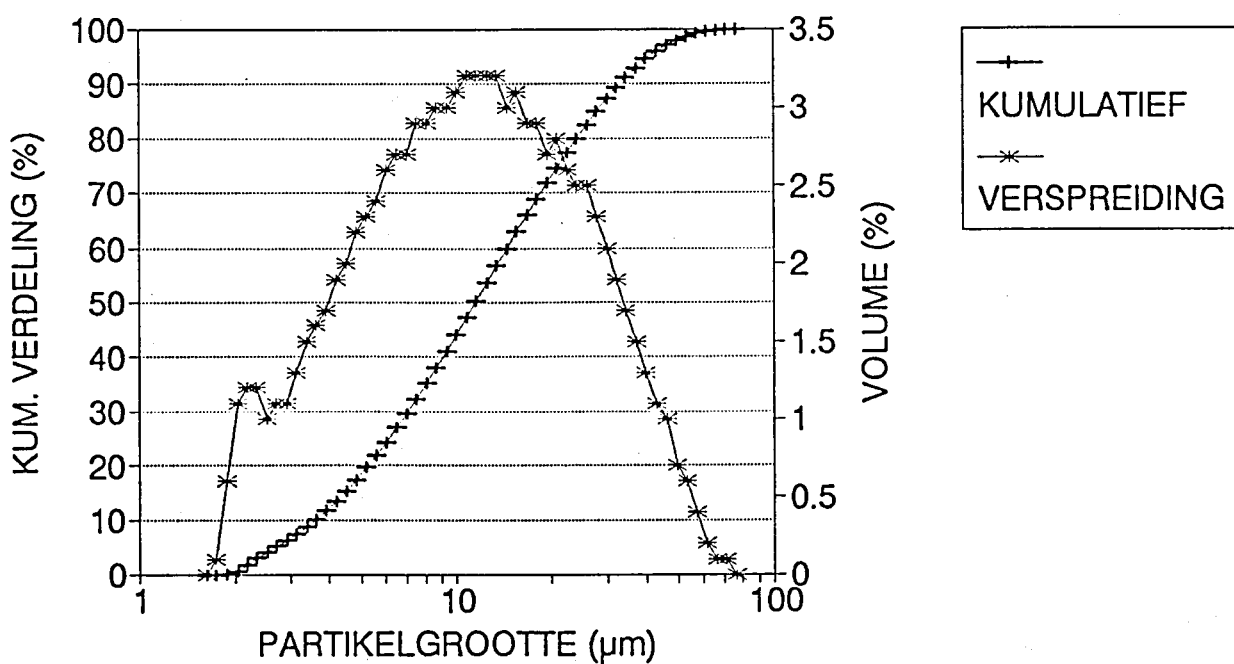
Die kragverbruik om die PMC 2 magnetiet te verpoeier tot die korrelgrootte in **Figure 4** getoon, d.w.s. tot die korrelgrootte waarteen die magnetiet by Palabora Mining Company beskikbaar gestel word, is 22 kWh/ton (Steynberg, 1990). Die kragverbruik ten opsigte van die oorspronklike verwerking van die BRITS 1 magnetiet is nie gerapporteer nie. Die RBM 1 monster was nie tevore vergruis nie.

Korrelgrootte verspreidings soos getoon in **Figure 5** is behaal ná 'n energie-inset van 1 125 kWh/t vir die 9 minuut gemaalde PMC 2 en 1 500 kWh/t vir die 12 minuut gemaalde BRITS 1 monsters. Die energie-inset vir die 6 minuut gemaalde RBM 1 monster was 1 000 kWh/t.

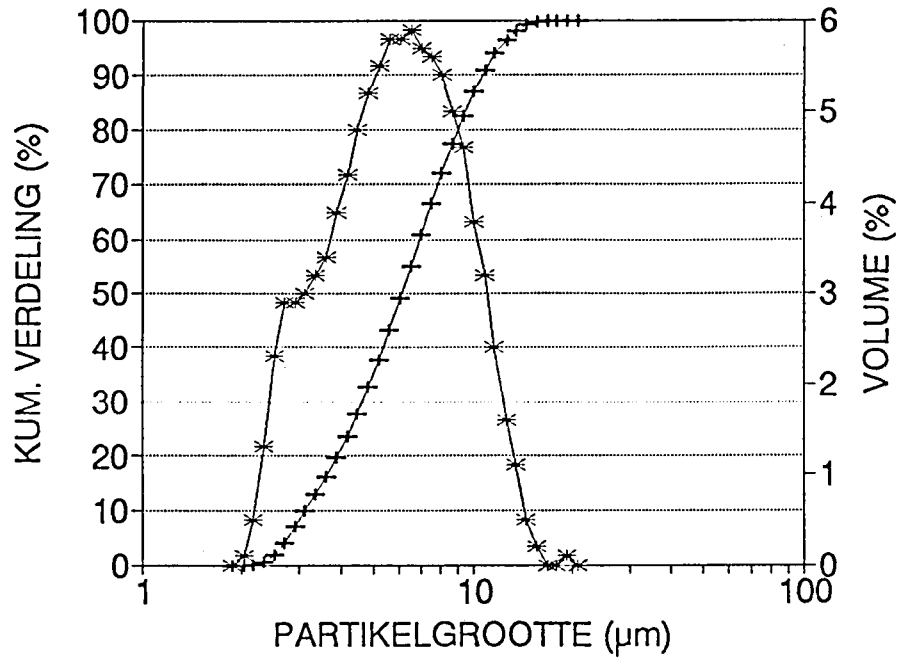
Dit dien vermeld te word dat die laboratorium maalproses wat gebruik is, nie ge-optimiseer was ten opsigte van metodiek en kragverbruik nie, aangesien die doel van die oefening bloot was om fyn magnetiet vir die watersuiweringseksperimente te verkry. Die kleinskaal lotproses wat gebruik is, se kragverbruik is ook minder effektief as wat na verwagting by 'n grootskaalse kontinue proses die geval sal wees. Verder het die laboratorium bestuurder vermeld dat sowat $\frac{2}{3}$ van die meul se energieverbruik inherent aan die tipe meul toe te skryf is en dat daar nuwe/alternatiewe meule op die mark is wat die maalwerk vir sowat $\frac{1}{3}$ van bogemelde kragverbruik sal kan verrig.



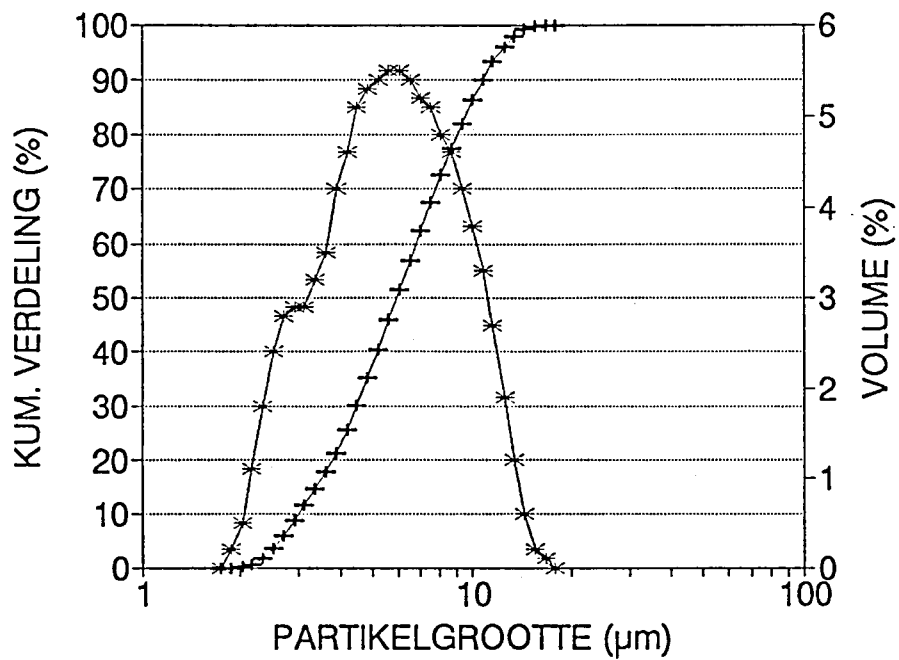
FIGUUR 5a : GRADERING VAN GEMAALDE PMC2



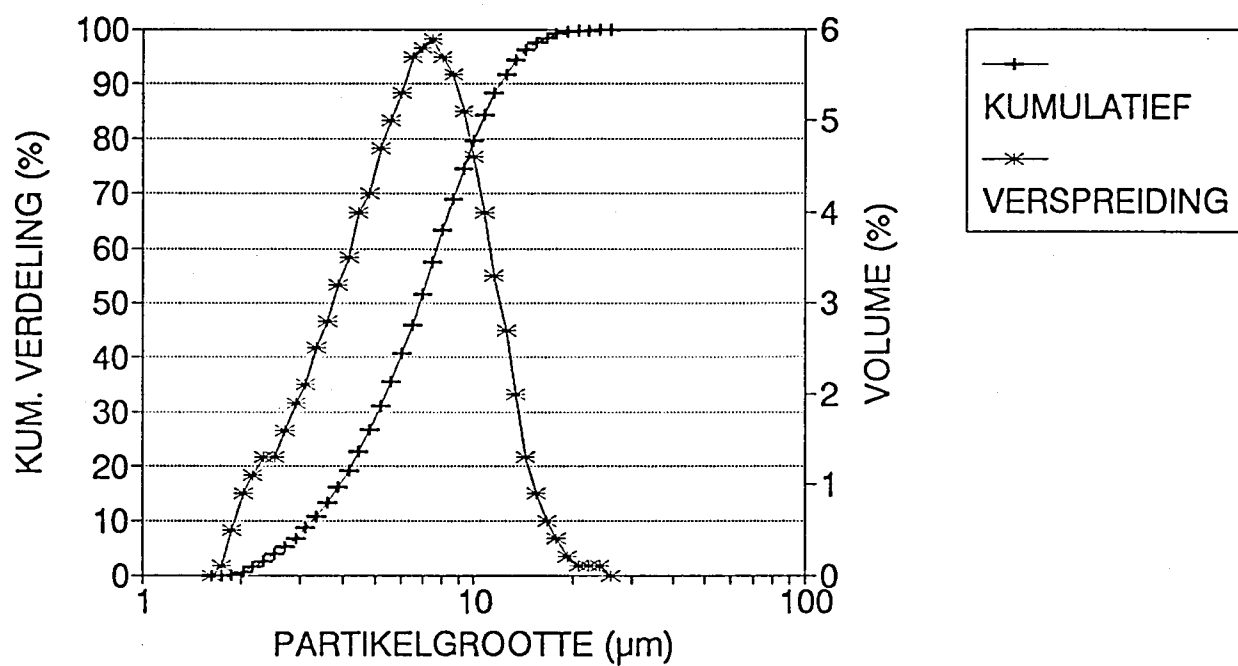
FIGUUR 5b : GRADERING VAN GEMAALDE BRITS1



FIGUUR 6a : FINALE PMC2 GRADERING



FIGUUR 6b : FINALE BRITS1 GRADERING



FIGUUR 6c : FINALE RBM1 GRADERING

5.1.5 Partikel- en volumineuse karakterisering

5.1.5.1 Eienskap beskrywing

Benewens korrelgrootte, waaroor daar in vorige paragraaf gerapporteer is, is inligting insake sekere partikel- en volumineuse eienskappe van magnetiet soos partikeldigtheid, massadigtheid, porositeit en spesifieke oppervlakarea van belang. Hierdie eienskappe word onder andere in berekeninge aangaande die opgaarbehoeftes en transport van die magnetiet en magnetiet-flodder gebruik. In hierdie verband is die onderstaande definisies van toepassing.

Wanneer die volume, wat deur 'n gegewe massa van 'n materiaal opgeneem word, in die massa daarvan ingedeel word, staan die resultaat bekend as **volumedigtheid** en dit word uitgedruk in **kg/m³**. Verskillende volumedigthede word egter gedefinieer afhangende van die wyse waarop volume gemeet word. By **partikeldigtheid (ρ_s)** is die deler die vastestofvolume van die materie alleen, sonder die byrekening van tussenruimtes tussen partikels. By **droë massadigtheid (ρ_m)** word die deler geneem as die volume wat deur die droë gekorrelde materiaal opgeneem word, wanneer dit onverdig in 'n gegewe ruimte ingegiet word. Dit sluit die tussenruimtes tussen partikels in. By **besinkte massadigtheid (ρ_b)** word die deler geneem as die volume wat deur die gekorrelde materiaal opgeneem word, wanneer dit in water besink en dit sluit die watergevulde tussenruimtes tussen die partikels in.

Porositeit van gekorrelde materiaal is die fraksie van die volume van die tussenruimtes in die opgehoopte materiaalliggaam, tot die totale volume wat deur die materiaalliggaam beslaan word. Porositeit is 'n funksie van die graad van verdigting waaronder die materiaal in die gevulde ruimte ingepak is. Van spesifieke belang is die **gestratifiseerde porositeit (ϵ_s)**. Dit is die porositeit wat verkry word wanneer alle partikels volledig in water gesuspendeer word en daarna toegelaat word om volledig en onder gehinderde toestande ("hindered settling") te besink.

'n Partikelmasse se eksterne **spesifieke oppervlakarea (A_s)** is die totale eksterne partikeloppervlakarea per eenheidshoeveelheid (uitgedruk in massa) van die partikels. Hierdie parameter gee 'n aanduiding van die totale beskikbare oppervlak waarteen adsorpsie kan plaasvind.

5.1.5.2 Eksperimentele prosedure en berekeningsformules

'n Porsie oondgedroogte magnetiet met massa M_1 (0,1 kg) is afgeweeë en in 'n 100 ml maatbeker ingegiet. Die volume wat die droë magnetiet in die maatbeker opneem is as V_1 genoteer. Die magnetiet is daarna oorgegiet na 'n 100 ml maatsilinder wat met gedistilleerde water gevul is en volledig gesuspendeer deur die maatsilinder af te seël, verskeie kere om te keer en stil neer te plaas sodat die magnetiet kan besink. Die skynbare volume wat die magnetietmassa in die maatsilinder beslaan na besinking van 5 min, 10 min, 15, min, 30 min, 60 min en 24 uur is onderskeidelik as V_{3a} , V_{3b} , V_{3c} , V_{3d} , V_{3e} en V_{3f} genoteer. Die soortlike gewig (SG) van die magnetiet is daarna bepaal volgens die metode beskryf in 5.1.2.2.

Die soliede volume van die magnetiet word bereken as

$$V_2 = M_1 / (998 \text{ SG}). \text{ (Sien 5.1.2.2).}$$

Partikeldigtheid word bereken as M_1/V_2 en uitgedruk in kg/m^3 .

Droë massadigtheid word bereken as M_1/V_1 en uitgedruk in kg/m^3 .

Besinkte massadigtheid ná verskillende besinktye word onderskeidelik bereken as M_1/V_{3a} tot M_1/V_{3f} en uitgedruk in kg/m^3 .

Gestratifiseerde porositeit van die magnetietmassa, ná verskillende besinktye, word onderskeidelik bereken as $(V_{3a} - V_2)/V_{3a}$ tot $(V_{3f} - V_2)/V_{3f}$ en dimensieloos uitgedruk.

Spesifieke oppervlakarea (A_s) is op die "Laser Sizer" (verwys 5.1.4.2) gemeet as die somtotaal van die oppervlakarea van ekwivalente sfere. 'n Ekwivalente sfeer is 'n sfeer met deursnit gelyk aan die geometries gemiddelde deursnit van partikels in 'n bepaalde bandwydte van deursnee.

5.1.5.3 Resultate

Die gemete en berekende partikeleienskappe word in **Tabelle 10 en 11** opgesom.

TABEL 10 : DROË DIGTHEID EN SPESIFIEKE OPPERVLAKE AREA VAN VERWERKTE MAGNETIET

EIENSKAP	SIMBOOL	EENHEID	WAARDE		
			PMC 2	BRITS 1	RBM 1
Partikeldigtheid	ρ_s	kg/m ³	4 960	4 660	5 060
Droë massadigtheid	ρ_m	kg/m ³	1 500	1 500	1 200
Spesifieke oppervlakte area	A_s	m ² /g	0,231	0,239	0,217

TABEL 11 : BESINKTE MASSADIGTHEID EN POROSITEIT VAN PMC 2 MAGNETIET

EIENSKAP	SIMBOOL	EENHEID	BESINKTYD (Gehinderde Besinking)					
			5 min	10 min	15 min	30 min	60 min	24 hr
			PARAMETER WAARDE					
Besinkte massadigtheid	ρ_b	kg/m ³	1 050	1 150	1 190	1 280	1 380	1 560
Gestratifiseerde porositeit	ϵ_s	-	0,79	0,77	0,76	0,74	0,72	0,68

5.1.6 Was van magnetiet

5.1.6.1 Oorsig

Soos reeds in **paragraaf 3.2.4.2** uitgewys, moet die magnetiet, voordat dit vir watersuiwering gebruik kan word, eers van die los ingeslote en aangeklewe kontaminante gesuiwer word. Hierdie suiwering word gedoen deur dit om die beurt in water met lae pH (suur water), water met neutrale pH (gedistilleerde) water en water met 'n hoë pH (alkaliese water) te was.

5.1.6.2 Eksperimentele prosedure

(a) Wasmedium

Aangesien Ca^{2+} en Mg^{2+} by $\text{pH} > 6$ op magnetiet adsorbeer, moet gedistilleerde water as waswater gebruik word wanneer die magnetiet op laboratoriumskaal in pH neutrale en in alkaliese toestande gewas word. In hierdie eksperimentele werk is gedistilleerde water deurgaans as wasmiddel gebruik. Suur water is opgemaak deur H_2SO_4 by die gedistilleerde water te voeg en alkaliese water deur opgeloste NaOH in gedistilleerde water te voeg.

(b) Roermetode

Daar is van drie roermetodes gebruik gemaak. Metode **P** verwys na vermenging wat met 'n 25 mm x 75 mm platpedaalroerder teen 100 tot 150 opm gedoen is. Metode **S** verwys na vermenging wat met 'n Heidolph MR 2000 magnetiese roerder teen 1 250 opm gedoen is. Geen magneetstafie is gebruik nie, aangesien die magnetiet self magneties deur die magnetiese rotor meegesleur word.

Metode **K** verwys na 'n hoë intensiteit maar kort duur vermenging ≈ 1 sek., deurdat die magnetiet deur 'n wisselstroomspoel met lugkern gestuur word. In die spoel word die magnetiet aan 'n 50 Hz omkerende magneetveld onderwerp. Dit veroorsaak rotasie en transportasie van die magnetiet-partikels.

(c) Skeidingsmetode

Skeiding van magnetiet met vuil waswater is op een van twee metodes bewerkstellig. Metode **A** behels die dekantering (afgooi) van waswater vanaf die magnetiet, terwyl die magnetiet met 'n plat magneet onder in die beker vasgehou word. Hierdie metode **A** is nuttig om van opgeloste, gesuspendeerde en drywende onsuiverhede ontslae te raak. Metode **U** behels die uitlig van magnetiet vanuit die waswater met 'n magneet terwyl die magneet met 'n plastiekbeker, wat kleiner as die wasbeker is, vanaf die magnetiet afgeskerm word. Die afskermbeker word benodig om te verhoed dat die magnetiet aan die magneet self vasklou. Die magneet kan sodoende agterna vanuit die afskermbeker uitgelig word sonder dat die magnetiet aan die magneet bly vasklou. Laasgenoemde metode **U** is meer tydrowend as metode **A**, maar is nodig om van nie-magnetiese partikels, soos silikasand wat in die magnetietmassa ingesluit is, ontslae te raak.

(d) Magnetiseringstoestand

Magnetiet is soms in die gemagnetiseerde toestand, afgekort met toestand **M**, gewas. Andersins is dit in die gedemagnetiseerde toestand, afgekort met toestand **D**, gewas. 'n Was in die gemagnetiseerde toestand (M) is minder effektief aangesien die magnetietpartikels dan magneties aanmekaar kleef en die partikeloppervlak dus moeiliker skoongewas word.

Magnetisering word bewerkstellig deur die magnetiet bloot digby 'n permanente magneet te bring. Demagnetisering word in 'n latere hoofstuk beskryf.

(e) Wasmetode

Aanvanklike pogings om die PMC 2, BRITS 1 en RBM 1 magnetiet te was, het getoon dat laasgenoemde twee 'n baie groter waspoging sou verg as die PMC 2 magnetiet. Die skoonmaak van hierdie drie tipes magnetiet is dus verskillend hanteer en hoewel die was-aksies in alle gevalle op dieselfde prosedures gebaseer is, is die volgorde en aantal herhalings van die wasstappe verskillend van mekaar. Die wasprosedures wat ten opsigte van elke magnetiet tipe gevolg is, word in die volgende paragrawe beskryf.

(f) Suiwerheidstoetse

Die genoegsaamheid van die waspoging is ge-evalueer deur 20 g magnetiet in 1 ℓ gedistilleerde water te doseer, die pH van die water met H_2SO_4 tot tussen pH 5 en pH 6 te verstel en vir 10 minute teen 150 opm met 'n pedaalroerder te roer. Die magnetiet is daarna vir 10 minute oor 'n plat magneet besink, die bowater is onttrek en dan getoets vir toename in kleur en troebelheid. As geen sodanige toename meer plaasvind nie, is die magnetiet as suiwer beskou.

5.1.6.3 Was van PMC 2 magnetiet

(a) Wasprosedure

Ten einde 'n aanduiding van die aanvanklike wasbehoefte van die PMC 2 magnetiet te verkry, is 80 gram 2-12 μm grootte PMC 2 magnetietpoeier aan verskeie wassiklusse onderwerp soos hieronder beskryf :

- (i) Demagnetiseer die magnetiet (toestand **D**) en voeg dit in 'n 1 ℓ glasbeker met 500 mℓ gedistilleerde water. Doseer H_2SO_4 om pH 2 te bereik. Roer hierdie magnetietflodder vir 15 minute met 'n pedaalroerder (Metode **P**). Lig die magnetiet magneties vanuit die suur water (metode **U**), en dra dit oor na 'n ander 1 ℓ glasbeker.
- (ii) Waterwas die magnetiet deur dit telkens vir 1 minuut op 'n magneetroerder (Metode **S**) in twee vervangings van 500 mℓ gedistilleerde water te roer. Die magnetiet is nou gemagnetiseer (toestand **M**). Skei die magnetiet en die water deur om die beurt skeidingsmetodes **U** en **A** soos in 5.1.6.2(c) gedefinieer, te gebruik.
- (iii) Demagnetiseer die magnetiet (toestand **D**) en voeg dit in 'n 1 ℓ glasbeker met 500 mℓ gedistilleerde water. Doseer opgeloste 1 M NaOH om pH 11,5 te bereik en roer met 'n pedaalroerder vir 15 minute (Metode **P**). Lig die magnetiet magneties vanuit die alkaliese medium (Metode **U**) en dra dit oor na 'n ander 1 ℓ glasbeker.
- (iv) Waterwas die magnetiet in twee vervangings van gedistilleerde water soos beskryf in (ii) hierbo.
- (v) Demagnetiseer die magnetiet in water, laat dit vir 15 minute besink en dekanteer die bowater versigtig sonder om die magnetiet naby 'n magneet te bring. Oonddroog die magnetiet.
- (vi) Weeg 20 gram magnetiet af, doseer dit in 1 liter gedistilleerde water en roer vir 10 minute volgens metode **P**. Besink die magnetiet oor 'n magneet vir 10 minute en toets die bowater vir 'n toename in troebelheid en kleur. Indien daar wel 'n toename is, is die magnetiet nog vuil en moet al die magnetiet aan 'n verdere wassiklus (i) tot (v) onderwerp word.

(b) **Resultate**

Die resultate van die "suiwerheidstoetse" wat aan die einde van elke wassiklus uitgevoer is, word in **Tabel 12** getoon.

TABEL 12 : RESULTATE VAN WASWATERONSUIWERHEIDSTOETSE TYDENS WAS VAN PMC 2 ULTRAFYN MAGNETIET

WASSIKLUS NR. (Verwys 5.1.6.3a)	TOEVOEGING VAN ONSUIWERHEDE DEUR DIE MAGNETIET TOT DIE WATER		pH
	TROEBELHEID (NTE)	KLEUR (HAZEN)	
1a	3,5	13	7,0
1b	6,5	12	3,8
2	0,7	0	4,5
3	-	0	5,0
4	0,6	0	5,3

(c) Gevolgtrekking

Die PMC 2 magnetiet is ná die vyfde wassiklus as "skoon" beskou en gebruik in watersuiweringsekseperimente. Hierdie toestand is bereik nadat 40 ml water, 8 mg NaOH en 25 mg H_2SO_4 per gram magnetiet in die wasproses verbruik is. Laasgenoemde hoeveelhede is bloot 'n rekord van wat gebruik is en verteenwoordig nie ge-optimiseerde dosisse nie.

'n Bykomende sowat 200 gram PMC 2 ultrafyn magnetiet is ook tot soortgelyke effek gewas en saam met bogemelde monster in verdere watersuiweringseksperimente gebruik.

5.1.6.4 Was van BRITS 1 magnetiet

(a) Wasprosedure

Aanvanklik was die BRITS 1 magnetiet aan dieselfde wasprosedure as die PMC 2 magnetiet onderwerp, maar dit was gou duidelik dat dit baie vuiler is en 'n uitgebreide wasprosedure benodig word. Die wasprosesse het telkens 'n baie vuil waswater geproduseer en verskeie washerhalings, soos opgesom in **Tabel 13**, is op die magnetiet uitgevoer. Die nie-geoptimiseerde wasmiddelgebruik ten opsigte van water, NaOH en H_2SO_4 was onderskeidelik 800 ml/g ; 16 mg/g en 25 mg/g .

TABEL 13 : AANVANGSWAS VAN 80 g BRITS 1 ULTRAFYN MAGNETIETPOEIER

Was nr.	Wasmiddel		Roermetode	Kontaktyd (min)	Skeldingsmetode	Magnetiseringsstatus
	Beskrywing	Water Hoeveelheid (mℓ)	(Kodes soos per paragraaf 5.1.6.3)			
1.	Water	500	P	5	U	M
2.	Water	250	K	3	-	D
3.	Water	500	P	15	U	D
4.	NaOH pH 11	500	P	15	U	D
5.	Water	2 x 800	P + 3 x K	2 x 1	U	D
6.	Water	500	P	10	U	M
7.	H ₂ SO ₄ pH 2,2	500	P	10	U	D
8.	Water	8 x 500	P	4 x 5	U	D
9.	NaOH pH 12,1	500	P	10	A	D
10.	Water	8 x 500	P	8 x 1	A	M
11.	Water	16 x 800	S	16 x 1	A	M
12.	NaOH pH 12	250	K	1	A	D
13.	NaOH pH 11	800	P	10	A	D
14.	Water	5 x 800	S	5 x 1	A	M
15.	NaOH pH 11,6	600	S	10	A	M
16.	Water	2 x 800	S	2 x 1	A	M
17.	NaOH pH 11,4	800	P	10	U	D
18.	Water	6 x 250	K	6 x 1	A	D
19.	NaOH pH 11,8	250	K	4	A	D
20.	Water	7 x 250	K	7 x 1	A	D
21.	NaOH pH 11,8	1 000	-	4 dae	U	M
22.	Water	15 x 250	K	15 x 1	A	D
23.	H ₂ SO ₄ pH 2,2	250	K	5	-	D
24.	H ₂ SO ₄ pH 2,2	-	-	15	A	D
25.	Water	8 x 250	K	8 x 1	A	D
26.	Water	1 000	-	1	U	M
27.	NaOH pH 11,5	250	K	1	-	D
28.	NaOH pH 11,5	-	-	60	A	D
29.	Water	7 x 250	K	7 x 1	A	D
30.	NaOH pH 11,6	250	K	1	-	D
31.	NaOH pH 11,6	-	-	30	A	D
32.	Water	13 x 250	K	13 x 1	A	D
33.	Water	1 000	-	1	U	D
34.	H ₂ SO ₄ pH 2	500	P	10	A	D
35.	Water	3 x 800	S	3 x 2	A	M
36.	NaOH pH 11,5	500	P	15	A	D
37.	Water	5 x 800	S	5 x 2	A	M
38.	NaOH pH 11,5	500	P	15	A	D
39.	Water	8 x 800	S	5 x 2	A	M
40.	Demagnetiseer en oonddroog vir gebruik in watersuiweringseksperimente					

(b) **Resultate en bespreking**

Met die laaste wasproses is daar nog steeds 'n troebel waswater in die alkali-stadium waargeneem. Die suurwasse, asook waterwasse by ongeveer neutrale pH, het 'n skoon water geproduseer. Aangesien die watersuiwering by 'n pH <7 uitgevoer word, (dit is in die gebied waar skoon waswater geproduseer word), is daar besluit om die wasproses te staak en die magnetiet se suiwerings effek teen dié van die PMC 2 magnetiet te toets.

5.1.6.5 Was van RBM 1 magnetiet

Die RBM 1 magnetiet is ook aan vyf wassiklusse onderwerp op soortgelyke wyse as die PMC 2 magnetiet, maar met tienvoudig groter volumes van waswater, H_2SO_4 en NaOH.

5.1.6.6 Effek van wasproses op ertssamestelling

Die effek wat die wasproses op die chemiese samestelling van die PMC 2, BRITS 1 en RBM 1 magnetieterts het, word in **Tabel 14** gedemonstreer.

TABEL 14 : MAGNETIETERTSSAMESTELLING : EFFEK VAN WASPROSES

BESKRYWING	MASSASAMESTELLING VAN DIE ERTS (%)					
	PMC 2		BRITS 1		RBM 1	
	ONGEWAS	GEWAS	ONGEWAS	GEWAS	ONGEWAS	GEWAS
SiO ₂	0.00	0.02	3.10	0.04	0.76	0.47
TiO ₂	0.96	0.99	12.05	11.68	4.73	3.39
Al ₂ O ₃	0.59	0.32	3.79	1.91	0.80	0.61
Fe ₂ O ₃	95.52	97.08	77.62	83.24	91.37	93.85
MnO	0.20	0.21	0.21	0.21	0.79	0.14
MgO	2.06	1.89	1.00	0.35	0.16	0.18
CaO	0.85	0.04	0.52	0.05	0.11	0.11
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.03	0.02	0.01	0.00
Cr ₂ O ₃	0.15	0.14	0.41	0.52	0.92	0.83
NiO	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.00
V ₂ O ₅	0.13	0.11	2.09	2.06	0.60	0.53
TOTAAL	100.51	100.83	100.87	100.13	100.29	100.11

5.2 DEMAGNETISERING : VERKENNINGSTUDIES

5.2.1 Agtergrond

Die magnetiese eienskappe van magnetiet is in 3.1.5 aangespreek en die magnetiese veldsterkte wat volgens die literatuur benodig word om suiwer magnetiet te demagnetiseer, is in **Tabel 1** gelys. Die data wat in **Tabel 1** gelys is, is egter grotendeels afgelei en saamgestel vanuit verskillende literatuurbronne wat nie altyd eenstemmig ten opsigte van die waardes is nie. Die data verteenwoordig dus goeie beramings eerder as eksakte waardes.

Ten einde die spesifieke demagnetiseringsvereistes van die ingesamelde magnetiet te bepaal, is daar drie tipes eksperimente uitgevoer.

Die eerste eksperimentreeks is by die Departement Geologiese Opname (sien **Bylae I**) onder toesig en begeleiding van mnr M.E. Hauger op droog gepakte magnetietmonsters uitgevoer. Die doel hiervan was om geskikte demagnetiseringstoerusting wat vir die watersuiweringseksperimente gebruik kan word, te spesifiseer en te laat vervaardig.

Die tweede eksperimentreeks was daarop gemik om die demagnetiseringstoerusting wat aangeskaf was, asook alternatiewe demagnetiseringsprosedures, oorsigtelik te evalueer.

Die derde eksperimentreeks is deur die verslaggewer by die Universiteit van Pretoria se waterbenuttingslaboratorium uitgevoer en het die invloed van die demagnetiseringsenergie op die watersuiweringvermoë van die magnetiet in oënskou geneem. Hieroor word daar in **paragraaf 5.4** gerapporteer.

5.2.2 Demagnetiseringstudies by die Departement Geologiese Opname

5.2.2.1 Toerusting

Demagnetisering is m.b.v. 'n wisselstroom demagnetiseringspoel gedoen wat in huis deur die Departement Geologiese Opname gekonstrueer is en wat vir landswye paleomagnetiese studies aangewend word. Die toerusting word afgeskerm van eksterne magneetvelde soos dié van die aarde en het die vermoë om die magnetiese veldsterkte in klein inkremente van 0 mT tot 160 mT te verhoog en weer stapsgewys van 160 mT na 0 mT te verminder.

Die magnetiseringsgraad van die monsters is m.b.v. 'n "GM 400 Spinner Magnetometer" bepaal. (Sien Bylae I).

5.2.2.2 Eksperimentele prosedure

Magnetiet is droog in ronde plastiekhouders waarvan sowel die buitedeursnit as die hoogte, net minder as 25 mm is, verpak. Elke sodanige magnetietverpakte houder het een toetsmonster verteenwoordig.

Die magnetiet waaruit verskillende toetsmonsters opgemaak is, het van mekaar verskil in oorsprong en partikelgrootte, soos aangedui in die eksperimentele resultate.

Elke toetsmonster is aan die volgende toetsprosedure onderwerp :

- (a) Magnetiseer die toetsmonster stapsgewys tot 'n voorafgekoose piek magneetveldsterkte, terwyl die monster voortdurend binne die magneetveld om twee loodregte asse geroteer word.
- (b) Demagnetiseer die toetsmonster deur die magneetveldsterkte stapsgewys vanaf die piekwaarde wat in (a) bereik was tot nul te verminder, terwyl die monster in die afnemende en omkerende magneetveld geroteer word.
- (c) Meet die waarde van die netto magnetiseringsgraad van die toetsmonster.
- (d) Herhaal die prosedure (b) tot (c) by 'n hoër piekwaarde van die magnetiserings-/demagnetiseringsveld.

5.2.2.3 Resultate

Die resultate van die demagnetiseringstudies word in **Tabel 15** aangebied.

Ten einde die data in **Tabel 15** in perspektief te plaas, is een toetsmonster gemagnetiseer deur 'n magneet herhaaldelik daaroor te stryk. Hierdie monster se magnetiseringsgraad is as 485 917 mA/m gemeet. In 'n tweede geval is magnetiet gemagnetiseer voordat dit in die toetshouders verpak is en in hierdie gevalle is magnetiseringsgraad waardes van 150 000 mA/m en minder gemeet. Hierdie laer waarde is daaraan toe te skryf dat individuele partikels se magneetvelde mekaar deels kanselleer wanneer dit verpak word.

TABEL 15 : RESULTATE VAN DEMAGNETISERINGSTUDIES UITGEVOER BY DIE DEPARTEMENT GEOLOGIES OPNAME

Sone	Piek Veldsterkte (mT)	RESIDUELE MAGNETISASIE (mA/m of μG)									
		Onverwerkte Magnetiet				Gemagnetiseer voor verpakking Korrelgrootte onverwerk				Gewasde Magnetiet Korrelgrootte 2 - 12 μm	
		RBM 1	RBM 2	BRITS 1	PMC 1	BRITS 1a	BRITS 1b	PMC 1a	PMC 1b (Partikels gesemen- teer)	PMC 2a	PMC 2b
1	0	8 762	454	12 328	819	30 985	6 824	14 120	18 633	61 712	46 186
	5	4 289	293	5 593	399	29 522	4 953	11 687	16 000	49 766	41 199
	10	4 274	182	2 587	322	20 155	2 957	7 603	11 254	31 875	37 859
	15	-	-	-	-	11 084	1 213	4 943	7 055	17 571	30 638
	20	4 570	332	455	92	6 369	620	2 834	4 060	9 375	23 983
	25	-	-	-	-	-	475	3 469	2 502	4 663	15 952
	30	2 366	241	293	71	2 104	195	966	1 585	2 510	10 868
	35	-	-	-	-	1 438	159	287	949	-	6 230
	40	1 157	209	293	279	652	426	314	488	897	3 559
2	45	-	-	-	-	527	-	229	386	-	-
	50	746	113	607	359	250	-	216	210	364	-
	55	-	-	-	-	-	-	-	158	-	-
	60	-	-	415	-	313	237	319	217	676	-
	65	-	-	-	-	-	-	-	77	-	-
	70	556	477	-	162	83	-	124	310	-	-
	75	-	-	-	-	-	-	-	148	-	-
	80	-	-	224	-	271	187	273	740	754	-
3	90	333	175	-	266	1 512	-	95	219	-	-
	100	-	-	432	-	684	1 044	1 550	253	701	-
	110	163	178	-	147	602	1 051	793	237	-	-
	120	-	-	635	-	1 975	1 109	608	298	624	-
	130	-	-	-	-	-	-	-	711	-	-

5.2.2.4 Evaluasie

Die aanvangsmagnetiseringsvlak van elke toetsmonster (d.w.s. die waardes in **Tabel 15** wat teenoor 0 mT aangeteken is) is nie 'n eienskap van die betrokke toetsmonsters nie, maar wel van die graad van magnetisering waaraan die monster tevore onderwerp was. 'n Onderlinge vergelyking van hierdie stel resultate hou dus geen waarde in nie.

Inspeksie van die res van die data toon ook dat geen onderlinge vergelyking van die toetsmonsters tot enige sinvolle interpretasie ten opsigte van verskille in demagnetiseringsvereistes kan lei nie. Selfs wanneer 'n eksperiment ten opsigte van dieselfde tipe monster herhaal word, toon die resultate nie 'n vaste demagnetiseringspatroon nie (laasgenoemde data is nie in **Tabel 15** getoon nie). Daar is dus nie 'n waarneembare herhaalbaarheid in opeenvolgende eksperimente nie.

Wat die data wel toon, is dat daar in die algemeen 'n afname in residuele magnetiseringsgraad voorkom soos wat die piek demagnetiseringsveldsterkte vanaf 0 mT na sowat 45 mT toeneem. 'n Grafiese voorstelling van die waarde van residuele magnetiseringsgraad teenoor die sterkte van die demagnetiseringsveld ten opsigte van die monsters BRITS 1a en PMC 2a word in **Figuur 7** aangebied. 'n Verdere toename in piek demagnetiseringsveld lewer progressief residuele magnetiseringsgraad waardes wat soms toeneem en soms afneem in grootte. Hierdie fluktuasie in waarde blyk ewekansig te wees. Geen spesifieke verklaring word hiervoor aangebied nie.

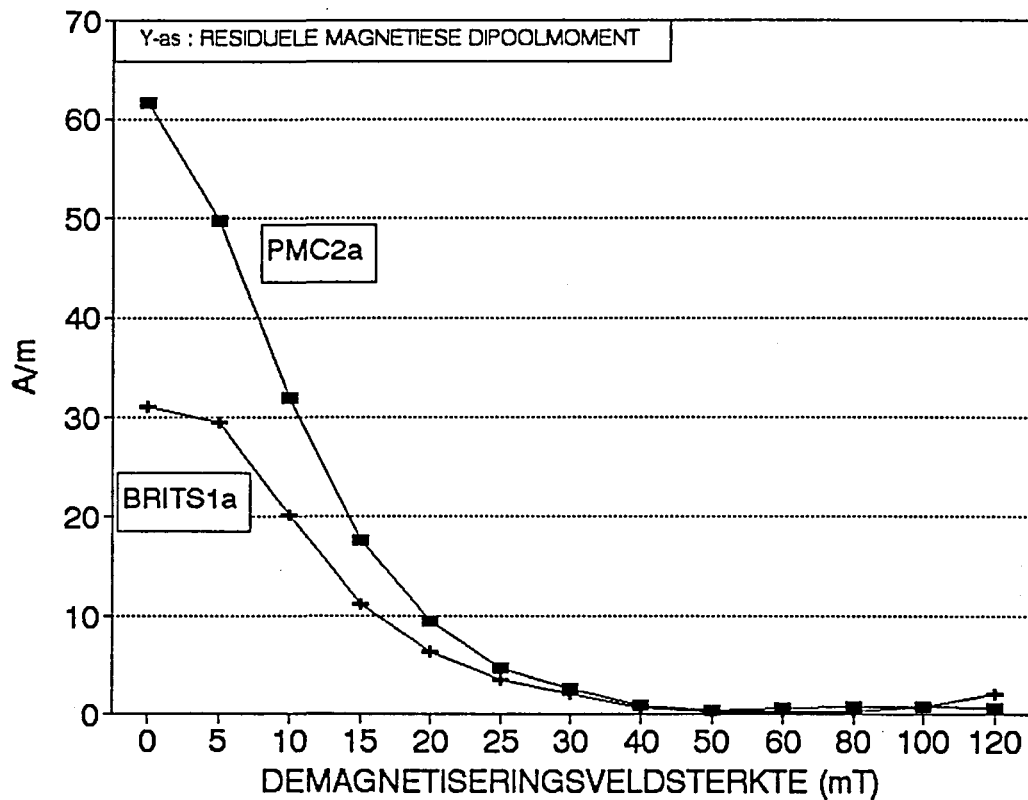
Tabel 15 is in drie sones opgedeel en **sone 2** is met 'n agtergrondskadu van **sones 1 en 3** onderskei. **Sone 2** oorspan die 45 mT tot 80 mT demagnetiseringsveld gebied en is met inspeksie bepaal as die sone waarbinne die laagste waardes van residuele magnetiseringsgraad voorkom. Die gemiddelde waarde van residuele magnetiseringsgraad in **sone 2** is 343 mA/m en die standaardafwyking is 205 mA/m. Die minimum en maksimum waardes is onderskeidelik 77 mA/m en 754 mA/m. Die ooreenstemmende waardes vir **sone 3** is respektiewelik 574 mA/m (gemiddeld), 495 mA/m (standaardafwyking), 95 mA/m (minimum) en 1 975 mA/m (maksimum).

5.2.2.5 Gevolgtrekking

Bogemelde studie toon dat 'n piek demagnetiseringsveldsterkte van tussen 45 mT en 80 mT benodig word om die verpoëerde magnetiet se residuele magnetiseringsgraad tot 'n minimum haalbare waarde van tussen 77 mA/m en 800 mA/m te verminder ('n nulwaarde blyk nie haalbaar te wees nie).

Hierdie waardes geld egter ten opsigte van magnetiet wat in 'n droog verpakte vorm en met gesofistikeerde toerusting gedemagnetiseer word. Dit toon nie noodwendig die waarde aan waarteen minder gesofistikeerde toerusting moet opereer om magnetiet wat in water gesuspendeer is, te demagnetiseer nie.

Daar is vervolgens besluit om, vir die doeleindes van hierdie studie, 'n demagnetiseringspoel te laat bou wat 'n piek magneetveldsterkte van tot 150 mT kan opwek. Hierdie toerusting en die vereiste demagnetiseringsenergie is vervolgens ge-evalueer, soos beskryf in die paragrawe wat hierna volg.



FIGUUR 7 : VERHOUDING TUSSEN RESIDUELE MAGNETIESE DIPOOLMOMENT EN PIEK DEMAGNETISERINGSVELDSTERKTE

5.2.3 Evaluasie van demagnetiseringstoerusting en -prosedures

5.2.3.1 Toerustingbeskrywing

Ten einde die watersuiweringseksperimente op laboratoriumskaal uit te voer word 'n demagnetiseringsapparaat benodig om ultrafyn magnetiet te demagnetiseer. Die magnetiet kom as 'n flodder in water voor wanneer dit gedemagnetiseer word. Minstens 30 g magnetiet moet per slag gedemagnetiseer kan word. Aangesien die wisselstroomspoel met 'n lugkern redelik algemeen in die mynbou vir hierdie doel aangewend word, is daar besluit om so 'n spoel te laat vervaardig. Die spesifikasie wat gebruik was vir die spoelvervaardiging verskyn in **Bylae A** en 'n foto daarvan verskyn as **Foto 5a** in die **Fotobylae**.

5.2.3.2 Metode van demagnetisering

In 'n kontinue proses kan demagnetisering verkry word deur magnetietflodder deur die lugkern van die demagnetiseringsspoel te pomp. In lotproses eksperimente, word die deurpompaksie gesimuleer deur magnetietflodder in 'n houer te verseël en per hand deur die demagnetiseringsspoel te stoot/trek.

Ten einde 'n aanduiding te kry oor die effektiwiteit van die demagnetiseringsproses, relatief tot die demagnetiseringswaardes wat in **Tabel 15** gerapporteer is, is enkele verkennings-eksperimente uitgevoer. In hierdie eksperimente is die sterkte van die demagnetiseringsveld, die deursoortempo en die wyse van magnetietverpakking gevarieer. Twee verpakkingsmetodes is gebruik, naamlik droog en as 'n gekonsentreerde flodder.

Ná demagnetisering is die nat magnetiet gedroog, verpak en saam met die droog gedemagnetiseerde magnetiet na die Departement Geologiese Opname gestuur, vir die meting van die monster se residuele magnetisering. Die resultate word in **Tabel 16** getoon.

TABEL 16 : RESULTATE VAN DEMAGNETISERINGSPROSEDURE VERKENNINGSTUDIES

MAGNETIET VERPAKKING TYDENS DEMAGNETISERING	DEUR- VOER TEMPO (Sek)	RESIDUELE MAGNETISASIE (MIKROGAUSS)			
		Piek Veldsterkte			
		80 mT	144 mT	165 mT	185 mT
Droog verpak	<1	17 583	50 991	-	12 935
Droog verpak	>60	≈ 55 000			
Magnetiet/water flodder	<0,5	20 020	3 779	1 777	2 861
Magnetiet/water flodder	≈ 1	1 237	2 551	1 531	1 089

Uitgaande van die resultate in **Tabel 16** is daar besluit om die magnetiet te demagnetiseer vanaf die 80 mT piekveldsterkte en dat die deurvoertempo van die magnetiet stadiger as 0,3 m/s moet wees. Die 0,3 m/s beperking is om te verseker dat dit die magnetiet minstens een sekonde neem om deur die 300 mm lange spoelkern te beweeg. Dit is dus aan minstens 50 omkerings van die magneetveld onderwerp. (Die wisselstroom se frekwensie is 50 Hz , dit wil sê daar is 50 magneetveldomkerings per sekonde).

Die invloed wat die piek demagnetiseringsveldsterkte op die magnetiet se watersuiwerings-effektiwiteit het, word in 'n latere hoofstuk aangespreek.

5.3 WATERSUIWERINGSONDERSOEKE : EKSPERIMENTELE PROSEDURES

Tensy anders vermeld, is alle watersuiweringsondersoeke waaroor daar in hierdie verhandeling gerapporteer word, uitgevoer soos hierna uiteengesit.

5.3.1 Toerusting

- (a) Demagnetiseringspoel en 500 mm lange, 30 mm deursnit deurskynende "perspex" pyp, met proppe afgedig om te dien as magnetiet deurvoersilinder. (Verwys Afdeling 5.2 en Foto 5 in Fotobylae).
- (b) Plat magneet. (Foto 6).
- (c) U-vormige magneet. (Foto 6).
- (d) Ronde glas maatbekers : 1 000 ml ; 600 ml ; 400 ml .
- (e) "Leetech Model LTS-630 III Tipe D2SP" sesspaan roerapparaat, roerspoed verstelbaar tot 300 opm ; plat spaan 63 mm wyd en 25 mm hoog. (Foto 7).
- (f) HACH Model 2100A troebelheidsmeter.
- (g) ULTROSPEC II Model 4051 Spektrofotometer.
- (h) 'n Verskeidenheid glasware en plastiekware soos maatbekers, maatsilinders, pipette, tregters en bottels.
- (i) Termometer en pH-meter.
- (j) Filtreerpapier en rolopveërpapier.
- (k) Water spuitbottels.
- (l) Individuele Janke & Kunkel RW20 elektriese roerders; roerspoed 50 opm en meer. (Foto 8).
- (m) Spatels.
- (n) Laboratoriumskaal : Precisa Tipe 290-9221/B 180A.
- (o) Oond : 100°C tot 110°C .
- (p) Magneetroerders (Heidolph MR 2000).

Verwysings na die verskaffers van gespesialiseerde toerusting word in **Bylae I** verskaf.

5.3.2 Materiale en Reagense

5.3.2.1 Opgawe van materiale en reagense

- (a) Magnetiet; 2-12 μ m partikelgrootte; skoon gewas.
- (b) Gedistilleerde water.

- (c) H_2SO_4 .
- (d) NaOH - oplossing.
- (e) Polimere, onder andere Magnafloc LT 31.
- (f) Rouwater wat behandel moet word.

5.3.2.2 Rouwaterbronne

Sekere bestaande drinkwaterbronne en afvalwaterbehandelingsaanlegte se water is as eksperimentele eenhede verkry. Hieroor word daar later gerapporteer. Vir doeleindes van verkenningstudies en vergelykende studies tussen verskillende magnetiet tipes en tussen verskillende energie-insette, is daar egter water met lae troebelheid en hoë kleur "opgemaak".

Ten einde 'n groot voorraad sagte water met lae troebelheid en hoë kleur te bekom, is kompos in gedistilleerde water met lugborreling oor 'n periode van etlike ure ingeroer. Die water is daarna deur 'n growwe porie papier (rolopveërpapier) gefiltreer en voortdurend belug om dit aerobies te hou. Hierdie water word voortaan na verwys as **komposwater**.

5.3.3 Magnetietvoorbereiding en regenerasie

Skoongewaste magnetiet is voor gebruik eers oondgedroog om akkurate uitweeg van dosisse moontlik te maak.

Ná watersuiweringseksperimente is die magnetiet herwin deur die behandelde water te dekanteer terwyl die magnetiet met 'n magneet onder in die glasbeker vasgehou is. Die magnetiet is dan aan **gewone regenerasie** onderwerp soos hieronder gerapporteer :

- (a) Verstel die magnetietflodder se waterinhoud m.b.v. gedistilleerde water tot sowat 50 % van die totale massa.
- (b) Doseer genoeg 1 M NaOH-oplossing in die flodder om pH 11,5 te bereik.
- (c) Roer die flodder intens vir 10 minute met 'n pedaalroerder (gemiddelde snelheidsgradient $G = 160 - 200 \text{ s}^{-1}$) of magnetiese roerder en voeg dan gedistilleerde water by, sodanig dat die magnetiet 10 % tot 15 % van die floddermassa uitmaak.
- (d) Roer vir nog 5 minute en dekanteer die vuil waswater.

- (e) Demagnetiseer die magnetiet en roer vir 'n verdere 5 minute. Die pH-waarde is dan nog hoër as pH 10,5. (Indien nie, moet nog NaOH bygevoeg word).
- (f) Dekanteer die bowater en was die magnetiet in vier vervangings van gedistilleerde water. Met elke waterwas beslaan die magnetiet sowat 10 % van die floddermassa.
- (g) Demagnetiseer die magnetiet en oonddroog by 100 °C tot 110°C .

Met elke derde hergebruik, of wanneer harde water met die magnetiet behandel is, is die magnetiet aan 'n **uitgebreide regenerasie** onderwerp soos hieronder beskryf :

- (i) Voer stappe (a) tot (f) van die gewone regenerasieprosedure soos hierbo beskryf, uit.
- (ii) Doseer 10 % H_2SO_4 in die floddermassa, wat nagenoeg 12 % m/m magnetiet bevat, totdat 'n pH van 2 bereik word.
- (iii) Roer vir 10 min op 'n magneetroerder en dekanteer die suurwater.
- (iv) Was die magnetiet in vier vervangings van genoeg gedistilleerde water sodat die magnetiet telkens sowat 12 % van die floddermassa uitmaak.
- (v) Doseer weer genoeg 1M NaOH in 'n 50 % m/m magnetietflodder om 'n pH van 11 te bereik en roer vir 1 minuut.
- (vi) Herhaal stap (iv).
- (vii) Demagnetiseer die magnetiet en oonddroog by 100°C tot 110°C .

Die uitgebreide regenerasie soos hierbo beskryf vorm nie 'n normale deel van die Sirofloc proses soos beskryf in die literatuur nie, maar is op laboratoriumskaal uitgevoer om goeie herhaalbaarheid van die magnetiet se werkverrigting te verseker.

5.3.4 Bekertoetse

Onderstaande beskrywing bied 'n algemene prosedure wat in die uitvoering van bekertoetse gevolg is :

- (a) Giet 'n genoteerde hoeveelheid rouwater in elk van die gekose glasbekers. Afhangende van die toepassing, is 1 000 ml , 600 ml of 400 ml ronde glas maatbekers gebruik.
- (b) Stel die gevulde glasbekers onder die roerapparaat op en stel die spaanhoogte en roerspoed op die verlangde stellings in. Soms is die sesspaan meervoudige roerder aangewend en soms is die paneel van individuele elektriese roerders gebruik. Laasgenoemde roerders is veral gebruik om magnetiet te was en wanneer die snelheidsgradient G (Sien 5.3.6) as veranderlike ondersoek is.
- (c) Verstel die rouwater pH tot die verlangde waarde met 0,1 % H_2SO_4 of 'n 12 g/l $NaHCO_3$ oplossing, watter ookal toepaslik is. Noteer die dosisse en pH. Let op dat die magnetiet self ook die pH van die water wysig en daar moet vir hierdie effek gekompenseer word deur vooraf 'n verkenningstoets uit te voer.
- (d) Doseer 'n afgeweege hoeveelheid magnetiet in elk van die opgestelde bekere terwyl die roerders aangeskakel is. Aktiveer 'n stophorlosie om die roertyd te monitor. (Gedroogde magnetiet vorm 'n kors in die houer waarin dit gedroog is, en moet voor dosering eers met 'n lepel verpoeier word). Hierdie stap lei die eerste fase van die behandeling in, dit is terwyl slegs magnetiet as suiweringsmiddel in die water teenwoordig is.
- (e) Na verloop van die eerste fase kontaktyd, word polimeer volgens 'n genoteerde dosis gedoseer en vir 1 minuut teen dieselfde of hoër roerspoed as vir fase 1, vermeng. Hierdie stap verteenwoordig die tweede fase kontaktyd en dien as kitsvermengingstyd vir die gedoseerde polimeer.
- (f) Na afloop van die tweede fase hoë intensiteit vermenging, word die roerspoed verlaag ten einde vlogroei te bevorder. Die minimum roerspoed om magnetiet volledig in suspensie te hou moet egter gehandhaaf word. Laasgenoemde is met inspeksie bepaal as daardie roerspoed wat 'n G -waarde van $40\ s^{-1}$ tot $50\ s^{-1}$ verseker. Hierdie laaste vermengingsperiode verteenwoordig fase 3 in die

- (g) Na verstryking van die derde fase kontaktyd word die roerapparaat afgeskakel, die bekers verwyder en een vir een vir 'n aantal sekondes op 'n plat magneet geplaas, om die magnetiet te magnetiseer. Hierdie stap bespoedig besinking en verbeter die stabiliteit van die besinkte slikmassa. Laat die monsters staan totdat besinking voltooi is.
- (h) Trek verhelderde water met 'n pipet af en meet die pH en ander gehalteparameters wat ondersoek word. (Dekantering word nie gedoen nie aangesien 'n effense opdrifsel op die water versamel).

'n Voorbeeld van die formaat waarin eksperimentele data ten opsigte van roertoetse aangeteken is, word in **Bylae B** aangebied.

5.3.5 Kleur- en Troebelheidsmeting

Kleur is m.b.v. 'n ULTROSPEC II Spektrofotometer (sien 5.3.1) as persentasie transmittansie by die 325 nm golflengte bepaal en dan m.b.v. 'n omskakelingsgrafiek na Hazen- eenhede (mgPt/ℓ) herlei. Die omskakelingsgrafiek word as **Figuur C1** in **Bylae C** aangebied. Die grafiek is eksperimenteel saamgestel deur die transmittansie te meet by 'n reeks bekende konsentrasies van kalium chloorplatinaat oplossing, wat volgens die "Standard methods for the examination of water and wastewater" (1988), opgemaak is.

Die invloed van pH op die gemete transmittansie word, waar van toepassing, gerapporteer in die paragrafe waar behandeling van spesifieke tipes water ter sprake kom.

Die kleur-eenhede wat gerapporteer word, is soos verkry na die aanbring van die "pH-korreksie".

Troebelheid is in Nefelometriese Troebelheidseenhede (NTE) m.b.v. 'n gekalibreerde HACH Model 2100 A troebelheidsmeter gemeet (sien 5.3.1).

5.3.6 Meting van snelheidsgradiënte

5.3.6.1 Oorsig

Die gemiddelde snelheidsgradiënt, **G**, soos gedefinieer deur Camp & Stein (1943), is

$$G = (P/\mu V)^{1/2}$$

waar **G** (s^{-1}) die gemiddelde ("uniforme") snelheidsgradient in die watermassa is wanneer vermengingsenergie daaraan toegedien word, **P** (watt) die drywing wat toegepas is, **V** (m^3) die volume van die betrokke watermassa is en μ ($N.s.m^{-2}$) die dinamiese viskositeit van die water is.

Aangesien bogenoemde snelheidsgradiënt **G** 'n algemeen gebruikte maatstaf van vermengingsenergie-insette is, word dit ook in hierdie verhandeling as sodanig gebruik.

5.3.6.2 Eksperimentele opstelling en metodes vir meting van **G**-waardes

Die eksperimentele opstelling vir meting van **G**-waardes word in **Foto 9** in die **Fotobylae** getoon. Die opstelling is gesamentlik met 'n ander verhandeling student gebruik (Potgieter, 1992). Laasgenoemde verhandeling se primêre doel was om die effek van bekertipe, temperatuur, pedaalposisie en roerspoed in laboratorium bekere op **G** te bepaal, en bevat 'n volledige apparaat en metode beskrywing, wat nie hier herhaal word nie.

5.3.6.3 Toepaslike snelheidsgradiënte

Die snelheidsgradiënte van toepassing op bekertoetse wat in hierdie verhandeling uitgevoer is, is deur die skrywer eksperimenteel gemeet en die resultate word in **Bylae D** aangebied. Alle snelheidsgradiënte **G** wat in hierdie verhandeling gerapporteer word, is vanaf die figure in **Bylae D** afgelees.

5.4 VEREISTE DEMAGNETISERINGSVELDSTERKTE EN ROERINTENSITEIT

5.4.1 Probleemstelling

In 3.2.2(b) is die belangrikheid om magnetiet te demagnetiseer, vermeld. Aspekte rakende demagnetiseringstoerusting, is in 3.2.10 en 5.2 aangeteken.

Vanuit die werk wat in 5.2 gerapporteer is, is daar afgelei dat die ultrafyn magnetiet nie maklik volledig gedemagnetiseer kan word nie. Daar was ook deur die skrywer met mikroskopiese waarneming, met besinkingstoetse en met vertikale uitwastoetse vasgestel, dat die "gedemagnetiseerde" magnetietpartikels steeds magneties aanmekaar vaskleef. Dit is dus magneties nie totaal "ontlaai" nie. Met die meting van partikelgroottes op 'n "Laser Sizer" (verwys na 5.1.2) is daar vasgestel dat die residuele magneetkragte ná demagnetisering egter so klein is dat, wanneer die magnetiet in water genoegsaam geroer word, hierdie residuele magnetiese kragte oorkom word. Die magnetietpartikels word dan met sleurkragte van mekaar losgeskeur. Die vraag ontstaan dus : by welke kombinasie van roerintensiteit en demagnetiseringsveldsterkte word die mees effektiewe watersuiwering, vir die laagste totale energie-inset, verkry. Hierdie vraagstuk word hierna aangespreek.

5.4.2 Eksperimentele prosedure

Bekertoetse soos beskryf in 5.3 is uitgevoer en spesifieke eksperimentele inligting is as volg :

(a) Strategie en evalueringskriteria

Die watersuiweringsvermoë van magnetiet wat vooraf aan verskillende peile van demagnetiseringsveldsterktes onderwerp was, is teen mekaar opgeweeg i.t.v. hul effektiwiteit in die verwydering van troebelheid en kleur vanuit water. Die doelwit is om 'n afsnypunt vir die demagnetiseringsveldsterkte te bepaal, waarbo daar geen verbetering in watersuiwerings-effektiwiteit met toename in demagnetiseringsveldsterkte is nie. Hierdie afsnypunt mag moontlik 'n funksie van die vermengingsintensiteit by die suiweringsproses wees. Gevolglik is die toetse by verskillende vlakke van roerspoed uitgevoer.

(b) Magnetietvoorbereiding

Slegs **PMC 2** magnetiet, sonder die byvoeging van 'n polimeer, is as flokkulant gebruik. Die **PMC 2** magnetiet is volgens die uitgebreide regenerasieprosedure geregenereer, by verskillende vlakke van piek demagnetiseringsveldsterkte gedemagnetiseer en daarna in 'n oond gedroog. Die magnetietdosis was deurgaans 20 g/l .

(c) Rouwater

Genoeg komposwater (sien 5.3.2.2) om die hele reeks eksperimente te voltooi, is uitgemeet en die pH daarvan is tot ongeveer pH 4,8 verstel. Die kleur van die rouwater is as 56 Hazen gemeet, en die troebelheid het tussen 6 en 7 NTE gewissel. Die water temperatuur was tussen 13°C en 15°C .

(d) pH verstelling

Die rouwater pH is vooraf verstel soos in (c) gemeld. Hierdie pH is sowat een pH-eenheid laer as die pH waarby die proses plaasvind, aangesien die magnetiet die pH ná dosering verhoog. Geen pH-verstelling is gedurende 'n roertoets gedoen nie.

(e) Vermenging

Die vermengingskontaktyd is deurgaans op 15 minute gestel. Die roerder omwentelingspoed is egter vanaf een eksperimentreeks tot 'n volgende verander en wel soos gerapporteer tesame met die resultate. Die meervoudige sesspaan roerapparaat is gebruik en die roerspaan se onderkant is op 25 mm bokant die bekerbodem ingestel.

(f) Monster- en reaktorgrootte

Die reaktore was 400 ml glasbekers en die monstergrootte (watervolume) in elk was 300 ml .

5.4.3 Eksperimentele uitvoering en bespreking van resultate

Vanweë die beskikbaarheid van magnetiet, die beskikbaarheid van roerders en die wyse waarop die verskillende demagnetiseringsveldsterktes verkry moes word, is daar drie eksperimentreekse uitgevoer. Die resultate word in **Bylae E** onderskeidelik in **Tabelle E1, E2 en E3** aangebied.

In eksperimentreeks E1 is die watersuiweringsvermoë van drie **PMC 2** magnetietmonsters, wat vooraf onderskeidelik aan demagnetiseringsveldsterktes van 80 mT, 144 mT en 165 mT onderwerp was, teen mekaar opgeweeg. Die toetse is uitgevoer by roerspoedwaardes van 120 opm, 150 opm, 180 opm en 210 opm. Dit verteenwoordig G -waardes van tussen 90 s^{-1} en 200 s^{-1} . Slegs een toets is vir elke kombinasie van demagnetiseringsveldsterkte en roerspoed uitgevoer. **'n Eenrigting variansie-analise op die resultate toon dat daar statisties geen betekenisvolle verskil in die watersuiweringsvermoë van hierdie drie monsters is nie.** (Die variansie-analise is op 'n sigbladprogram uitgevoer en 'n rekenaardrukstuk hiervan is ook in Bylae E ingesluit).

Eksperimentreeks E2 is 'n herhaling van eksperimentreeks E1, maar met die verskil dat demagnetiseringsveldsterktes van 30 mT, 37 mT en 80 mT gebruik was. Die roerspoedvlakke was 160 opm ($G = 130 \text{ s}^{-1}$) en 200 opm ($G = 190 \text{ s}^{-1}$). Vier herhalings van toetse is vir elke kombinasie van demagnetiseringsveldsterkte en roerspoed uitgevoer. **Daar is weereens geen betekenisvolle verskil in die watersuiweringsvermoë van die monsters aangedui nie.**

In eksperimentreeks E3 was die verskillende demagnetiseringsveldsterktes onderskeidelik 0 mT (m.a.w. gemagnetiseerde magnetiet), 5 mT, 10 mT, 15 mT, 20 mT en 80 mT. Die peile van roerspoed was 120 opm ($G = 90 \text{ s}^{-1}$), 160 opm ($G = 130 \text{ s}^{-1}$), 200 opm ($G = 190 \text{ s}^{-1}$) en 230 opm ($G = 230 \text{ s}^{-1}$). Twee herhalings van die eksperiment is by elke kombinasie van demagnetiseringsveldsterkte en roerspoed uitgevoer. 'n Tweerigting variansie-analise is op die resultate uitgevoer. 'n Rekenaardrukstuk van hierdie analise verskyn in Bylae E.

Resultate van die tweerigtingvariensie-analise op data vanuit eksperimentreeks E3 lewer die volgende uitslae :

- (a) Daar is nie betekenisvolle interaksie tussen die demagnetiseringsveldsterkte en die vermengingsintensiteit, indien laasgenoemde 'n snelheidsgradient van 90 s^{-1} en meer, op die water uitoefen nie. (Die interaksie is nie by laer snelheidsgradiënte getoets nie, aangesien dit dan buite die bandwydte van snelheidsgradiënte waarby die magnetiet suiweringsproses bedryf word, val). Die implikasie hiervan is dat vermengingsintensiteit nie die afsnywaarde van die demagnetiseringsveld, soos omskryf in 5.4.2(a), beïnvloed nie.
- (b) Die hipotese dat daar geen verskil in die watersuiweringseffektiwiteit van die verskillende gedemagnetiseerde magnetietmonsters is nie, word op sowel die 5 % as die 1 % betekenispeile verwerp.

- (c) Die hipotese dat daar geen verskil in die watersuiweringseffektiwiteit is by verskillende vlakke van vermengingsintensiteit nie, word ook op die 5 % en 1 % betekenispeile verwerp. Laasgenoemde verskille is inderdaad hoogs betekenisvol.

Gelyktydige betroubaarheidsintervalle op die data in eksperimentreeks E3 toon dat die verskille in kleurverwyderingsvermoë tussen enige twee aangrensende demagnetiseringspeile statisties nie betekenisvol is nie. Hierdie resultaat sal egter na verwagting omgekeer word as die aantal eksperimentele herhalings vermeerder word. Verskille tussen peile aan die onderkant en bokant van die behandelingspektrum is wel betekenisvol.

Daar is ook **met inspeksie** waargeneem dat, magnetiet wat by minder as van 20 mT gedemagnetiseer is, nie homogeen oor die volle diepte van 'n waterge vulde glasbeker vermeng nie. By demagnetiseringsveldsterktes van 30 mT en meer, is die vermenging op die oog af wel homogeen. Hierdie waarneming ondersteun die hipotese dat demagnetiseringspeile van 20 mT en minder, swakker vaar ten opsigte van watersuiwering as wat die geval is met demagnetiseringspeile van 30 mT en meer. (Enkele bykomende, maar ongerapporteerde watersuiweringstoetse wat uitgevoer is, ondersteun ook laasgenoemde hipotese).

Foto 10a en 10b toon hoe die magnetiet wat by die laer veldsterktes gedemagnetiseer is, vinniger besink as die maksimaal gedemagnetiseerde magnetiet. **Fotos 10a en 10 b** is in opeenvolgende stadiums geneem nadat vermenging gestaak is. Die vinniger besinking vind plaas weens partikelagglomerasie, wat weer op onvoldoende demagnetisering dui.

5.4.4 Gevolgtrekking

- (a) 'n Piek demagnetiseringsveldsterkte van sowat 30 mT blyk nodig en voldoende te wees om ultrafyn magnetiet te demagnetiseer vir gebruik as vlokmiddel in watersuiwering-prosesse. (Verwys in hierdie verband ook na Figuur 7).
- (b) Die effektiwiteit van magnetiet se watersuiweringvermoë neem toe soos wat die vermenging snelheidsgradiënt toeneem vanaf $G = 90 \text{ s}^{-1}$ tot 230 s^{-1} . Die suiweringsvermoë word egter ook beïnvloed deur die grootte van die magnetietdosis, die omvang van hulpflokkulant (polimeer) dosering, vermengingskontaktyd en pH van die water. 'n Ekonomiese optimum snelheidsgradiënt moet dus gesamentlik met die invloed van hierdie ander faktore oorweeg word en kan wissel afhangende van die gehalte (tipe) water wat behandel word.

5.5 ONDERLINGE VERGELYKING VAN VERSKILLENDIGE MAGNETIET Tipes

5.5.1 Oorsig

Daar is reeds in 5.1 gemeld dat magnetiet vanaf drie bronne teweete Richardsbaai, Brits en Phalaborwa voorberei is met die doel op onderlinge vergelyking ten opsigte van watersuiwerings-effektiwiteit. Die monsters is onderskeidelik benaam as RBM 1, BRITS 1 en PMC 2. Die eksperimentele prosedure en resultate van die vergelykende toetse volg hierna.

5.5.2 Eksperimentele prosedure

Bekertoetse soos beskryf in 5.3 is uitgevoer en die spesifieke eksperimentele inligting is as volg :

(a) Strategie en evalueringskriteria

Die watersuiweringsvermoë van die RBM 1, BRITS 1 en PMC 2 magnetiet is teen mekaar opgeweeg i.t.v. hul effektiwiteit in die verwydering van troebelheid en kleur vanuit water. Die vergelykende eksperimente is sewe keer herhaal en die resultate is aan die hand van 'n eenrigting variansie-analise ge-interpreteer.

(b) Magnetietvoorbereiding

Slegs magnetiet (sonder polimeer byvoeging) is as flokkulant gebruik en wel met 'n dosis van 20 g/l . Die drie tipes magnetiet is vooraf volgens die uitgebreide regenerasieprosedure geregenereer, vanaf 80 mT piekveldsterkte gedemagnetiseer en in 'n oond drooggemaak.

(c) Rouwater

Genoeg komposwater (sien 5.3.2.2) om die hele reeks eksperimente te voltooi is uitgemaal en die pH daarvan is tot ongeveer pH 4,8 verstel. Die kleur van die rouwater is as 56 Hazen gemeet. Die troebelheid het tussen 6 en 7 NTE gewissel. Die temperatuur was tussen 13°C en 15°C .

(d) pH verstelling

Aangesien die verskillende tipes magnetiet die rouwater se pH nie ewematig verhoog nie, moet bykomende gedifferensieerde pH korreksie gedoen word sodat al die reaksies by nagenoeg dieselfde pH plaasvind.

(e) Vermenging

Die vermengingskontaktyd en roerder omwentelingspoed is deurgaans op 15 min en 200 opm gehou. Die meervoudige sesspaan roerapparaat is gebruik en die roerspaan se onderkant is op 25 mm bokant die bekerbodem ingestel.

(f) Monster- en reaktorgrootte

Die reaktore was 400 ml glasbekers en die monstergrootte (watervolume) vir elk was 300 ml .

5.5.3 Eksperimentele resultate

Eksperimentele resultate word in **Bylae F in Tabel F1** aangebied. 'n Eenrigtingvariëansie-analise en gelyktydige betroubaarheidsintervalle vir die verskille tussen gemiddeldes, is op 'n sigbladprogram uitgevoer en die rekenaardrukstuk wat die uitslae toon, is ook in Bylae F ingesluit.

Die variëansie-analise op die 5 % en 1 % betekenispeile, toon dat die drie magnetietipes se watersuiweringsvermoëns nie gelykwaardig is nie. PMC 2 magnetiet lewer die beste resultate en RBM 1 die swakste.

Gelyktydige betroubaarheidsintervalle vir die verskille tussen gemiddeldes van die resultate, lewer die volgende uitslae :

- (a) Beide die 95 % en 99 % betroubaarheidsintervalle ten opsigte van kleurverwydering en troebelheidsverwydering, toon dat RBM 1 magnetiet swakker resultate as PMC 2 magnetiet lewer.
- (b) Die 95 % betroubaarheidsintervalle ten opsigte van kleurverwydering en 99 % betroubaarheidsinterval ten opsigte van troebelheidsverwydering, toon dat RBM 1 magnetiet swakker resultate as die BRITS 1 magnetiet lewer.

- (c) Verskille in kleurverwyderingsvermoë van die BRITS 1 magnetiet en PMC 2 magnetiet is nie betekenisvol nie. Die 95 % betroubaarheidsinterval ten opsigte van troebelheidsverwydering toon egter dat PMC 2 magnetiet ietwat beter vaar as die BRITS 1 magnetiet.

5.5.4 Bespreking en gevolgtrekking

Die verskille in gedrag van die verskillende magnetietipes is nie noodwendig toe te skryf aan eienskappe wat inherent aan die magnetiet is nie. Daar word vermoed dat die oorsaak veel eerder by die graad van aangekleefde onsuiverhede gesoek moet word. In 5.1.6 was daar byvoorbeeld aangetoon dat die rou monsters van die BRITS 1 en RBM 1 magnetiet sigbaar vuiler as die PMC 2 magnetiet is en dat eersgenoemde twee tipes baie meer as laasgenoemde gewas moes word. Dit is moontlik dat die RBM 1 en BRITS 1 magnetiet, ongeag die uitgebreide was-pogings, steeds nie heel skoongewas was nie.

Die PMC 2 magnetiet is die suiwerste magnetiet, beide i.t.v. chemiese samestelling (sien Tabel 4) en i.t.v. aangekleefde onsuiverhede. Dit lewer ook die beste watersuiweringsresultate en is gevolglik in verdere eksperimentele werk gebruik.

5.6 WATERSUIWERINGSONDERSOEKE

5.6.1 Water vanuit die Duivenhoksdam

5.6.1.1 Oorsig

Die Duivenhoks Waterraad (sien **Bylae I**) suiwer water vir drinkdoeleindes wat onder andere vanuit die Duivenhoksdam afkomstig is. Sowat 2 500 m³ water word per dag vanuit hierdie bron voorsien. Hierdie water voldoen tipies aan die beskrywing van water wat gunstig met die magnetiet-suiweringsproses behandel kan word. Dit beskik oor lae troebelheid, lae alkaliniteit, soms lae pH en hoë kleur. Die gemiddelde rouwatergehalte vir die afgelope drie jaar, soos deur Duivenhoks Waterraad aangeteken, word in **Tabel 17** aangebied.

TABEL 17 : DUIVENHOKSDAM ROUWATERGEHALTE : GEMIDDELDE VIR LAASTE DRIE JAAR

DETERMINAND	EENHEID	WAARDE		
		Minimum	Gemiddeld	Maksimum
Kleur	Hazen	250	320	430
Troebelheid	NTE	6	10	54
pH	pH	4,4	5,6	6,2
Totale hardheid	mg/l as CaCO ₃	17	16	34
Kalsiumhardheid	mg/l as CaCO ₃	7	10	12
Magnesiumhardheid	mg/l as CaCO ₃	10	16	22
Alkaliniteit	mg/l as CaCO ₃	8	10	15
Geleivermoë	m S/m	16	22	30
Natrium	mg Na/l	-	36	-
Chloried	mg Cl/l	40	55	70
Sulfaat	mg SO ₄ /l	-	20	-

Rouwatermonsters wat vanuit die Duivenhoksdam afkomstig is, is aan 'n reeks magnetiet-suiwingseksperimente onderwerp, soos hierna gerapporteer. Die gehalte-eienskappe van hierdie rouwater word in **Tabel 18** gerapporteer.

TABEL 18 : ROUWATEREIEISKAPPE VAN DIE DUIVENHOKSDAMWATERMONSTER

GEHALTE DETERMINAND	EENHEID	WAARDE
pH	pH	6,87
Kleur	Hazen	70 - 84 (Gem 80)
Troebelheid	NTE	3,3 - 5,2 (Gem 4,1)
H ₂ CO ₃ Alkaliniteit	mg/l as CaCO ₃	19,6
CO ₃ Suurheid	mg/l as CaCO ₃	31,0
Kalsium	mg/l as CaCO ₃	8,2
Magnesium	mg/l as CaCO ₃	32,0
TDS	mg/l	185,9
Geleidingsvermoë	m S/m	29,1
Ioniese Sterkte	-	0,0046
Presipitasiepotensiaal	mg/l as CaCO ₃	-15,6

5.6.1.2 Watersuiweringsondersoeke : Eksperimentele prosedure

(a) Strategie en evalueringskriteria

Die effek wat die toegepaste snelheidsgradiënt, die water se pH, die magnetietdosis en polimeerdosering op die watersuiweringseffektiwiteit het, is m.b.v. bekertoetse ondersoek. Watersuiweringseffektiwiteit is gemeet aan die hand van kleur- en troebelheidsverwydering. Die bekertoetse is volgens die prosedure in 5.3 uitgevoer.

(b) Toerusting

Aanvanklik is die bekertoetse op 500 ml monsters in 600 ml ronde glasbekers uitgevoer. Die hoeveelheid beskikbare rouwater was egter beperk en latere toetse is op 300 ml monsters in 400 ml glasbekers uitgevoer. Tensy anders vermeld, is vermenging met die sesspaan meervoudige roerder uitgevoer.

5.6.1.3 Watersuiweringsondersoeke : Eksperimentele veranderlikes en resultate

(a) Effek van vermengingsintensiteit

Die vermengingsintensiteit is ondersoek deur die paneel van individuele roerders met die 25 x 75 mm spane te gebruik. Die roerspoed is in stappe van 20 opm vanaf 120 opm tot 280 opm verstel. Die snelheidsgradiënt G wat sodoende toegepas is, het gevarieer vanaf 110 s^{-1} tot 375 s^{-1} .

Die magnetiet is deurgaans teen 'n dosis van 20 g/ℓ gedoseer en geen hulpflokkulante is gebruik nie. 'n Kontaktyd van 15 minute en pH 5,5 is deurgaans gehandhaaf.

Die eksperimentele resultate verskyn in **Tabel G1** in **Bylae G**. Die effek van die snelheidsgradiënt op die produkwater se troebelheid en kleur word in **Figuur 8** voorgestel. **Figuur 8** toon duidelik dat die beste **G**-waarde vir die verwydering van troebelheid en kleur tussen 230 s^{-1} en 300 s^{-1} is. Goeie resultate word egter reeds vanaf $G = 165\text{ s}^{-1}$ verkry.

(b) Effek van pH

Die effek van die water se pH op die effektiwiteit van troebelheids- en kleurverwydering is ondersoek vir die gevalle waar slegs magnetiet as flokkulant gedoseer is (geen polimeer nie). Die magnetietdosis was 20 g/ℓ, die snelheidsgradient (**G**) 165 s^{-1} en die kontaktyd 25 minute.

Detail oor die eksperimentele veranderlikes en die resultate word in **Tabel G2a** en **Tabel G2b** in **Bylae G** aangebied. Die resultate word grafies in **Figuur 9** getoon.

Figuur 9 demonstreer dat hoe laer die pH, hoe beter is sowel die troebelheidsverwydering as die kleurverwydering. Die SABS kriterium vir troebelheid in drinkwater van 1 NTE en laer, kon in die pH-gebied wat ondersoek is, nie sonder polimeerdosering behaal word nie. Die SABS kriterium vir kleur in drinkwater is 20 Hazen en minder. Dit is bereik by pH-waardes van 5 en kleiner. (Dieselfde resultaat kan by hoër pH-waardes behaal word wanneer 'n polimeer as hulpflokkulant doseer word. Die effek van polimeerdosering word in (d) hierna aangespreek).

(c) Effek van magnetietdosis

Om die effek van die magnetietdosis op watersuiweringsdoeltreffendheid te evalueer, is magnetiet sonder enige hulpflokkulante, in ses verskillende dosisgroottes aan verskillende 300 mL watermonsters toegedien. Ná toediening van die magnetiet, is die pH m.b.v. H_2SO_4 aangepas sodat die proses pH in alle bekere ongeveer 5,6 bedra het.

Die eksperimentele veranderlikes en resultate verskyn in **Tabel G3** in **Bylae G**.

Die resultate word ook grafies in **Figuur 10** vertoon.

Vanuit **Figuur 10** volg dat 'n magnetietdosis van tussen 30 en 40 g/l benodig word om die water tot binne die grense van drinkwaterkriteria te suiwer indien geen hulpflokkulante gebruik word nie. Dit is ongeveer dubbeld die dosis wat benodig word indien 'n polimeer as hulpflokkulant aangewend word. (Sien (d) hieronder).

(d) Effek van gekombineerde magnetiet- en polimeerdosering

Indien die magnetietdosering met die dosering van 'n kationiese polimeer aangevul word, verbeter die troebelheidsverwydering aansienlik. Die verwydering van kleur geskied ook meer volledig en die proses kan dus by hoër pH-waardes en/of laer magnetietdosisse uitgevoer word.

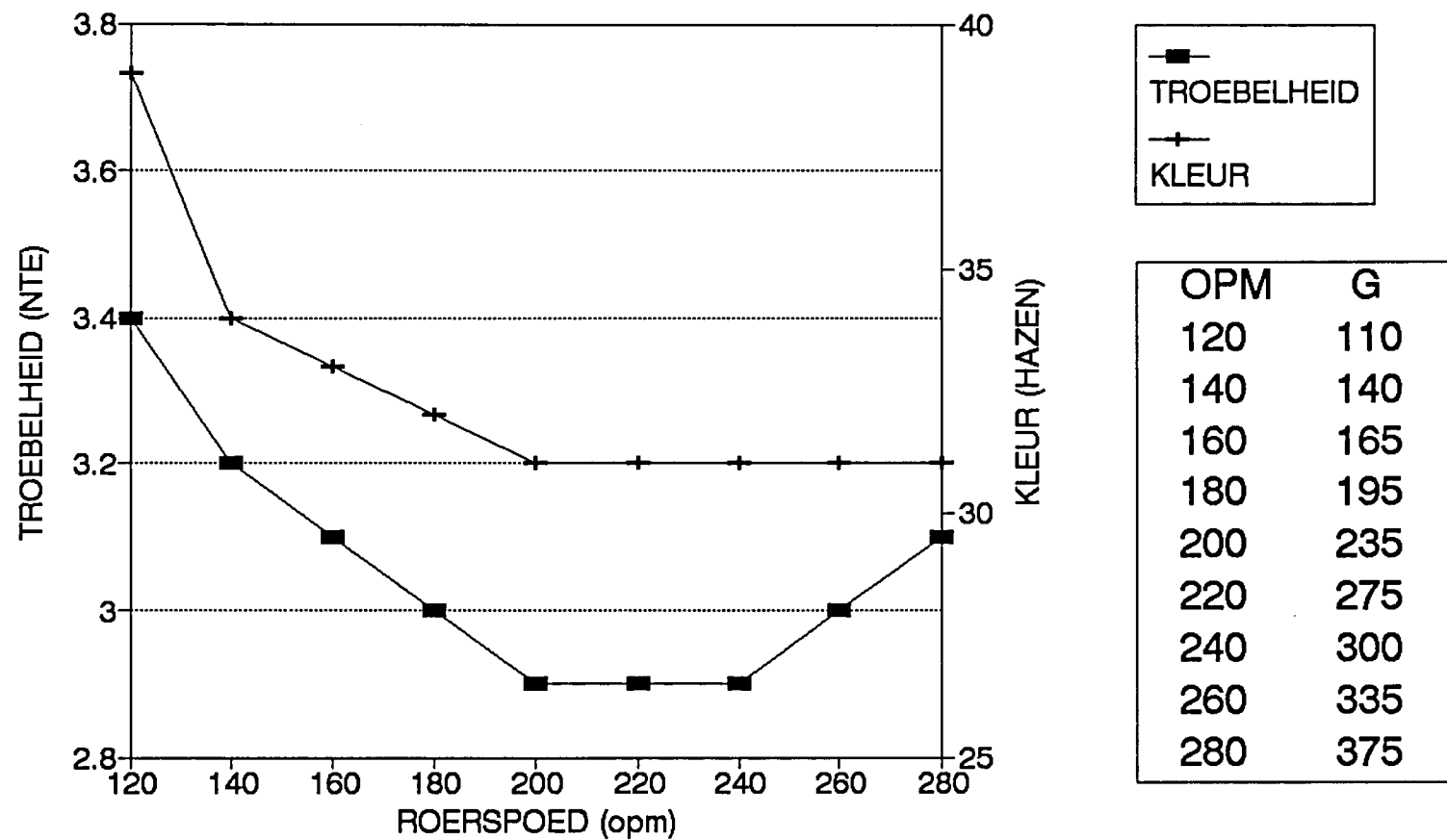
Die effek wat die dosering van die polimeer Magnafloc LT31 as aanvullende flokkulant op die verwydering van troebelheid en kleur het, is ondersoek. Tensy anders vermeld, is magnetiet eers alleen gedoseer. Nadat 'n 10 minute kontaktyd by 'n G -waarde van 165 s^{-1} toegelaat is, (**fase 1**) is die toegepaste snelheidsgradiënt (G) tot 200 s^{-1} verhoog en die polimeer direk daarna gedoseer. 'n Verdere een minuut kontaktyd is vir kitsvermenging van die polimeer toegelaat (**fase 2**). Daarna is die roerspoed verlaag om 'n G -waarde van 40 s^{-1} te lewer vir 'n verdere kontaktyd van 4 minute (**fase 3**). Die totale kontaktyd was dus 15 minute.

Die effek van polimeerdosering is by verskillende vlakke van magnetietdosis en pH ondersoek, soos hierna gerapporteer.

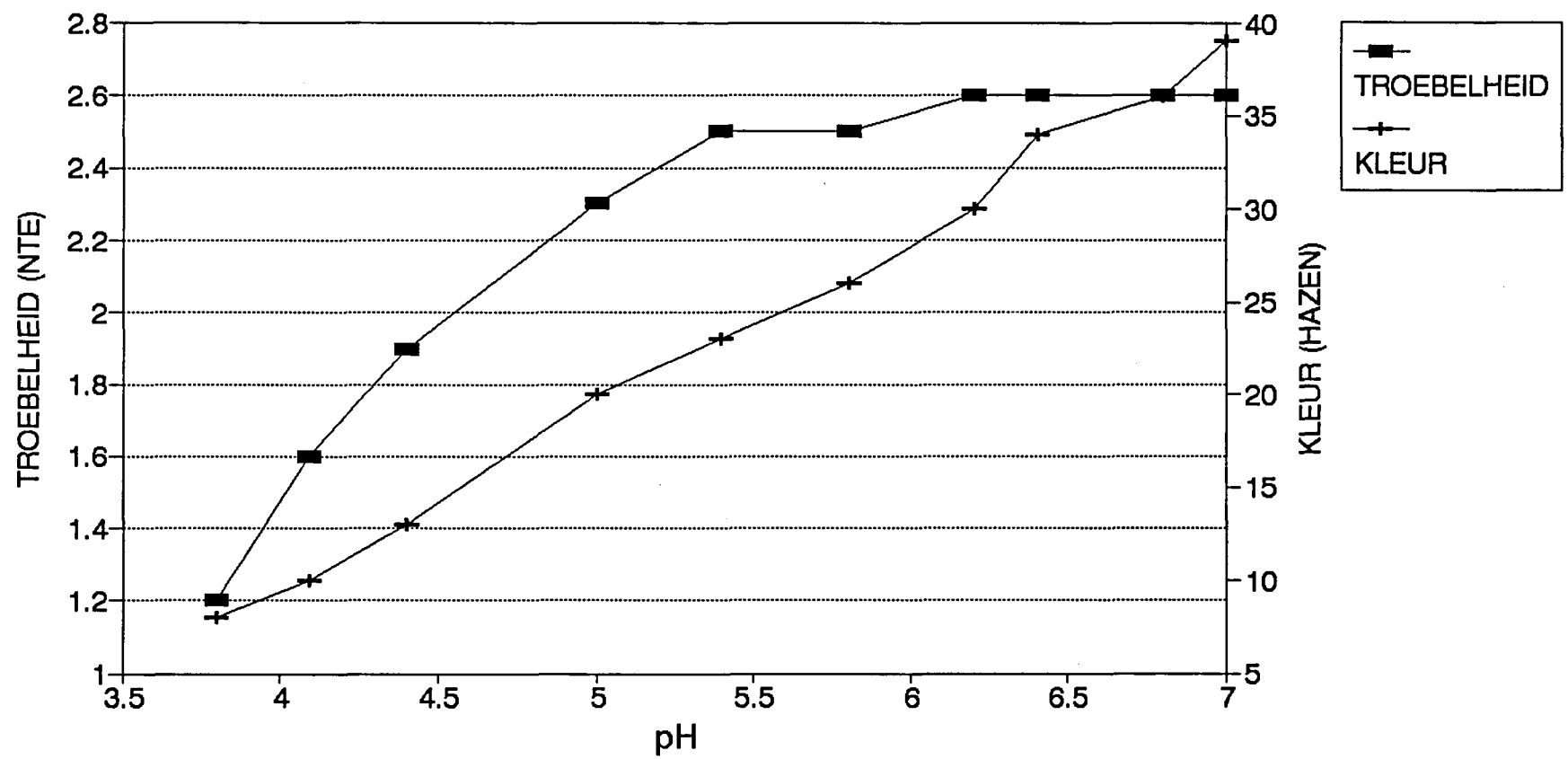
In **Tabel G4** in **Bylae G** word resultate vertoon waar die magnetietdosis 15 g/l was en die $\text{pH} \approx 5$. (By hierdie eksperiment was die toegepaste G -waardes ietwat laer as hierbo gerapporteer. Dit was naamlik 135 s^{-1} vir fase 1, 190 s^{-1} vir fase 2 en 40 s^{-1} vir fase 3 van die vermengingsperiode). Polimeerdosisse het tussen 0 en 10 mg/l gewissel. Die resultate word grafies in **Figuur 11** voorgestel. **Figuur 11** toon dat 'n polimeerdosis van sowat 5 mg/l in kombinasie met 'n 15 g/l magnetietdosis benodig word om die water genoegsaam te suiwer.

Met verhoging in magnetietdosis, verlaag die benodigde polimeerdosis. Die resultate in **Tabelle G5** en **G6** in **Bylae G** is ten opsigte van eksperimente waarby die magnetietdosis 20 g/l was. Die proses is by twee pH-vlakke ondersoek, teweete $\text{pH} \approx 5,25$ en $\text{pH} \approx 5,85$. Die resultate word grafies in **Figuur 12** voorgestel. Dit toon dat 'n polimeerdosis van sowat 2 mg/l in kombinasie met 'n 20 g/l magnetietdosis benodig word om die water genoegsaam te suiwer.

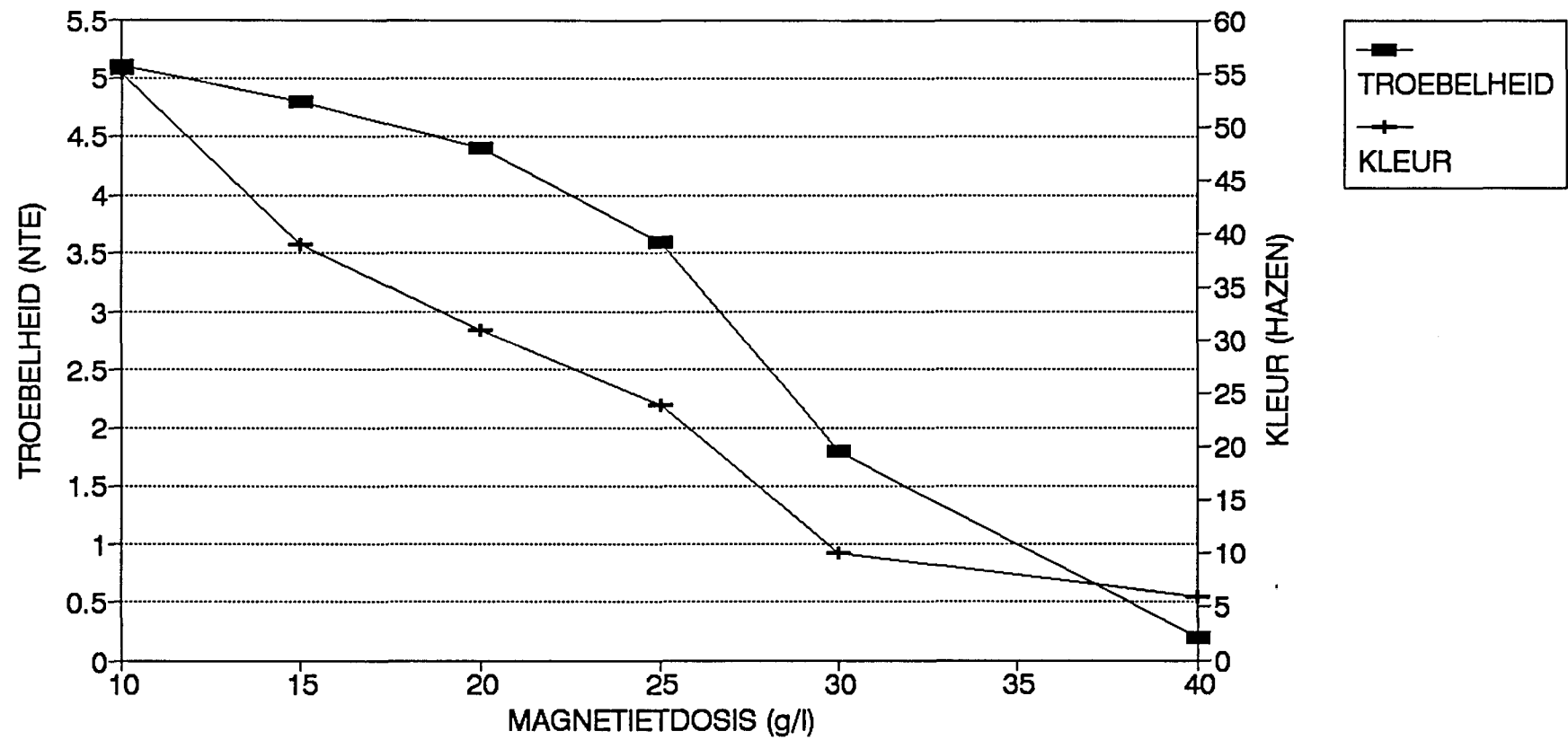
Kontrole-eksperimente waarby slegs polimeer en geen magnetiet gedoseer was nie, was onsuksesvol ten opsigte van kleurverwydering.



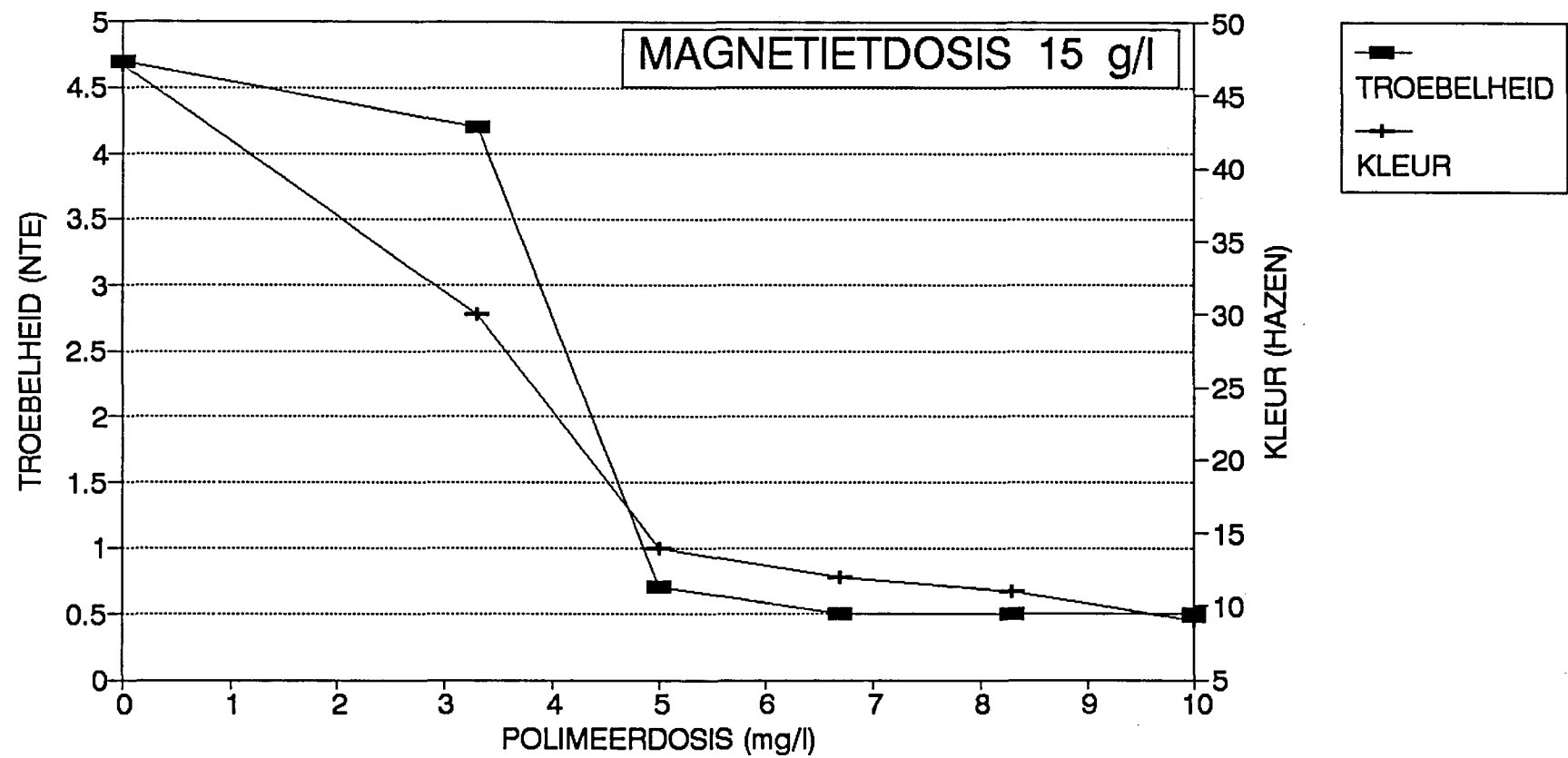
FIGUUR 8 : DUIVENHOKSDAMWATERSUIWERING : INVLOED VAN ROERSPOED



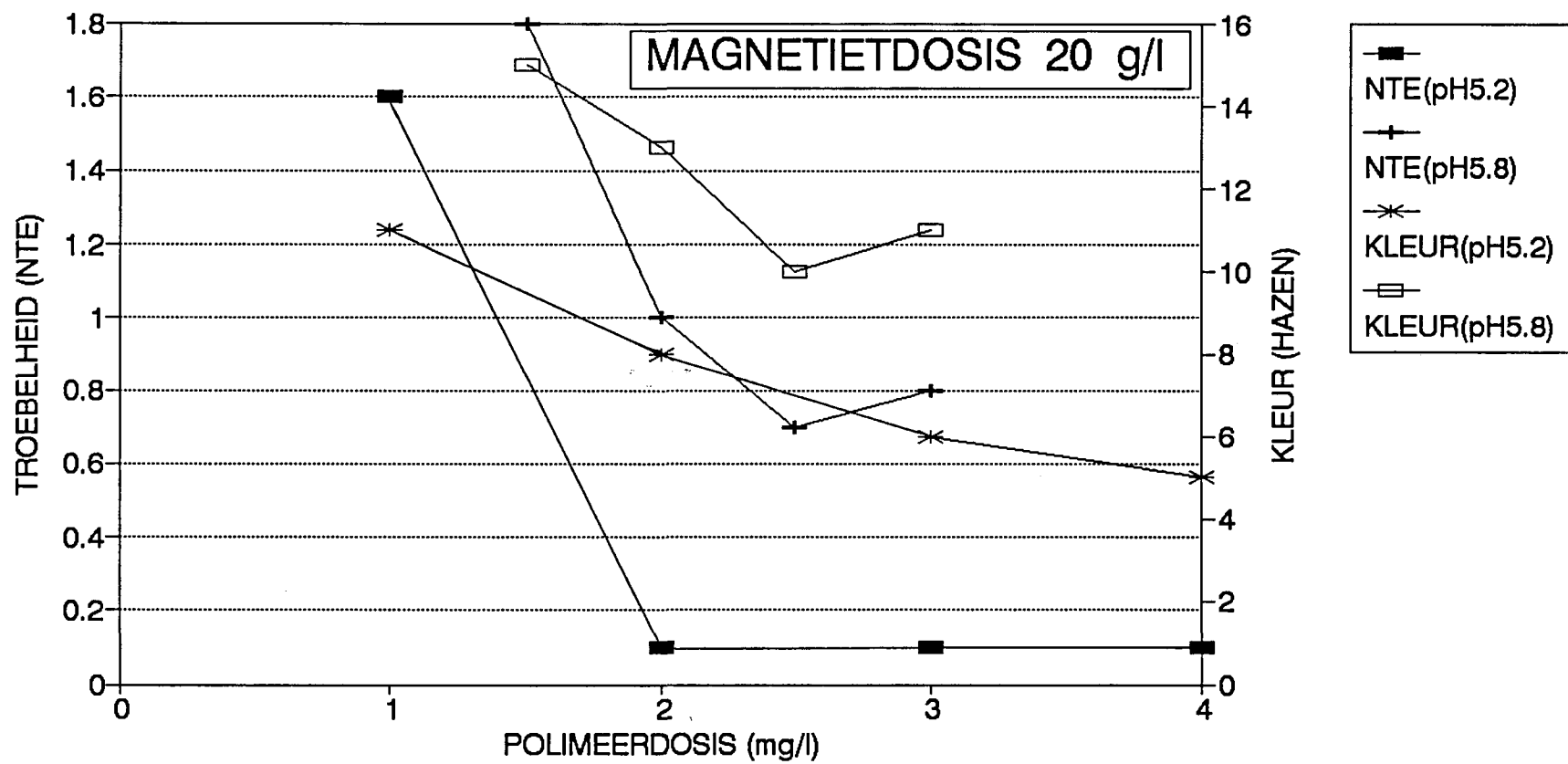
FIGUUR 9 : DUIVENHOKSDAMWATERSUIWERING : INVLOED VAN pH



FIGUUR 10 : DUIVENHOKSDAMWATERSUIWERING : INVLOED VAN MAGNETIETDOSIS



FIGUUR 11 : DUIVENHOKSDAMWATERSUIWERING : INVLOED VAN POLIMEERDOSIS (DEEL 1)



FIGUUR 12 : DUIVENHOKSDAMWATERSUIWERING : INVLOED VAN POLIMEERDOSIS (DEEL 2)

(e) Effek van kontaktyd

Verkenningseksperimente is uitgevoer om die invloed van die totale vermengingstyd, vir sover dit tussen 10 min en 20 min gevarieer het, te bestudeer. Weens 'n beperking op die hoeveelheid beskikbare rouwater, kon slegs 'n beperkte aantal toetse in hierdie verband uitgevoer word. Die uitslae van hierdie toetse was onbeslis en verdere navorsingswerk word hiervoor aanbeveel. Die vereiste proses kontaktyd word wel redelik gedetailleerd in die literatuur bespreek. (Verwys 3.2.6 en Anderson *et al* (1981). 'n Totale kontaktyd van 15 minute is meestal in hierdie verhandeling gebruik.

5.6.1.4 Watersuiweringsondersoeke : Evaluering van resultate

Die resultate in **Tabelle G3 tot G6 in Bylae G**, verskaf gesamentlik 'n aanduiding oor watter kombinasies van magnetietdosis en polimeerdosis (LT 31) benodig word, om die water tot binne neergelegde SABS drinkwaterkriteria ten opsigte van troebelheid en kleur, te suiwer. Hierdie aanduiding word in **Tabel 19** opgesom.

TABEL 19 : BENODIGDE KOMBINASIE VAN MAGNETIET EN POLIMEERDOSERING OM WATER GENOEGSAAM TE SUIWER

BESKRYWING	EENHEID	WAARDE VIR MAGNETIETPROSES UITVLOEISEL					
		Scenario 1			Scenario 2		
		Indien 'n filtrasie-stap voorsien word om die magnetietproses uitvloei sel verder te suiwer [@]			Indien die magnetietproses die finale produkwater lewer [*]		
		Geval 1	Geval 2	Geval 3	Geval 1	Geval 2	Geval 3
Magnetietdosis	g/l	30	20	15	40	20	15
Polimeerdosis	mg/l	0	1	4*	0	2	5
Residuele troebelheid	NTE	1,8	1,6	<3	0,2	0,1-1	0,7
Residuele kleur	Hazen	10	11	<20	6	8-13	9
Proses pH		5,2 tot 5,7					
Totale kontaktyd (min)		15					
Snelheidsgradient G (s ⁻¹)		Fase 1 : 165 ; Fase 2 : 200 ; Fase 3 : 40					

* Bepaal met interpolasie.

@ Let op dat die residuele kleur en troebelheid wat gerapporteer word dié is wat deur die magnetietproses behaal word en dat 'n filtrasie-stap dus benodig word om die water verder tot binne die aanbevole SABS drinkwaterkriteria te suiwer.

Die magnetiet en/of polimeerdosis vir scenario 2 is hoër as vir die ooreenstemmende geval in scenario 1, maar dit is hier nie nodig om die water aan 'n filtrasie-stap te onderwerp nie.

Dit is insiggewend om bogenoemde data te vergelyk met inligting wat deur Home et al (1992) ten opsigte van die volskaalse Sirofloc proses by Redmires in Brittanje gerapporteer word. By hierdie aanleg is daar wel 'n filtrasie-stap ná die magnetietsuiweringsproses. Hulle doseer tipies 20 g/l magnetiet, gevolg deur sowat 1 mg/l polimeer (Magnaflow LT 31). Die proses pH wissel tussen 5,0 en 6,0, met pH 5,6 as die mees algemene waarde. Die magnetiet kontaktyd is 12 minute. Geen inligting word oor vermengingsenergie verstrekkend.

5.6.1.5 Wasmiddel vir regenerasie van magnetiet

Die regenerasieproses van die magnetiet is nie in hierdie verhandeling ge-evalueer nie. Die magnetiet wat vir die Duivenhokswater bekertoetse aangewend is, is egter gebruik om die NaOH-aanvraag vir regenerasie te bepaal. Dit is gedoen deur die "vuil" magnetiet se konsentrasie in die flodder tot 50 % (m/m) te verstel en 'n afgemete hoeveelheid NaOH by die flodder te voeg totdat 'n pH $\approx$ 11,5 bereik is. Die hoeveelheid NaOH sodanig bygevoeg, is aangeteken. Ingevolge hierdie toetse, word dosering van ongeveer 0,7 g NaOH per 1 gram magnetiet per wassiklus, vir die regenerasie proses benodig.

Gebaseer op die bedryfsdata wat deur Home et al (1992) gerapporteer is (verwys ook 3.2.5), kan die waswater aanvraag bereken word as 2,2 ml per 1 gram magnetiet per wassiklus. Vir 'n 20 g/l magnetietdosering herlei dit tot 4,4 % van die water wat behandel word. (Hierdie syfer is in ooreenstemming met gegewens wat in ander literatuur vermeld word. Sien Anderson & Priestly, 1983 en Booker et al, 1991).

5.6.1.6 Vergelyking van die magnetietproses met die konvensionele proses

'n Vergelyking van die magnetietproses en konvensionele proses se chemikalieë aanvraag word in **Tabel 20** aangebied. (Dosering vir en aankoop van waswater is nie getoon nie. Die waswaterhoeveelhede en graad van onsuiverhede is vir beide prosesse ongeveer dieselfde. Die magnetietproses se waswater het egter 'n hoër pH. As hierdie water in damme gestoor word, verlaag die pH daarvan tot onder 8,5 vanweë CO₂ oplossing vanuit die lug. Verwys na 3.2.11).

Let op dat die syfers t.o.v. die konvensionele aanleg vanuit die bedryfsresultate vir die hele April 1992 herlei is, terwyl die syfers t.o.v. die magnetietproses van toepassing is op 'n enkele rouwater monster wat gedurende April 1992 geneem is. Die getoonde koste is dus nie direk vergelykbaar nie, maar verskaf 'n aanduiding oor die toepaslikheid van verdere ondersoeke in hierdie verband.

TABEL 20 : CHEMIKALIEË VEREISTES VIR SUIWERING VAN DUIVENHOKSDAMWATER

DOSEERMIDDEL	EENHEIDS- KOSTE VIR MEI 1992 (c/kg)	Magnetietproses (sonder filtrasie-stap)		Konvensionele proses	
		Beraamde dosis (mg/l)	Eenheids- koste van behandeling (c/m³)	Gemiddelde dosis April 1992 (mg/l)	Eenheids- koste van behandeling (c/m³)
H ₂ SO ₄ vir proses pH	80	14	1,12	-	
Polimeer (Magnafloc LT31)	650	2	1,30	-	
NaOH vir regenerasie van magnetiet	225	14	3,57	-	
Ca(OH) ₂ vir stabilisasie	32	30*	0,96	43,5	1,39
CO ₂ vir stabilisasie	305	5*	1,53	14,0	4,27
Bentoniet	50	-	-	2,4	0,12
Aluin	93	-	-	60,8	5,65
Chloor vir ontsmetting	390	2	0,78	2	0,78
Totale Eenhedskoste	(c/m³)	-	9,26 [@]	-	12,21

* Beraam volgens Loewenthal et al (1986) se STASOFT rekenaarprogram.

@ Die koste van vervanging van magnetiet wat vanuit die proses verlore gaan, word deur die skrywer beraam as minder as 1 % van die chemikalieë koste van die magnetietproses. Laasgenoemde is dus in hierdie berekening weglaatbaar.

'n Betroubare vergelyking van ander koste-aspekte soos kapitaalwerke, kragaanvraag en bedryfskoste wat nie in Tabel 20 gelys is nie, val buite die bestek van hierdie ondersoek. Die bespreking in paragraaf 3.2.13 dien egter as algemene riglyn in hierdie verband. Let ook op dat die doserings wat in Tabel 20 ten opsigte van die magnetietproses getoon is, genoegsaam is om die water te suiwer tot binne die SABS se drinkwaterkriteria sonder dat 'n filtrasie stap benodig word.

Die feit dat die getoonde chemikalieë koste van die magnetietproses, 'n bykans 25 % besparing in doseerkoste van die water moontlik maak en dat die filtrasie-stap in hierdie proses nie nodig is nie, toon dat verdere ondersoeke in hierdie verband geregverdig is.

5.6.2 Vaaldamwater

5.6.2.1 Oorsig

Die Randwaterraad (sien Bylae I) is tans besig om navorsing te doen rakende die verwydering van die smaak- en reukgewende Geosmin wat periodies in hul water voorkom. Enkele toetse is met magnetiet op versoek van die Randwaterraad by hulle laboratorium uitgevoer om 'n aanduiding te kan kry of magnetiet die Geosmin kan verwyder of nie. Die mikpunt is om minder as 20 ng/l Geosmin in die finale produkwater te verkry.

5.6.2.2 Eksperimentele Werk

(a) Toetsmonstervoorbereiding

'n Rouwatermonster afkomstig uit die Vaaldam is in kleiner monsters onderverdeel, genoem monster 1, monster 2, monster 3, monster 4 en monster 5.

Monster 1 is 'n rouwatermonster wat gebruik is om die rouwater pH, troebelheid en Geosmin-inhoud te bepaal. Die gemete pH was 7,4. Die troebelheid en Geosmin-inhoud was onderskeidelik 11,2 NTE en 79 ng/l.

Monster 2 is in die laboratorium m.b.v. beker lotprosesse aan die konvensionele watersuiweringstappe, dit wil sê kalkdosering, flokkulasie by pH $\approx$ 10,5, besinking en stabilisasie met CO₂, onderwerp. Dit is daarna getoets vir residuele Geosmin-inhoud.

Monster 3, met rouwater pH $\approx$ 7,4, is slegs aan magnetietsuiwering, sonder pH verstelling, onderwerp. Dit is daarna getoets vir residuele troebelheid en Geosmin-inhoud.

Monster 4 is in die laboratorium aan al die stappe van die konvensionele watersuiwering onderwerp en nadat dit verhelder en met CO₂ tot pH 8,0 gestabiliseer is, is dit verder aan magnetietsuiwering onderwerp. Die produkwater is daarna getoets vir residuele Geosmin-inhoud.

Monster 5 is in die laboratorium slegs aan die eerste gedeelte van die konvensionele watersuiwering, dit is kalkflokkulering en verheldering by pH 10,5 onderwerp, en daarna aan verdere magnetietsuiwering onderwerp. Die produkwater is vir residuele Geosmin-inhoud getoets.

(b) **Beskrywing van die magnetietsuiweringsfase**

Die magnetietsuiweringsfase van die toetse op monsters 3, 4 en 5 m.b.v. bekertoetse, is op 1 200 ml van elk van die monsters uitgevoer. Die toetsbekers was 1,5 l ronde glasbekers en vermenging is teen 300 opm vir 3 minute en verder teen 250 opm vir 12 minute toegepas. 'n Plat spaan met afmetings 25 mm x 63 mm is vir die vermenging gebruik. (Die gemiddelde snelheidsgradiënt **G** is nie vir hierdie opstelling bepaal nie).

Magnetiet is teen 25 g/l gedoseer en na 15 minute vermenging is die magnetiet vir 5 minute oor 'n plat magneet besink. Die bowater is gedekanteer vir analise-doeleindes.

(c) **Watergehalte-ontledings**

Watergehalte-ontledings, dit is die metings van Geosmin-inhoud, troebelheid en pH, is deur die Randwaterraad se personeel in hul eie laboratoriums uitgevoer.

5.6.2.3 Resultate

Die resultate word in **Tabel 21** aangebied.

TABEL 21 : RESULTATE VAN TOETSE OP VAALDAMWATER

EIENSKAP	EENHEID	MONSTER NOMMER			
		2	3	4	5
Residuele Troebelheid	NTE	0,2	0,6	0,3	Helder (Nie gemeet nie)
Residuele Geosmin	ng/l	42	27	5	< 10
Persentasie Vermindering in Geosmin	%	46,8	65,8	93,7	> 87,3

5.6.2.4 Bespreking en Gevolgtrekking

Monster 2 se resultate toon dat die Randwaterraad se konvensionele proses daarin slaag om die Geosmin te verminder, maar nie genoegsaam nie. (Die mikpunt is 20 ng/l).

Monster 3, dit wil sê die monster wat slegs aan magnetietbehandeling onderwerp was, was meer suksesvol as monster 2 ten opsigte van Geosmin verwydering, maar steeds nie suksesvol genoeg nie. Dit dien egter vermeld te word dat die troebelheid deur die magnetiet vanaf 11,2 tot 0,6 NTE verminder is sonder die gebruik van hulpflokkulante.

By monsters 4 en 5 is daar beide goeie en genoegsame Geosmin-verwydering verkry.

Die gevolgtrekking word dus gemaak dat magnetiet wel in staat is om Geosmin te verwyder. Heelwat meer toetse sal egter uitgevoer moet word om die behandelingsinsette te optimiseer en om 'n evaluasie van die ekonomiese lewensvatbaarheid van die proses te maak. 'n Bemoedigende aspek is dat die magnetiet ook die water se troebelheid sonder enige hulpflokkulante verwyder. Dit dui daarop dat verdere werk ten opsigte van die suiwering van die Vaaldamwater en Grootdraaidamwater waarskynlik geregverdig is.

5.6.3 Finale uitvloeisels vanaf biologiese afvalwaterbehandelingsaanlegte

5.6.3.1 Oorsig

Enkele nie-geoptimiseerde verkenningstoetse is uitgevoer om 'n aanduiding te ontvang of magnetietbehandeling die gehalte van finale uitvloeisel wat deur biologiese afvalwaterbehandelingsaanlegte geproduseer word, kan verbeter. Twee bronne is vir sodanige toetse gebruik, te wete

- (a) Finale uitvloeisel vanaf 'n dorp se biologiese rioolsuiweringsaanleg. (Die monster wat gebruik was bevat 'n mengsel van water wat vanuit 'n sytelbedaanleg en 'n aktiefslykaanleg afkomstig is). 'n Monster van hierdie water word voortaan na verwys as die **dorpsuitvloeisel**.
- (b) Finale uitvloeisel vanaf 'n aktiefslykaanleg waarin SASOL proseswater behandel word. 'n Monster van hierdie water word voortaan na verwys as die **SASOL-uitvloeisel**.

5.6.3.2 Behandeling van die dorpsuitvloeisel

(a) Eksperimentele werk

Bekertoetse is soos in 5.3 beskryf, uitgevoer en spesifieke eksperimentele veranderlikes word in **BYLAE H** aangetoon.

Buiten pH, kleur en troebelheid, is die chemiese suurstofbehoefte (CSB) en die ortofosfaat ook gemoniteer. Laasgenoemde twee parameters is volgens standaard metodes deur Waterlab Research (Edms) Bpk (sien **Bylae I**) gemeet.

(b) Resultate

Eksperimentele resultate vir die dorpsuitvloeisel word in **Tabel 22** vertoon.

TABEL 22 : EKSPERIMENTELE RESULTATE T.O.V. MAGNETIETBEHANDELDE DORPSUITVLOEISEL

BESKRYWING	EENHEID	WAARDE						
		Kon- trole	Toets 1	Toets 2	Toets 3	Toets 4	Toets 5	Toets 6
1. MONSTERGROOTTE	mℓ	300	300	300	300	300	300	300
2. DOSERINGS :								
1 % H ₂ SO ₄	mℓ	0	0	0,5	1,0	2,0	2,5	0
PMC 2 magnetiet	mg	0	5	5	5	5	5	0
Magnafloc LT 31	mg	0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
3. PRODUKWATERGE- HALTE								
pH	pH	6,9	7,1	6,7	6,4	5,8	4,8	7,1
Kleur	Hazen	23	12	12	12	12	9	22
Troebelheid	NTE	12	1,5	1,5	1,5	1,6	1,2	5,9
Ortofosfaat	mg/ℓ	4,5	1,7	2,5	1,9	1,3	1,3	-
CSB	mg/ℓ	84	36	48	36	28	32	-

(c) Bespreking in gevolgtrekking

Die data in **Tabel 22** vertoon resultate wat behaal is deur die dorpsuitvloeisel met magnetiet en polimeer by verskillende pH-waardes te behandel, (toetse 1-5) en een datastel waarby slegs polimeer-behandeling toegepas is (Toets 6). Laasgenoemde toets is slegs as kontrole bedoel. Die data toon dat die magnetiet wel kleur, troebelheid, fosfate en CSB verwyder. Die effektiwiteit van die verwydering verbeter effens soos wat die proses pH verlaag. Verdere werk word egter benodig om die lewensvatbaarheid van die proses te kan evalueer.

5.6.3.3 Behandeling van die SASOL-uitvloeisel**(a) Eksperimentele werk**

Die SASOL-uitvloeisel was uitermate hoog gekleur (500 Hazen eenhede). Aanvanklike roer-toetseksperimente het getoon dat 'n ordegrootte verhoging in magnetietdosis nodig gaan wees om die kleur maksimaal te verwyder. Daar is toe besluit om die rouwater aan 'n meerstadium magnetietbehandeling te onderwerp, deur die produkwater van 'n voorafgaande toets as rouwater vir 'n opvolgtoets te gebruik. Die bekertoetse is volgens die prosedure in **5.3** uitgevoer deur gebruik te maak van die individuele roerders met 'n 25 x 75 mm plat roerspaan. Die roerspoed is arbitrêr op tussen 160 opm en 220 opm gestel, afhangende van die volume van die monster wat behandel is. Vanweë die verkennende aard van hierdie eksperimente is die toegepaste G-waardes nie gemeet nie.

(b) Resultate

Eksperimentele veranderlikes en resultate ten opsigte van die SASOL-uitvloeiselsuiwering word in Tabel 23 aangetoon.

TABEL 23 : EKSPERIMENTELE VERANDERLIKES EN RESULTATE T.O.V. SASOL-UITVLOEISELBEHANDELING

BESKRYWING		EEN-HEID	WAARDE					
			Rou Mon-ster	Toets 1	Toets 2	Toets 3	Toets 4	Toets 5
1.	INSETDATA							
	Maatbeker grootte	mℓ	-	2000	2000	2000	1000	600
	Monster grootte	mℓ	-	1500	1200	1000	800	500
	Roerspoed	opm	-	220	220	200	200	200
	Vermengingstyd	min	-	15	15	15	15	15
	Besinktyd	min	-	10	10	10	10	10
2.	DOSERINGS							
	10 % H ₂ SO ₄ vir pH verstelling	mℓ	-	3,15	0,18	0,08	0,05	0,08
	PMC 2 magnetiet	g	-	90	60	50	32	25
	Kumulatiewe magnetietdosis	g/ℓ	-	60	110	160	200	250
3.	PRODUKWATER GEHALTE							
	pH	pH	7,1	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
	Kleur	Hazen	500	200	150	120	100	90
	Troebelheid	NTE	10	9,8	5,1	4,6	1,8	1,4
	CSB	mg/ℓ	388	254	191	-	-	155

(c) Bespreking en gevolgtrekking

Die SASOL-uitvloeisel is hoogs gekleur en hoë dosisse magnetiet was in staat om die kleur van die pH-verlaagde rouwatermonster tot ongeveer 90 Hazen te verminder. Alle pogings om die kleur verder te verminder was egter onsuksesvol. Die resultate toon ook dat troebelheids- en CSB- verwydering plaasgevind het.

Hoewel bogemelde resultate nie noodwendig 'n sinvolle aanwending van magnetietsuiwering demonstreer nie, dui dit tog daarop dat suur nywerheidsuitvloeisels wat met organiese en ander stowwe besoedel is, moontlik suksesvol met magnetiet behandel kan word. Veral die lae pH mynwateruitvloeisels kan waarskynlik met magnetiet gesuiwer word. Verdere navorsing word in hierdie verband benodig.

6. SAMEVATTING

- 6.1 Die gebruik van ultrafyn ($< 12 \mu\text{m}$) herbruikbare magnetietpartikels vir watersuiwering, is 'n relatiewe nuwe proses wat gedurende die afgelope dekade enkele volskaalse toepassings in die buiteland gevind het.
- 6.2 Aangesien Suid-Afrika oor groot hoeveelhede gemynde, maar onbenutte magnetiet beskik, is daar besluit om die toepasbaarheid van die magnetietsuiweringsproses in Suid-Afrika in oënskou te neem.
- 6.3 In hierdie verhandeling word 'n literatuurstudie ten opsigte van toepaslike magnetiet-eienskappe en besonderhede van huidige ontwikkelings m.b.t. die magnetietsuiweringsproses verskaf.
- 6.4 Die verhandeling rapporteer ook die resultate van navorsingswerk wat by die Universiteit van Pretoria gedoen is om
 - (a) die mees geskikte magnetietbron in Suid-Afrika te identifiseer;
 - (b) te bepaal hoe magnetiet vir watersuiweringsdoeleindes verkry en voorberei moet word;
 - (c) laboratorium toetsprosedures daar te stel;
 - (d) watersuiweringseffektiwiteit van die magnetiet te verken;
 - (e) riglyne vir verdere navorsing aan te bied.
- 6.5 Daar word aangetoon dat Phalaborwa oor die mees geskikte magnetietbron beskik. Hierdie magnetiet moet nog fyner gemaal word, die fyn fraksie moet afgeskei word en die magnetiet moet daarna gewas word.
- 6.6 'n Uitgebreide studie, wat statistiese dataverwerking insluit, is uitgevoer om die vereiste piek magneetveldsterkte vir genoegsame demagnetisering van magnetiet te bepaal. Daar is gevind dat die piekwaarde van die demagnetiseringsveld 30 mT moet oorskry.

- 6.7 Die snelheidsgradient (**G**) wat in die water toegepas moet word ten einde die 2-12 μm partikels volledig in suspensie te hou, is sowat 40 s^{-1} . Optimum **G**-waardes vir die magnetiet kontakproses, is sowat 3 tot 5 keer hoër as dit.
- 6.8 Verskeie aspekte van die watersuiweringsvermoë van magnetiet, soos gerapporteer in die literatuur, is vir die Suid-Afrikaanse toestande bevestig. Daar is gedemonstreer dat die magnetiet suksesvol is in die verwydering van veral organiese kleur, maar ook van troebelheid, fosfate en CSB. Verwyderingseffektiwiteit verhoog wanneer die pH van die water verlaag.
- 6.9 Daar is gedemonstreer dat magnetiet in staat is om die smaak- en reukgewende organiese stof, Geosmin, vanuit die water te verwyder.
- 6.10 Die Duivenhoksdamwater is verteenwoordigend van water wat 'n hoë kleur, lae troebelheid, lae alkaliniteit en soms lae pH het. Hierdie water is suksesvol met magnetiet gesuiwer teen 'n laer gedoseerde chemikalieë koste as waartoe die bestaande proses in staat is. Die doserings vergelyk ook goed met dit wat in die literatuur gerapporteer word. (Home et al 1992).
- 6.11 Verdere navorsing word benodig om die ekonomiese lewensvatbaarheid van die magnetietproses vir spesifieke toepassings te bepaal. Tipiese waters wat volgens aanduidings geskikte kandidate vir suiwing met die magnetietproses kan wees, is
- (a) drinkwaterbronne waarvan die water 'n hoë kleur, lae troebelheid, lae pH en/of lae alkaliniteit het;
 - (b) nywerheidsuitvloeiings met lae pH;
 - (c) suur ondergrondse mynwater.

7. VERDERE NAVORSING

- 7.1 Verdere ondersoeke word benodig om die tegniese boustene van 'n volskaalse magnetietproses volledig te kwantifiseer en om die ekonomiese lewensvatbaarheid daarvan in die Suid-Afrikaanse konteks te bevestig. Vir hierdie doel behoort enkele waterbronne, wat geskik is vir magnetietbehandeling, uitgesonder te word as onderwerp vir volledige prosesontwerp en aanlegontwerp.

Bogemelde ekonomiese lewensvatbaarheidstudie behoort moontlik te wees deur middel van verdere lessernaarstudies, bekertoetse en 'n besoek aan 'n bestaande Sirofloc aanleg in Australië of Brittanje. Die uitslag van die lewensvatbaarheidstudie mag dan aanleiding gee tot navorsing m.b.t. 'n kontinue proses loodsaanleg.

- 7.2 Navorsing wat daarop gerig is om die vereiste magnetietdosisse en vermengingsenergie te verminder, kan lei tot grootskaalse vermindering in proseskosse. Die gebruik van kleiner magnetietpartikels, meer doeltreffende aktivering van magnetiet en alternatiewe hulpflokkulante behoort nagevors te word.
- 7.3 Die chemikalië koste verbonde aan magnetiet regenerasie is relatief hoog (Verwys Tabel 20). Hierdie verhandeling het nie aandag gegee aan optimisering van die regenerasieproses nie en daar word aanbeveel dat verdere navorsing gedoen word om die chemikaliëdosiss, waswaterhoeveelhede, vermengingsmetode, vermengingsenergie en vermengingstyd wat vir regenerasie benodig word, te optimiseer.
- 7.4 In die Sirofloc proses word ultrafyn magnetietpartikels teen hoë vermengingsintensiteit deur die watermassa gesuspendeer en daarna met besinking of hoë gradient magnetiese skeiding (HGMS) vanuit die water verwyder. Moontlikhede om 'n groter magnetietpartikel in 'n gepakte filterbed as adsorbeermedium te gebruik, behoort ondersoek te word. Die regenerasie van die magnetiet kan dan volgens bestaande filterwasprosedures uitgevoer word. 'n Ander toepassingsmoontlikheid is om magnetietpartikels in 'n sweefbed reaktor te gebruik waar die opvloeï-aksie van die water die magnetietpartikels vervloei en sodoende genoegsame kontak tussen magnetiet en onsuiverhede bewerkstellig.

8. LITERATUURVERWYSINGSLYS

Ahamad M, Shaikh H en Dixit SG (1992). Removal of phosphate from waters by precipitation and high gradient magnetic separation. Water Res. **26**(6) 845-852.

Anand P, Etzel JE en Friedlaender FJ (1985). Heavy metals removal by high gradient magnetic separation. IEEE Transactions On Magnetism Vol. Mag-21, No. 5.

Anderson NJ, Blesing NV, Bolto BA, Kolarik LO, Priestley AJ en Raper WGC (1979). The siroflocc process for turbidity and colour removal : process development and pilot plant operation. Proceedings of the Eight Federal Convention, Australian Water & Wastewater Assoc. 12-16 November 1979, Gold Coast, Queensland.

Anderson NJ, Bolto BA, Eldridge RJ, Kolarik LO en Swinton EA (1980). Colour and turbidity removal with reusable magnetic particles - II : Coagulation with magnetic polymer composites. Water Res. **14** 967-973.

Anderson NJ, Bolto BA, Dixon DR, Priestly AJ, Raper WGC en Blesing NV (1981). Further scientific developments in the Siroflocc process. Proceedings of the Ninth Federal Convention, Australian Water & Wastewater Association, Perth, 14-1 tot 14-9.

Anderson NJ, Bolto BA, Dixon DR, Kolarik LO, Priestley AJ en Raper WGC (1982a). Water treatment with reusable magnetite particles. Water International Filtration Symposium, Antwerp, 21-23 April 1982, 1-10.

Anderson NJ, Kolarik LO, Swinton EA en Weiss DE (1982b). Colour and turbidity removal with reusable magnetic particles - III : Immobilized metal hydroxide gels. Water Res. **16** 1327-1334.

Anderson NJ, Bolto BA, Blesing NV, Kolarik LO, Priestley AJ en Raper WGC (1983). Colour and turbidity removal with reusable magnetite particles -VI : Pilot plant operation. Water Res. **17**(10) 1235-1243.

Anderson NJ en Priestley AJ (1983). Colour and turbidity removal with reusable magnetite particles - V : Process Development Water Res. **17**(10) 1227-1233.

Anhaeusser CR en Maske S (red) (1986). Mineral deposits of Southern Africa. The Geological Society of South Africa, Johannesburg.

Atherton JG en Bell SS (1981). Use of magnetite for the removal of viruses from water and wastewater : Adsorption of poliovirus Type 1 from water onto magnetite. Australian Water and Wastewater Association Federal Convention, 9th, April 1982, Perth.

Atherton JG en Bell SS (1983a). Adsorption of viruses on magnetic particles - I : Adsorption of MS2 bacteriophage and the effect of cations, clay and polyelectrolyte. Water Res **17**(8) 943-948.

Atherton JG en Bell SS (1983b). Adsorption of viruses on magnetic particles - II : Degradation of MS 2 bacteriophage by adsorption to magnetite. Water Res. **17**(8) 949-953.

Benson WH, Bartnik JA en Rose GD (1968). Demagnetizing coils and magnetic flocculators used in magnetite beneficiation. Mining Engineering, August 1968.

Bolto BA, Cross KWV, Eldridge RJ, Swinton EA en Weiss DE (1975). Magnetic Filter Aids. Chemical Engineering Progress **71**(12) 47-50.

Booker NA, Keir D, Priestley AJ, Richie CB, Sudarmana DL en Woods MA (1991). Sewage clarification with magnetite particles. Wat. Sci. Tech. **23** Kyoto 1703-1712.

Camp TR en Stein PC (1943). Velocity gradients and internal work in fluid motion. J. Boston Soc. Civil Eng. **30** 219-237.

Carmichael RS (red) (1982). Handbook of physical properties of rocks. Volume II. CRC Press Inc, Florida.

De Latour C (1976). Seeding principles of high gradient magnetic separation. Journal AWWA, August 1976.

Dixon DR (1984). Colour and turbidity removal with reusable magnetite particles - VII : A colloid chemistry study of the effect of inorganic ions on the efficiency of clarification. Water Res. **18**(5) 519-534.

Evans ME en McElhinny MV (1969). An investigation of the origin of stable remanence in magnetite-bearing igneous rocks. J. Geomagn. Geoelectr. **21** (757).

Gregory R, Maloney RJ en Stockley M (1988). Water treatment using magnetite : A study of a Sirofloc pilot plant. J. IWEM **2**(5) 532-544.

Home GP, Stockley M en Shaw G (1992). The Sirofloc process at Redmires water-treatment works. J. IWEM **6** (February) 10-19.

Ito S, Kikuchi A en Yoneda N (1985). Continuous treatment on magnetic separation of heavy metal ions in water. AIChE Symposium Series, **81** (243) 133-138.

James RO en Healey TW (1973). Adsorption of hydrolyzable metal ions at the oxide - water interface. J.C.I.S. **40**(42).

Kirschvink JL, Jones DS en MacFadden BJ (red) (1985). Magnetite biomineralization and magnetoreception in organisms : A new biomagnetism. Plenum Press : New York.

Kolarik LO (1983). Colour and turbidity removal with reusable magnetite particles - IV : Alkali activated magnetite - a new solid, reusable coagulant - adsorbent. Water Res. **17**(2) 141-147.

Loewenthal RE, Wiechers HNS en Marais GvR (1986). Softening and stabilization of municipal waters, Watnavorsingskommissie, Pretoria.

MacRae IC (1985). Removal of pesticides in water by microbial cells adsorbed to magnetite. Water Res. **19**(7) 825-830.

MacRae IC (1986). Removal of chlorinated hydrocarbons from water and wastewater by bacterial cells adsorbed to magnetite. Water Res. **20**(9) 1149-1152.

MacRae IC en Evans SK (1983). Factors influencing the adsorption of bacteria to magnetite in water and wastewater. Water Res. **17**(3) 271-277.

MacRae IC en Evans SK (1984). Removal of bacteria from water by adsorption to magnetite. Water Res. **18**(11) 1377-1380.

Materials Manual (1963). Materials manual : Testing and control procedures, Volume 1. Division of Highways, Department of Public Works, State of California. Julie 1963.

Maynard R (1990). Peristaltic pumps cope with magnetite slurry. Water and waste treatment 33(14) 49 - 50.

Nadebaum PR en Fish EJ (1985). Considerations in the application of the "siroflocc" process for colour and turbidity removal. Eleventh Federal Convention : Australian Water and Wastewater, Melbourne, 230-238.

Ouellette RP, King JA en Cheremisinoff PN (red) (1978). Electrotechnology Volume 1 : Wastewater treatment and separation methods Ann Arbor, Michigan.

Parks GA (1965). The isoelectric points of solid oxides, solid hydroxides and aqueous hydroxo complex systems. Chem Rev 65 177-197.

Parry LG (1965). Magnetic properties of dispersed magnetite powders. Phil. Matg., 11 303.

Potgieter HS (1992). Bepaling van snelheidsgradiënte vir bekertoetse. Verhandeling uitgevoer onder leiding van J Botha by Afdeling Waterbenutting, Departement Chemiese- en Omgewings-ingenieurswese, Universiteit van Pretoria, Julie 1992.

Reid GK en Wood RD (1976). Ecology of inland waters and estuaries (2ed). Van Nostrand, New York.

Sanks RL (1982). Water treatment plant design. Ann Arbor Science.

Schultz JR en Cleaves AB (1955). Geology in engineering. John Wiley & Sons Inc. New York.

Somasundaran P (red) (1980). Fine Particles Processing, Volume 1. Proceedings of the International Symposium on Fine Particles Processing, Las Vegas, Nevada, Februarie 24-28, 1980.

Stacey FD en Banerjee SK (1974). The physical principles of rock magnetism. Elsevier : Amsterdam.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1988). 17th edition, APHA, AWWA and WPCF, Washington.

Steynberg AJ (1990). Palabora Magnetite. PMC, 20 Februarie 1990.

Stumm W en Morgan JJ (1981). Aquatic chemistry (2ed). John Wiley & Sons, New York.

Taylor DJC, Page DC en Geldenhuys P (1988). Iron and Steel in South Africa. S. Afr. Inst. Min. Metal 88(3) 73-94.

Thompson R en Oldfield F (1986). Environmental magnetism. Allen & Unwin (Publishers) Ltd, London.

Vanvelson AF, Vandervos G en Dereuver JL (1988). Defosfatering door magnetische separatie. H2O 21(5) 402-407, 411.

Weast RC (1976). Handbook of Chemistry and Physics (56ed). The Chemical Rubber Co. Cleveland, Ohio.

Weiss DE en Raper WGC (1981). Water clarification and decolorization with regenerable magnetic particles. Effluent and Water Treatment Journal 21(8) 359-366.

BYLAE A

DETAIL VAN DEMAGNETISERINGSGOEL

Die demagnetiseringsgoel is opgebou uit elektriese geleierdraad wat rondom 'n nie-magnetiese pyp met binne-deursnit van 30 mm gewind is. Die spesifikasie wat aan die spoelvervaardiger verstrek was, word as volg saamgevat :

Spoeltipe : "Bobbin" gewonde tapsvormige goel (Verwys Benson et al, 1968).

Lugkern deursnit : 30 mm .

Kragbron : 220 volt enkel fase 50 Hz 15 A wisselstroom.

Piek magneetveldsterkte opgewek binne goel : 150 mT .

Die goel wat uiteindelik deur die vervaardiger verskaf was se eksterne afmetings is as volg :

Lugkern binnedeursnit : 31,5 mm .

Spoellengte : 300 mm .

Spoeldeursnit aan dik kant, ingesluit oop kern : 165 mm .

Spoeldeursnit aan dun kant, ingesluit oop kern : 55 mm .

Die spoelvervaardiger het dit gestel dat 'n magnetietpartikel se deurvloeyd deur die goel meer as een sekonde moet wees ten einde die partikel aan meer as 50 omkerings van die magneetveld te onderwerp.

Aangesien die goel 'n magneetveld van slegs 80 mT by 200 V kon opwek, het die vervaardiger ook 'n opstaptransformator voorsien wat die insetspanning tot die goel op 280 V, 440 V en 500 V kan stel. Spannings laer as 220 V kan ook aangewend word deur 'n "Variac" aan die toevoerkant van die goel in te sluit. Die stroomverbruik en piek magneetveldsterkte binne die goel by verskillende insetspannings, is soos per Tabel A1. Die magneetveldsterkte is gemeet deur 'n klein spoeletjie te maak wat binne die lugkern van die groot goel inpas. Die klein spoeletjie is aan 'n akkurate voltmeter gekoppel en in die groot goel ingeskuif. Die spanning wat in die klein spoeletjie deur die groot goel se wissellende magneetveld geïnduseer is, is gemeet en die groot goel se magneetveldsterkte is bereken vanuit die volgende formule :

$$B_e = \frac{S_e}{314 N A}$$

waar B_e = effektiewe magnetiese vloeddigtheid in Tesla.

S_e = effektiewe spanning opgewek oor die klein spoeletjie in Volt.

N = aantal windinge van elektriese draad in klein spoeletjie.

A = dwarsnitarea van die klein spoeletjie se lugkern in m^2 .

Die formule is van toepassing op 'n 50 Hz enkel fase kragtoevoer na die hoofgoel toe.

TABEL A1 : DEMAGNETISERINGSPOEL SE STROOM- EN MAGNEETVELDSTERKTE vs INSETSPANNING

INSETSPANNING (V)	Piek Magneetveldsterkte by leë kern (mT)	Stroomsterkte (A)	
		Leë kern	150 g Magnetietflodder in kern
10	2,9	0,17	0,17
15	4,5	0,28	0,28
20	6,3	0,39	0,37
25	8,1	0,52	0,50
30	9,9	0,63	0,59
35	11,7	0,73	0,72
40	13,5	0,85	0,80
45	15,3	0,95	0,95
50	17,1	1,09	1,04
55	19,2	1,20	1,15
60	21,0	1,32	1,26
70	24,6	1,55	1,47
80	28,4	1,78	1,66
90	32,0	2,01	1,89
100	35,6	2,23	2,12
110	39,4	2,49	2,33
120	43,0	2,72	2,53
130	47,0	2,95	2,76
140	50,5	3,18	2,97
150	54,2	3,43	3,18
160	58,2	3,66	3,43
180	65,2	4,13	3,85
200	73,0	4,59	4,31
220	80,9	5,08	4,77
380	144,0	8,65	8,25
440	164,6	9,90	9,50
500	185,0	11,12	10,67

BYLAE B

PROFORMA VIR AANTEKEN VAN BEKERTOETSRESULTATE

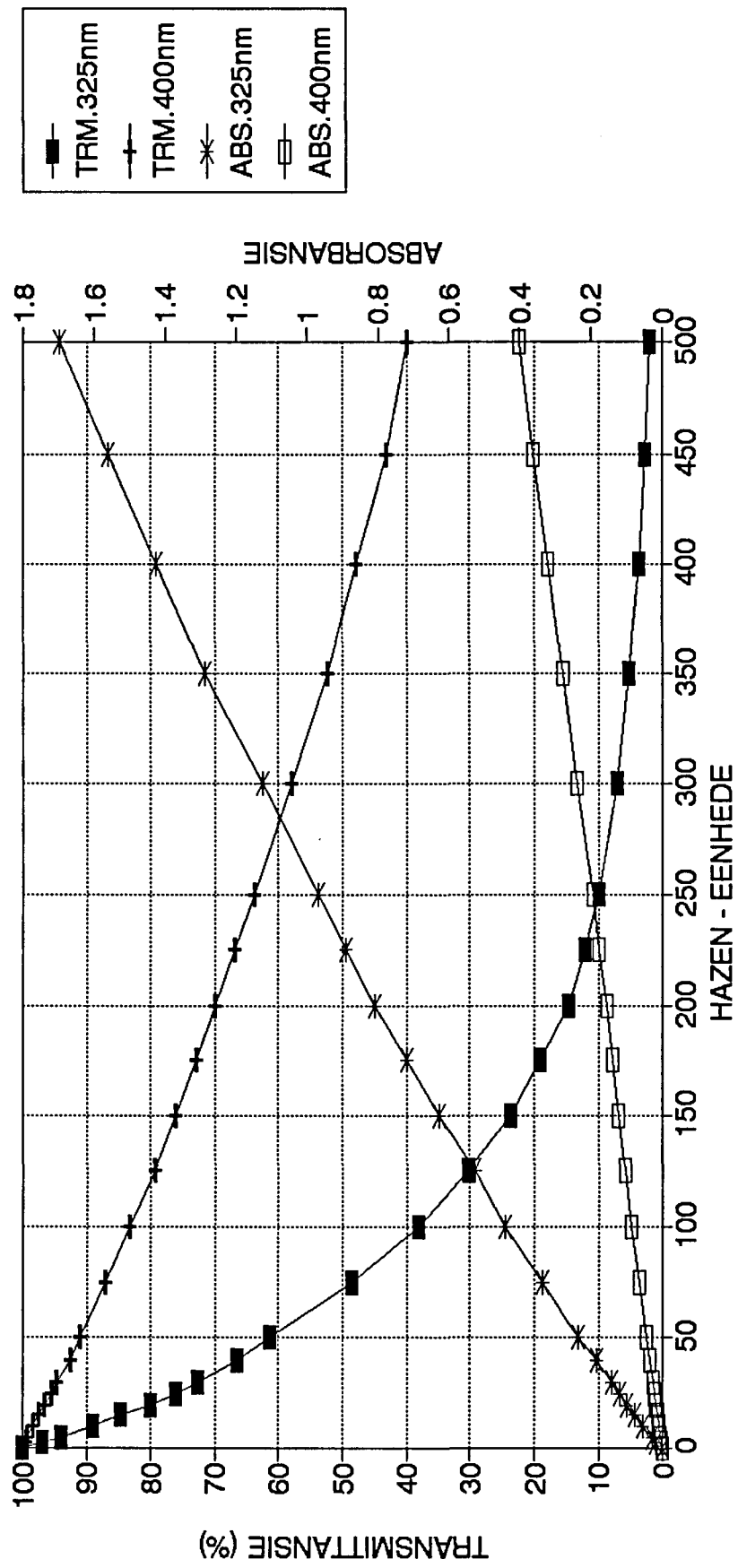
LABORATORIUM UITVLOKKINGSTOETSE**BRON :****TOETS NO :****DATUM :****EKSPERIMENTELE VERANDERLIKE :****ROUWATEREIENSKAPPE**

KLEUR : TRANSMITTANSIE	HAZEN	NTE	TEMP	pH			
(325 nm) %							

TOERUSTING

ROERDER BESKRYWING	
PEDAAL BESKRYWING	
REAKTOR BESKRYWING	

BESKRYWING	EENHEID	BEKERNOMMER					
		1	2	3	4	5	6
ROUWATERMONSTER	ml						
DOSIS NaHCO_3							
DOSIS H_2SO_4							
MAGNETIETDOSIS	g						
ROERSPOED FASE 1	opm						
VERMENGINGSTYD FASE 1	min						
POLIMEER TIPE							
POLIMEER DOSIS	mg						
ROERSPOED FASE 2	opm						
VERMENGINGSTYD FASE 2	min						
ROERSPOED FASE 3	opm						
VERMENGINGSTYD FASE 3	min						
BESINKTYD	min						
PRODUKWATER :							
pH	pH						
TROEBELHEID	NTE						
KLEUR : TRANSMIT 325 nm	%						
KLEUR : OMSETTING NA	HAZEN						



FIGUUR C1 : KLEUR EENHEIDSOMSKAKELING

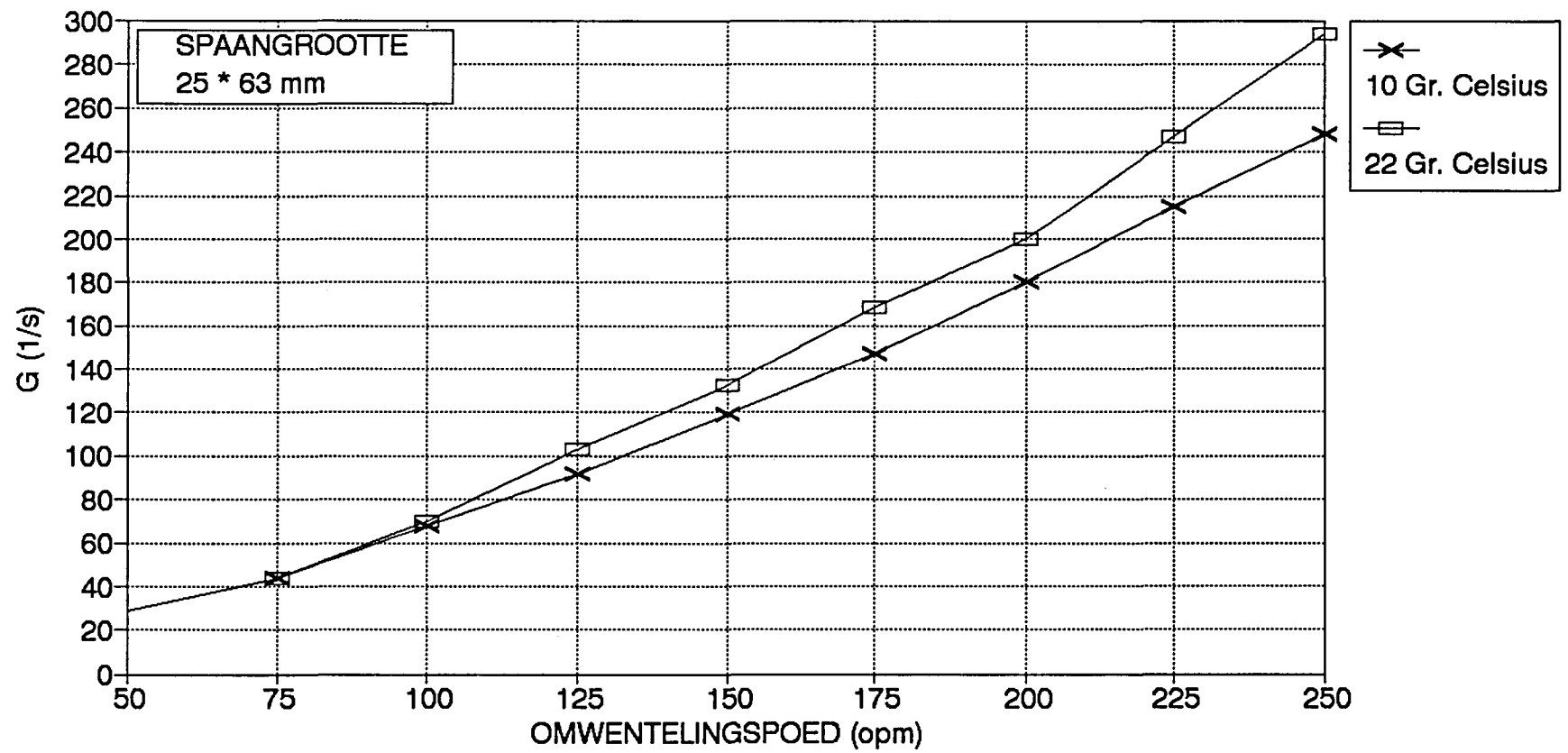
BYLAE D

SNELHEIDSGRADIËNTE VAN TOEPASSING OP DIE LABORATORIUM BEKERTOETSE

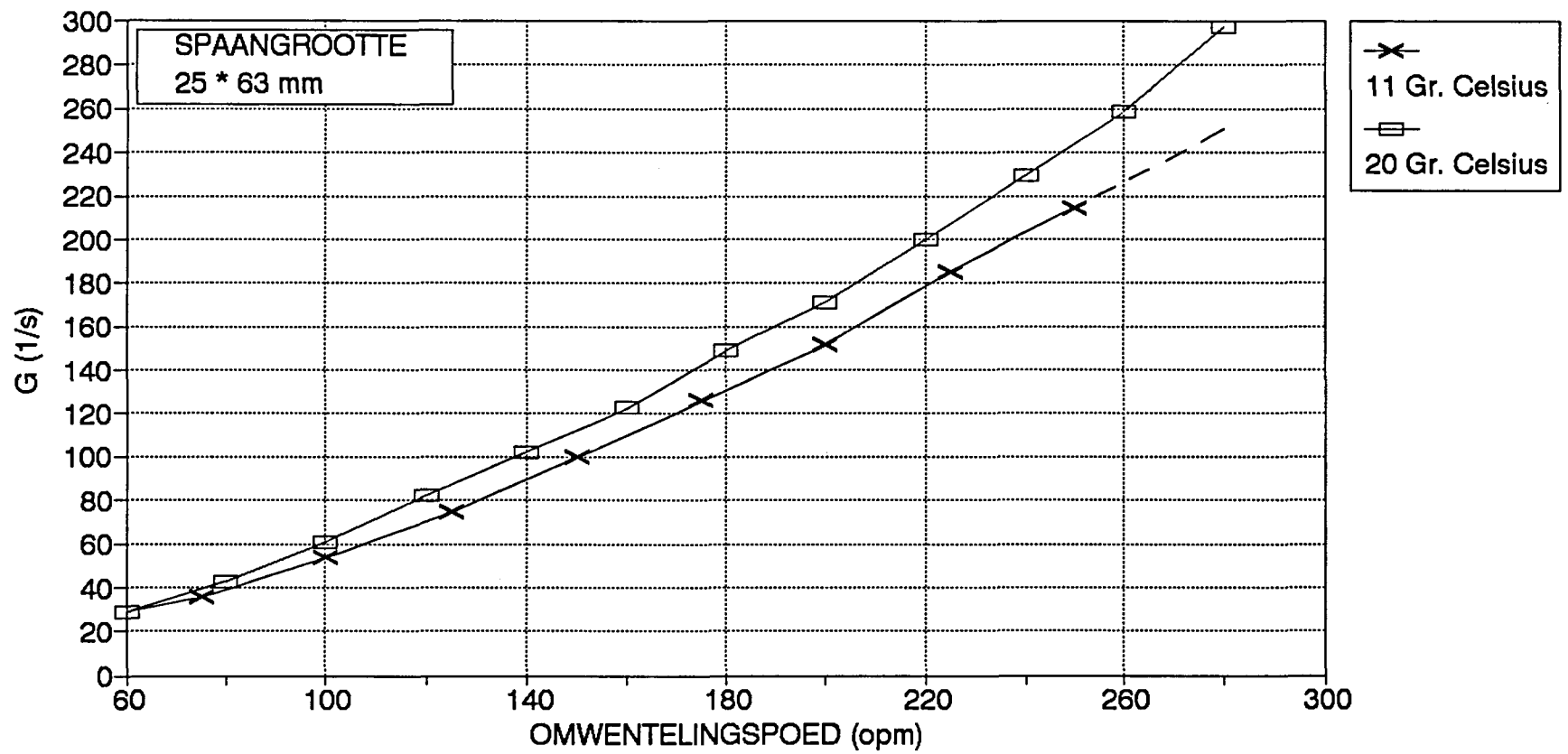
In die eksperimentele werk waaroor in hierdie skripsie gerapporteer word, is drie verskillende groottes ronde glasbekers (as reaktore) en twee verskillende grootte roerspane aangewend. Verder is die eksperimentele werk uitgevoer by watertemperature van tussen 12°C en 24°C. Hierdie faktore, tesame met die roerder omwentelingspoed, beïnvloed almal die toegepaste snelheidsgradiënte.

Figure D1, D2, D3 en D4 hierna toon die gemete verwantskap tussen roerder omwentelingspoed en toegepaste snelheidsgradiënt G . Hierdie verwantskap is gemeet vir die verskillende beker/spaan kombinasies wat in hierdie eksperimentele werk gebruik is. Dit is ook gemeet by temperature wat naby die onderste en boonste temperatuurgrense van die ondersoekgebied lê.

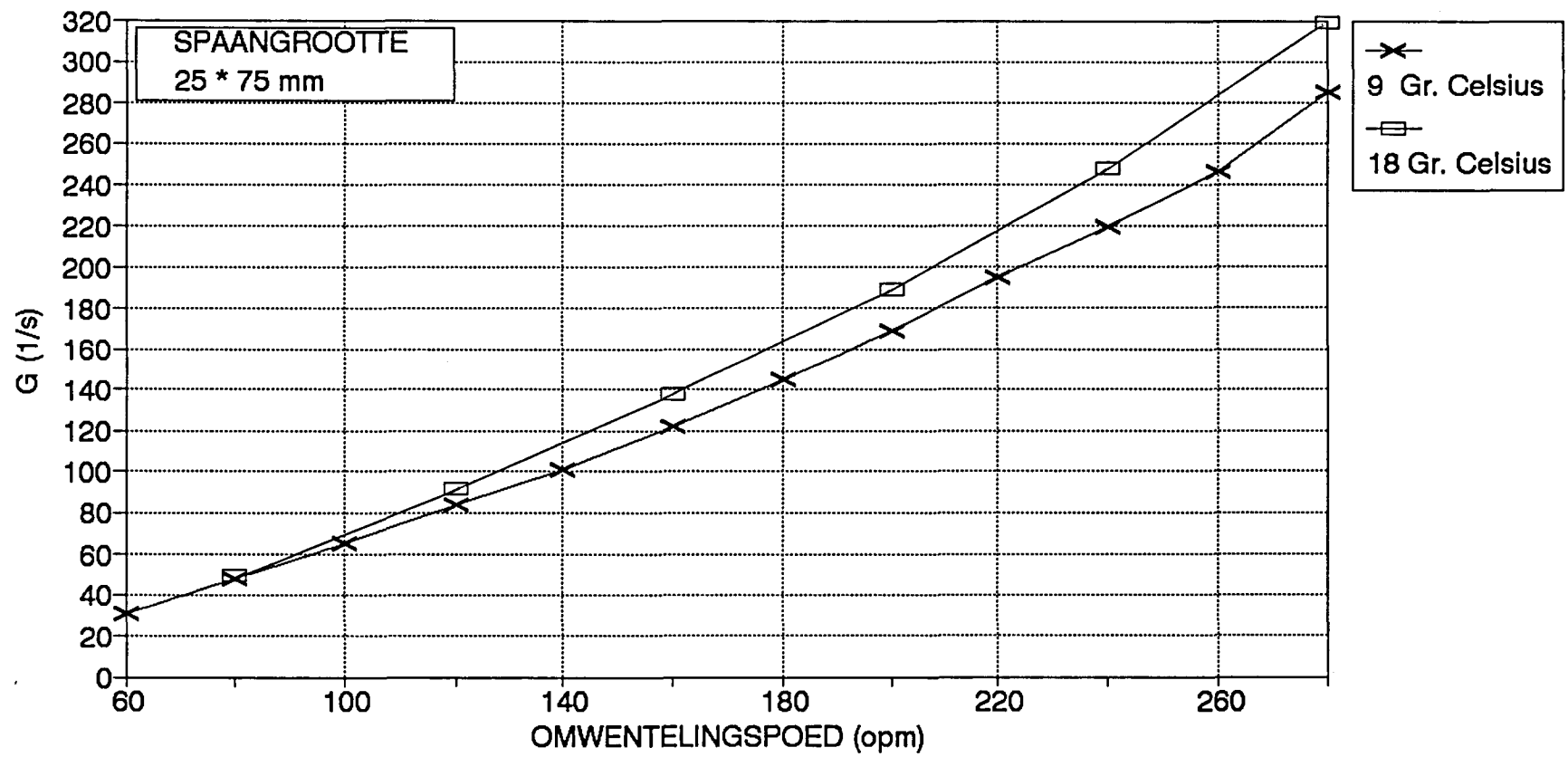
Die datastel ten opsigte van die 22°C verwantskap wat in Figuur D1 voorgestel word, is deur Potgieter (1992) gemeet. Die ander datastelle is deur die skrywer gemeet en verwerk. Die meetmetode en apparatuur word deur Potgieter (1992) beskryf.



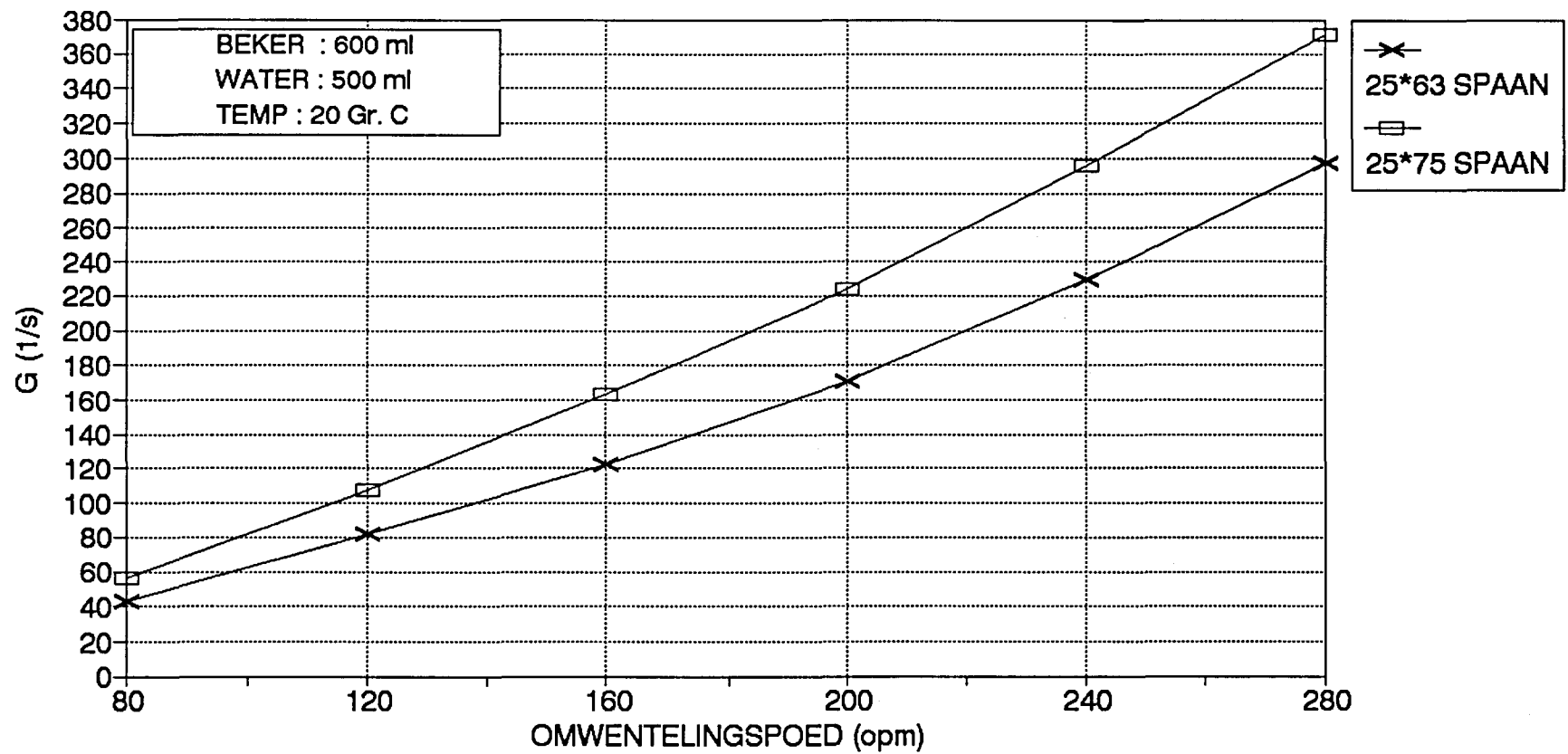
FIGUUR D1 : G VIR 300 ml WATER IN 400 ml GLASBEKER



FIGUUR D2 : G VIR 500 ml WATER IN 600 ml GLASBEKER



FIGUUR D3 : G VIR 800 ml WATER IN 1000 ml GLASBEKER



FIGUUR D4 : INVLOED VAN SPAANGROOTTE OP G

BYLAE E**INVLOED VAN DEMAGNETISERINGSVELDSTERKTE OP
WATERSUIWERINGSEFFEKTIVITEIT : EKSPERIMENTELE RESULTATE EN
STATISTIESE VERWERKING**

Drie eksperimentenreeks is uitgevoer en die resultate verskyn onderskeidelik in Tabele E1, E2 en E3.

Eenrigtingvariëansie-analises is op die data in Tabele E1 en E2 uitgevoer en 'n tweerigting variëansie-analise op die data in Tabel E3. Rekenaardrukstukke van die statistiese analises volg ná die tabelle.

TABEL E1 : EKSPERIMENTREEKS E1 : EKSPERIMENTELE RESULTATE

Gehalte Determinande :				Kleur	Troebelheid	Temperatuur	pH
Eenheid :				Transmittansie(%)	NTE	°C	-
Rouwater gehalte :				59,1	6,5	15,7	4,5
EKSPERIMENTELE VERANDERLIKES				PRODUKWATER GEHALTE			
Vermenging				Beker	1	2	3
Roer-spoed (opm)	G (s ⁻¹)	Magne-tiet dosis (g/l)	Kontak-tyd (min)	Deter-minand	Piek Demagnetiseringveldsterkte (mT)		
					80	144	165
120	90	20	10	pH	5,34	5,41	5,37
				Kleur*	68,5	70,4	69,6
				NTE**	6,0	6,5	6,5
150	125	20	10	pH	5,51	5,53	5,51
				Kleur*	73,5	73,8	74,2
				NTE**	5,8	6,0	5,7
180	160	20	10	pH	5,63	5,66	5,73
				Kleur*	75,7	76,6	75,9
				NTE**	5,8	5,9	5,9
210	200	20	10	pH	5,84	5,79	5,88
				Kleur*	77,4	76,2	76,6
				NTE**	5,4	5,5	5,4

* Eenhede soos bo-aan die tabel aangetoon.

** Nefelometriese Troebelheidseenhede.

FB/br

d:beckfw\99155by.lae

TABEL E2 : EKSPERIMENTREEKS E2 : EKSPERIMENTELE RESULTATE

Gehalte Determinande :				Kleur	Troebelheid	Temperatuur	pH
Eenheid :				Transmittansie(%)	NTE	°C	-
Rouwater gehalte :				59,0	6,2	13,2	4,8
EKSPERIMENTELE VERANDERLIKES				PRODUKWATER GEHALTE			
Vermenging				Beker	1	2	3
Roer-spoed (opm)	G (s ⁻¹)	Kontak-tyd (min)	Her-haling nr.	Deter-minand	Piek Demagnetiseringveldsterkte (mT)		
					30	37	80
160	130	15	1	pH	5,64	5,60	5,68
				Kleur*	74,5	74,8	75,1
				NTE**	4,9	4,9	4,8
160	130	15	2	pH	5,75	5,71	5,65
				Kleur*	75,7	75,2	74,1
				NTE**	4,7	4,8	4,9
160	130	23	1	pH	5,87	5,68	5,73
				Kleur*	77,4	77,4	77,7
				NTE**	4,6	4,6	4,6
160	130	23	2	pH	5,77	5,76	5,76
				Kleur*	78,0	77,4	77,6
				NTE**	4,6	4,6	4,6
200	190	15	1	pH	5,87	5,82	5,68
				Kleur*	78,0	77,4	76,9
				NTE**	4,6	4,8	4,7
200	190	15	2	pH	5,76	5,78	5,74
				Kleur*	76,9	76,9	77,5
				NTE**	4,6	4,6	4,6
200	190	15	3	pH	6,05	5,88	5,94
				Kleur*	79,4	78,0	78,1
				NTE**	4,4	4,7	4,7
200	190	15	4	pH	5,82	5,89	5,79
				Kleur*	78,3	77,8	78,3
				NTE**	4,6	4,6	4,7

* Eenhede soos bo-aan die tabel aangetoon.

** Nefelometriese Troebelheidseenhede.

FB/br

d:beckfw\99155by.lae

TABEL E3 : EKSPERIMENTREEKS E3 : EKSPERIMENTELE RESULTATE

Gehalte Determinande :				Kleur		Troebelheid		Temperatuur		pH
Eenheid :				Transmittansie(%)		NTE		°C		-
Rouwater gehalte :				57,9		6,7		14,7		4,8
EKSPERIMENTELE VERANDERLIKES				PRODUKWATER GEHALTE						
Vermenging				Beker	1	2	3	4	5	6
Roer-spoed	G	Magne-tiet dosis	Her-haling nr.	Deter-minand	Piek Demagnetiseringveldsterkte (mT)					
(opm)	(s ⁻¹)	(g/ℓ)			0	5	10	15	20	80
120	90	12,5	1	pH	5,05	5,12	5,12	5,14	5,13	5,13
				Kleur*	61,3	60,8	61,0	62,7	63,7	63,9
				NTE**	6,4	6,0	5,9	5,8	5,7	5,7
120	90	20	1	pH	5,04	5,21	5,31	5,29	5,34	5,34
				Kleur*	60,0	62,7	65,7	66,0	67,2	66,9
				NTE**	6,5	6,2	6,1	5,8	5,8	5,6
160	130	20	1	pH	5,50	5,42	5,58	5,64	5,66	5,59
				Kleur*	68,8	67,7	69,9	70,8	71,7	71,7
				NTE**	5,9	5,9	5,8	5,8	5,6	5,6
160	130	20	2	pH	5,66	5,64	5,65	5,69	5,70	5,80
				Kleur*	70,5	70,1	70,8	76,9	73,1	75,8
				NTE**	5,9	5,9	5,8	5,6	5,4	5,2
200	190	20	1	pH	5,75	5,67	5,71	5,83	5,80	5,82
				Kleur*	73,7	72,1	73,6	74,8	74,8	75,1
				NTE**	5,7	5,7	5,6	5,4	5,4	5,4
200	190	20	2	pH	5,90	5,82	5,81	5,83	5,92	5,74
				Kleur*	75,4	73,1	74,2	75,3	77,1	76,5
				NTE**	6,1	5,8	5,6	5,3	5,0	5,1
230	230	20	1	pH	5,99	5,70	5,89	5,85	5,77	5,83
				Kleur*	75,5	73,9	75,6	75,6	76,1	76,6
				NTE**	5,6	5,4	5,0	5,0	4,9	4,7
230	230	20	2	pH	5,73	5,73	5,80	5,76	5,76	5,75
				Kleur*	77,0	76,1	76,5	76,5	77,0	77,6
				NTE**	5,4	5,4	5,1	5,0	4,9	4,8

* Eenhede soos bo-aan die tabel aangetoon.

** Nefelometriese Troebelheidseenhede.

FB/br

d:beckfw\99155by.lae

INVLOED VAN DEMAGNETISERINGVELDSTERKTE

REEKS E1 : DEEL 1 : RESIDUELE KLEUR

Bladsy 1 van 1

EKSPERIMENTELE RESULTATE: RESIDUELE KLEUR (% TRANSMITTANSIE BY 325nm)

PIEK VELDSTERKTE (mT) :	80	144	165	RY SOM
DATAstel 1	68.5	70.4	69.6	208.5
DATAstel 2	73.5	73.8	74.2	221.5
DATAstel 3	75.7	76.6	75.9	228.2
DATAstel 4	77.4	76.2	76.6	230.2
DATAstel 5				0.0
KOLOM SOM (t)	295.1	297	296.3	888.4
GEMIDDELD (u)	73.78	74.25	74.08	74.03
STANDAARDAFWYKING (s)	3.86	2.85	3.15	3.00
AANTAL DATAstelle (n)	4	4	4	12
AANTAL KOLOMME (k)				3
SOM VAN VIERKANTE (v)	21815.75	22076.6	21978.17	65870.52
WAARDE : (t^2)/n (w)	21771	22052.3	21948.42	65771.68
VERSKIL : v - w (d)	44.75	24.35	29.75	98.84

EENRIGTING VARIANSIE-ANALISE

VARIASIEBRON	SOM VAN VIERKANTE	VRYHEIDS GRADE	GEM. VIERKANT
TUSSEN GROEPE (SSB)	0.46	2	MSB = 0.23
BINNE GROEPE (SSW)	98.84	9	MSW = 10.98
TOTAAL (SST)	99.31	11	MSB/MSW= 0.02
VANUIT STATISTIESE TABELLE:	F(0.05, 2)	9	= 4.26
	F(0.01, 2)	9	= 8.02

BEHANDELINGSVERSKILLE IS OP DIE 5% PEIL : NIE BETEKENISVOL NIE
DIE 1% PEIL : NIE BETEKENISVOL NIE

GELYKTYDIGE BETROUBAARHEIDSINTERVALLE VIR VERSKILLE TUSSEN BEHANDELINGS

PIEK VELDSTERKTE (mT) :	80	144	165
AANTAL DATAstelle (n)	4	4	4
GEMIDDELD (u)	73.78	74.25	74.08
VERGELYKINGSVERWYSING	165/80 mT	80/144 mT	144/165mT
VERSKIL IN GEMIDDELDES	-0.30	0.47	-0.17
AFWYKINGSWAARDE: 5% PEIL	6.84	6.84	6.84
AFWYKINGSWAARDE: 1% PEIL	9.39	9.39	9.39
VERTROUENSPEIL :	165/80 mT	80/144 mT	144/165 mT
	5 % 1 %	5 % 1 %	5 % 1 %
INTERVAL BOGRENS	6.54 9.09	7.32 9.86	6.67 9.21
INTERVAL ONDERGRENS	-7.14 -9.69	-6.37 -8.91	-7.02 -9.56

INVLOED VAN DEMAGNETISERINGVELDSTERKTE
REEKS E1 : DEEL 2 : RESIDUELE TROEBELHEID

Bladsy 1 van 1

EKSPERIMENTELE RESULTATE: RESIDUELE TROEBELHEID (NTE)

PIEK VELDSTERKTE (mT) :	80	144	165	RY SOM
DATASTEL 1	6.0	6.5	6.5	19.0
DATASTEL 2	5.8	6.0	5.7	17.5
DATASTEL 3	5.8	5.9	5.9	17.6
DATASTEL 4	5.4	5.5	5.4	16.3
DATASTEL 5				0.0
KOLOM SOM (t)	23	23.9	23.5	70.4
GEMIDDELD (u)	5.75	5.98	5.88	5.87
STANDAARDAFWYKING (s)	0.25	0.41	0.46	0.36
AANTAL DATASTELLE (n)	4	4	4	12
AANTAL KOLOMME (k)				3
SOM VAN VIERKANTE (v)	132.44	143.31	138.71	414.46
WAARDE : (t^2)/n (w)	132.25	142.803	138.0625	413.115
VERSKIL : v - w (d)	0.19	0.51	0.65	1.35

EENRIGTING VARIANSIE-ANALISE

VARIASIEBRON	SOM VAN VIERKANTE	VRVHEIDS GRADE	GEM. VIERKANT
TUSSEN GROEPE (SSB)	0.10	2	MSB = 0.05
BINNE GROEPE (SSW)	1.35	9	MSW = 0.15
TOTAAL (SST)	1.45	11	MSB/MSW= 0.34
VANUIT STATISTIESE TABELLE:	F(0.05, 2)	9	= 4.26
	F(0.01, 2)	9	= 8.02

BEHANDELINGSVERSKILLE IS OP DIE 5% PEIL : NIE BETEKENISVOL NIE
DIE 1% PEIL : NIE BETEKENISVOL NIE

GELYKTYDIGE BETROUBAARHEIDSINTERVALLE VIR VERSKILLE TUSSEN BEHANDELINGS

PIEK VELDSTERKTE (mT) :	80	144	165
AANTAL DATASTELLE (n)	4	4	4
GEMIDDELD (u)	5.75	5.98	5.88
VERGELYKINGSVERWYSING	165/80 mT	80/144 mT	144/165mT
VERSKIL IN GEMIDDELDES	-0.13	0.22	-0.10
AFWYKINGSWAARDE: 5% PEIL	0.80	0.80	0.80
AFWYKINGSWAARDE: 1% PEIL	1.09	1.09	1.09
VERTROUENSPEIL :	165/80 mT 5 % 1 %	80/144 mT 5 % 1 %	144/165 mT 5 % 1 %
INTERVAL BOGRENS	0.67 0.97	1.02 1.32	0.70 0.99
INTERVAL ONDERGRENS	-0.92 -1.22	-0.57 -0.87	-0.90 -1.19

INVLOED VAN DEMAGNETISERINGVELDSTERKTE

REEKS E2 : DEEL 1 : RESIDUELE KLEUR

EKSPERIMENTELE RESULTATE: RESIDUELE KLEUR (% TRANSMITTANSIE BY 325nm)

PIEK VELDSTERKTE (mT) :	30	37	80	RY SOM
DATAstel 1	79.4	78.0	78.1	235.5
DATAstel 2	78.3	77.8	78.3	234.4
DATAstel 3	78.0	77.4	76.9	232.3
DATAstel 4	76.9	76.9	77.5	231.3
DATAstel 5	77.4	77.4	77.7	232.5
DATAstel 6	78.0	77.4	77.6	233.0
DATAstel 7	74.5	74.8	75.1	224.4
DATAstel 8	75.7	75.2	74.1	225.0
KOLOM SOM (t)	618.2	614.9	615.3	1848.4
GEMIDDELD (u)	77.28	76.86	76.91	77.02
STANDAARDAFWYKING (s)	1.56	1.20	1.51	1.38
AANTAL DATAstELLE (n)	8	8	8	24
AANTAL KOLOMME (k)				3
SOM VAN VIERKANTE (v)	47788.36	47272.8	47340.23	142401.4
WAARDE : (t^2)/n (w)	47771.41	47262.8	47324.26	142358.4
VERSKIL : v - w (d)	16.95	10.06	15.97	42.98

EENRIGTING VARIANSIE-ANALISE

VARIASIEBRON	SOM VAN VIERKANTE	VRYHEIDS GRADE	GEM. VIERKANT
TUSSEN GROEPE (SSB)	0.81	2	MSB = 0.41
BINNE GROEPE (SSW)	42.98	21	MSW = 2.05
TOTAAL (SST)	43.79	23	MSB/MSW= 0.20
VANUIT STATISTIESE TABELLE: F(0.05, 2, 21)			= 3.47
F(0.01, 2, 21)			= 5.78
BEHANDELINGSVERSKILLE IS OP DIE 5% PEIL :	NIE BETEKENISVOL NIE		
DIE 1% PEIL :	NIE BETEKENISVOL NIE		

GELYKTYDIGE BETROUBAARHEIDSINTERVALLE VIR VERSKILLE TUSSEN BEHANDELINGS

PIEK VELDSTERKTE (mT) :	30	37	80
AANTAL DATAstELLE (n)	8	8	8
GEMIDDELD (u)	77.28	76.86	76.91
VERGELYKINGSVERWYSING	30/80 mT	30/37 mT	37/80 mT
VERSKIL IN GEMIDDELDES	0.36	-0.41	0.05
AFWYKINGSWAARDE: 5% PEIL	1.88	1.88	1.88
AFWYKINGSWAARDE: 1% PEIL	2.43	2.43	2.43
VERTROUENSPEIL :	30/80 mT	30/37 mT	37/80 mT
5 %	1 %	5 %	1 %
INTERVAL BOGRENS	2.25	2.79	1.47
INTERVAL ONDERGRENS	-1.52	-2.07	-2.30

INVLOED VAN DEMAGNETISERINGVELDSTERKTE
REEKS E2 : DEEL 2 : RESIDUELE TROEBELHEID

=====

EKSPERIMENTELE RESULTATE: RESIDUELE TROEBELHEID (NTE)

PIEK VELDSTERKTE (mT) :	30	37	80	RY SOM
DATAstel 1	4.4	4.7	4.7	13.8
DATAstel 2	4.6	4.6	4.7	13.9
DATAstel 3	4.6	4.8	4.7	14.1
DATAstel 4	4.6	4.6	4.6	13.8
DATAstel 5	4.6	4.6	4.6	13.8
DATAstel 6	4.6	4.6	4.6	13.8
DATAstel 7	4.9	4.9	4.8	14.6
DATAstel 8	4.7	4.8	4.9	14.4

KOLOM SOM (t)	37	37.6	37.6	112.2
GEMIDDELD (u)	4.63	4.70	4.70	4.68
STANDAARDAFWYKING (s)	0.14	0.12	0.11	0.12
AANTAL DATAstELLE (n)	8	8	8	24
AANTAL KOLOMME (k)				3
SOM VAN VIERKANTE (v)	171.26	176.82	176.8	524.88
WAARDE : (t^2)/n (w)	171.125	176.72	176.72	524.565
VERSKIL : v - w (d)	0.13	0.10	0.08	0.31

=====

EENRIGTING VARIANSIE-ANALISE

VARIASIEBRON	SOM VAN VIERKANTE	VRYHEIDS GRADE	GEM. VIERKANT

TUSSEN GROEPE (SSB)	0.03	2	MSB = 0.02
BINNE GROEPE (SSW)	0.31	21	MSW = 0.01

TOTAAL (SST)	0.34	23	MSB/MSW= 1.00

VANUIT STATISTIESE TABELLE:	F(0.05, 2 21) =		3.47
	F(0.01, 2 21) =		5.78
BEHANDELINGSVERSKILLE IS OP DIE 5% PEIL :	NIE BETEKENISVOL NIE		
DIE 1% PEIL :	NIE BETEKENISVOL NIE		

=====

GELYKTYDIGE BETROUBAARHEIDSINTERVALLE VIR VERSKILLE TUSSEN BEHANDELINGS

PIEK VELDSTERKTE (mT) :	30	37	80

AANTAL DATAstELLE (n)	8	8	8
GEMIDDELD (u)	4.63	4.70	4.70
VERGELYKINGSVERWYSING	30/80 mT	30/37 mT	37/80 mT
VERSKIL IN GEMIDDELDES	-0.08	0.08	0.00
AFWYKINGSWAARDE: 5% PEIL	0.16	0.16	0.16
AFWYKINGSWAARDE: 1% PEIL	0.21	0.21	0.21

VERTROUENSPEIL :	30/80 mT	30/37 mT	37/80 mT
	5 % 1 %	5 % 1 %	5 % 1 %

INTERVAL BOGRENS	0.09 0.13	0.24 0.28	0.16 0.21
INTERVAL ONDERGRENS	-0.24 -0.28	-0.09 -0.13	-0.16 -0.21

=====

INVLOED VAN DEMAGNETISERINGSVELDSTERKTE EN ROERSPOED
REEKS E3 : DEEL 1 : RESIDUELE KLEUR

BLADSY 1 VAN 2

EKSPERIMENTELE RESULTATE: RESIDUELE KLEUR (% TRANSMITTANSIE BY 325 nm)

G	DEMAGNETISERINGSVELDSTERKTE (mT)					
	0	5	10	15	20	80
150	68.8	67.7	69.9	70.8	71.7	71.7
	70.5	70.1	70.8	72.9	73.1	75.8
200	73.7	72.1	73.6	74.8	74.8	75.1
	75.4	73.1	74.2	75.3	77.1	76.5
250	75.5	73.9	75.6	75.6	76.1	76.6
	77.0	76.1	76.5	76.5	77.0	77.6

AANTAL RYGEMIDDELDES (r) = 3
AANTAL KOLOMGEMIDDELDES (c) = 6
AANTAL WAARDES PER SEL (n) = 2

TABEL VAN VIERKANTE

G	DEMAGNETISERINGSVELDSTERKTE (mT)						SOM
	0	5	10	15	20	80	
150	4733.4	4583.3	4886.0	5012.6	5140.9	5140.9	29497.2
	4970.3	4914.0	5012.6	5314.4	5343.6	5745.6	31300.6
200	5431.7	5198.4	5417.0	5595.0	5595.0	5640.0	32877.2
	5685.2	5343.6	5505.6	5670.1	5944.4	5852.3	34001.2
250	5700.3	5461.2	5715.4	5715.4	5791.2	5867.6	34251.0
	5929.0	5791.2	5852.3	5852.3	5929.0	6021.8	35375.5
SOM	32449.8	31291.7	32388.9	33159.8	33744.2	34268.1	197302.5

TABEL VAN SOMME

G	DEMAGNETISERINGSVELDSTERKTE (mT)						SOM	SOM^2
	0	5	10	15	20	80		
150	139.3	137.8	140.7	143.7	144.8	147.5	853.8	728974.4
200	149.1	145.2	147.8	150.1	151.9	151.6	895.7	802278.5
250	152.5	150.0	152.1	152.1	153.1	154.2	914.0	835396.0
SOM	440.9	433.0	440.6	445.9	449.8	453.3	2663.5	2366648.9
SOM^2	194393	187489	194128	198827	202320	205481		1182637.9

(Vervolg op p2)

INVLOED VAN DEMGNETISERINGSVELDSTERKTE EN ROERSPOED (VERVOLG)

REEKS E3 : DEEL 1 : RESIDUELE KLEUR

BLADSY 2 VAN 2

TABEL VAN GEMIDDELDES

G	DEMAGNETISERINGSVELDSTERKTE (mT)						GEM.	VERSKIL
	0	5	10	15	20	80		
150	69.7	68.9	70.4	71.9	72.4	73.8	71.2	-5.0
200	74.6	72.6	73.9	75.1	76.0	75.8	74.6	3.5
250	76.3	75.0	76.1	76.1	76.6	77.1	76.2	1.5
GEM	73.5	72.2	73.4	74.3	75.0	75.6	74.0	
VERW.	0-80	5-0	10-5	15-10	20-15	80-20		
VERSK	-2.1	-1.3	1.3	0.9	0.7	0.6		

TABEL VAN GEMIDDELDES VAN SELTOTAALVIERKANTE

G	DEMAGNETISERINGSVELDSTERKTE (mT)						SOM
	0	5	10	15	20	80	
150	9702.2	9494.4	9898.2	10324.8	10483.5	10878.1	60781.4
200	11115.4	10541.5	10922.4	11265.0	11536.8	11491.3	66872.4
250	11628.1	11250.0	11567.2	11567.2	11719.8	11888.8	69621.2

SOM = 197275.0

TWEERIGTING VARIANSIE-ANALISE

KORREKSIEFAKTOR(CF) = 197062.01

SOMME VAN VIERKANTE	VRYHEIDS GRADE	GEMIDDELDE VIERKANTE	TOETS- STATISTIEKE	F-STATISTIEK OP	
				1% PEIL	5% PEIL
SSR = 158.74	2	MSR = 79.369	MSR/MSE= 52.04	6.01	3.55
SSC = 44.31	5	MSC = 8.862	MSC/MSE= 5.81	4.25	2.77
SSI = 9.94	10	MSI = 0.994	MSI/MSE= 0.65	3.51	2.41
SSE = 27.45	18	MSE = 1.525			
SST = 240.44	35				

INVLOED VAN DEMAGNETISERINGSVELDSTERKTE EN ROERSPOED
REEKS E3 : DEEL 2 : RESIDUELE TROEBELHEID

BLADSY 1 VAN 2

EKSPERIMENTELE RESULTATE: RESIDUELE TROEBELHEID (NTE)

G	DEMAGNETISERINGSVELDSTERKTE (mT)					
	0	5	10	15	20	80
150	5.9	5.9	5.8	5.8	5.6	5.6
	5.9	5.9	5.8	5.6	5.4	5.2
200	5.7	5.7	5.6	5.4	5.4	5.4
	6.1	5.8	5.6	5.3	5.0	5.1
250	5.6	5.4	5.0	5.0	4.9	4.7
	5.4	5.4	5.1	5.0	4.9	4.8

AANTAL RYGEMIDDELDES (r) = 3
AANTAL KOLOMGEMIDDELDES (c) = 6
AANTAL WAARDES PER SEL (n) = 2

TABEL VAN VIERKANTE

G	DEMAGNETISERINGSVELDSTERKTE (mT)						SOM
	0	5	10	15	20	80	
150	34.8	34.8	33.6	33.6	31.4	31.4	199.6
	34.8	34.8	33.6	31.4	29.2	27.0	190.8
200	32.5	32.5	31.4	29.2	29.2	29.2	183.8
	37.2	33.6	31.4	28.1	25.0	26.0	181.3
250	31.4	29.2	25.0	25.0	24.0	22.1	156.6
	29.2	29.2	26.0	25.0	24.0	23.0	156.4
SOM	199.8	194.1	181.0	172.3	162.7	158.7	1068.6

TABEL VAN SOMME

G	DEMAGNETISERINGSVELDSTERKTE (mT)						SOM	SOM^2
	0	5	10	15	20	80		
150	11.8	11.8	11.6	11.4	11.0	10.8	68.4	4678.6
200	11.8	11.5	11.2	10.7	10.4	10.5	66.1	4369.2
250	11.0	10.8	10.1	10.0	9.8	9.5	61.2	3745.4
SOM	34.6	34.1	32.9	32.1	31.2	30.8	195.7	12793.2
SOM^2	1197.16	1162.81	1082.41	1030.41	973.44	948.64		6394.87

(Vervolg op p2)

INVLOED VAN DEMGNETISERINGSVELDSTERKTE EN ROERSPOED (VERVOLG)

REEKS E3 : DEEL 2 : RESIDUELE TROEBELHEID

BLADSY 2 VAN 2

TABEL VAN GEMIDDELDEN

G	DEMAGNETISERINGSVELDSTERKTE (mT)						GEM.	VERSKIL
	0	5	10	15	20	80		
150	5.9	5.9	5.8	5.7	5.5	5.4	5.7	0.6
200	5.9	5.8	5.6	5.4	5.2	5.3	5.5	-0.2
250	5.5	5.4	5.1	5.0	4.9	4.8	5.1	-0.4
GEM	5.8	5.7	5.5	5.4	5.2	5.1	5.4	
VERW.	0-80	5-0	10-5	15-10	20-15	80-20		
VERSK	0.6	-0.1	-0.2	-0.1	-0.2	-0.1		

TABEL VAN GEMIDDELDEN VAN SELTOTAALVIERKANTE

G	DEMAGNETISERINGSVELDSTERKTE (mT)						SOM
	0	5	10	15	20	80	
150	69.6	69.6	67.3	65.0	60.5	58.3	390.3
200	69.6	66.1	62.7	57.2	54.1	55.1	364.9
250	60.5	58.3	51.0	50.0	48.0	45.1	313.0

SOM = 1068.2

TWEERIGTING VARIANSIE-ANALISE

KORREKSIEFAKTOR(CF) = 1063.8469

SOMME VAN VIERKANTE	VRYHEIDS GRADE	GEMIDDELDE VIERKANTE	TOETS- STATISTIEKE	F-STATISTIEK OP	
				1% PEIL	5% PEIL
SSR = 2.25	2	MSR = 1.127	MSR/MSE= 55.58	6.01	3.55
SSC = 1.96	5	MSC = 0.393	MSC/MSE= 19.38	4.25	2.77
SSI = 0.14	10	MSI = 0.014	MSI/MSE= 0.69	3.51	2.41
SSE = 0.36	18	MSE = 0.020			
SST = 4.72	35				

BYLAE F

INVLOED VAN MAGNETIETTYPE OP WATERSUIWERINGSEFFEK : EKSPERIMENTELE RESULTATE EN STATISTIESE VERWERKING

Eksperimentele resultate verskyn in Tabel F1 en 'n rekenaardrukstuk waarop 'n eenrigting variansie-analise van die data verskyn, volg direk na Tabel F1.

TABEL F1 : EKSPERIMENTREEKS F1 : EKSPERIMENTELE RESULTATE

Gehalte Determinande :				Kleur	Troebelheid	Temperatuur	pH
Eenheid :				Transmittansie(%)	NTE	°C	-
Rouwater gehalte :				59,0	6,5	13,8	4,6
EKSPERIMENTELE VERANDERLIKES				PRODUKWATER GEHALTE			
Vermenging				Beker	1	2	3
Roer-spoed (opm)	G (s ⁻¹)	Magne-tiet dosis (g/l)	Kontak-tyd (min)	Deter-minand	MAGNETIETTYPE		
					RBM 1	BRITS 1	PMC 2
200	190	20	15	pH	5,65	5,84	5,46
				Kleur*	77,0	78,5	78,5
				NTE**	5,8	4,7	4,6
200	190	20	15	pH	5,79	5,80	5,66
				Kleur*	77,5	78,7	80,5
				NTE**	5,4	4,6	4,2
200	190	20	15	pH	5,72	5,76	5,65
				Kleur*	76,9	78,7	79,9
				NTE**	5,4	4,8	4,4
200	190	20	15	pH	5,71	5,64	5,70
				Kleur*	77,1	77,5	79,5
				NTE**	6,1	5,1	4,6
200	190	20	15	pH	5,72	5,86	5,76
				Kleur*	76,5	80,0	79,4
				NTE**	6,0	4,6	4,5
200	190	20	25	pH	5,87	6,00	5,74
				Kleur*	78,9	81,7	81,1
				NTE**	5,5	4,7	4,1
200	190	20	25	pH	5,75	5,85	5,86
				Kleur*	78,6	80,4	81,6
				NTE**	5,5	4,8	4,1

* Eenhede soos bo-aan die tabel aangetoon.

** Nefelometriese Troebelheidseenhede.

FB/br

d:\beckfw\99165by.lae

VERGELYKING VAN WATERSUIWERINGSEFFEKTIVITEIT VAN DRIE MAGNETIETTIPTES
DEEL 1 : RESIDUELE KLEUR

EKSPERIMENTELE RESULTATE: RESIDUELE KLEUR (% TRANSMITTANSIE BY 325nm)

MAGNETIETTYPE :	RBM1	BRITS1	PMC2	RY SOM
DATAstel 1	78.9	81.7	81.1	241.7
DATAstel 2	78.6	80.4	81.6	240.6
DATAstel 3	76.5	80.0	79.4	235.9
DATAstel 4	77.1	77.5	79.5	234.1
DATAstel 5	77.5	78.7	80.5	236.7
DATAstel 6	76.9	78.7	79.9	235.5
DATAstel 7	77.0	78.5	78.5	234
KOLOM SOM (t)	542.5	555.5	560.5	1658.5
GEMIDDELD (u)	77.50	79.36	80.07	78.98
STANDAARDAFWYKING (s)	0.91	1.42	1.07	1.56
AANTAL DATAstelle (n)	7	7	7	21
AANTAL KOLOMME (k)				3
SOM VAN VIERKANTE (v)	42048.69	44094.9	44886.89	131030.5
WAARDE : (t ²)/n (w)	42043.75	44082.9	44880.04	131006.7
VERSKIL : v - w (d)	4.94	12.04	6.85	23.83

EENRIGTING VARIANSIE-ANALISE

VARIASIEBRON	SOM VAN VIERKANTE	VRYHEIDS GRADE	GEM. VIERKANT
TUSSEN GROEPE (SSB)	24.67	2	MSB = 12.33
BINNE GROEPE (SSW)	23.83	18	MSW = 1.32
TOTAAL (SST)	48.50	20	MSB/MSW= 9.32
VANUIT STATISTIESE TABELLE:	F(0.05, 2)	18	= 3.55
	F(0.01, 2)	18	= 6.01

DIE VERSKILLE TUSSEN BEHANDELINGS IS OP DIE 5% PEIL : BETEKENISVOL
OP DIE 1% PEIL : BETEKENISVOL

GELYKTYDIGE BETROUBAARHEIDSINTERVALLE VIR VERSKILLE TUSSEN BEHANDELINGS

BESKRYWING	RBM1	BRITS1	PMC2
AANTAL DATAstelle (n)	7	7	7
GEMIDDELD (u)	77.50	79.36	80.07
VERGELYKINGSVERWYSING	RBM-PMC	BRITS-RBM	PMC-BRITS
VERSKIL IN GEMIDDELDES	-2.57	1.86	0.71
AFWYKINGSWAARDE: 5% PEIL	1.64	1.64	1.64
AFWYKINGSWAARDE: 1% PEIL	2.13	2.13	2.13
VERTROUENSPEIL :	RBM-PMC	BRITS-RBM	PMC-BRITS
	5 % 1 %	5 % 1 %	5 % 1 %
INTERVAL BOGRENS	-0.93 -0.44	3.50 3.99	2.35 2.85
INTERVAL ONDERGRENS	-4.21 -4.70	0.22 -0.28	-0.92 -1.42

VERGELYKING VAN WATERSUIWERINGSEFFEKTIVITEIT VAN DRIE MAGNETIETTYPES
DEEL 2 : RESIDUELE TROEBELHEID

EKSPERIMENTELE RESULTATE: RESIDUELE TROEBELHEID (NTE)

MAGNETIETTYPE :		RBM1	BRITS1	PMC2	RY SOM
DATAstel 1		5.5	4.7	4.1	14.3
DATAstel 2		5.5	4.8	4.1	14.4
DATAstel 3		6.1	5.1	4.6	15.8
DATAstel 4		6.0	4.6	4.5	15.1
DATAstel 5		5.4	4.6	4.2	14.2
DATAstel 6		5.4	4.8	4.4	14.6
DATAstel 7		5.8	4.7	4.6	15.1
KOLOM SOM	(t)	39.7	33.3	30.5	103.5
GEMIDDELD	(u)	5.67	4.76	4.36	4.93
STANDAARDAFWYKING	(s)	0.29	0.17	0.22	0.61
AANTAL DATASTELLE	(n)	7	7	7	21
AANTAL KOLOMME	(k)				3
SOM VAN VIERKANTE	(v)	225.67	158.59	133.19	517.45
WAARDE : $(t^2)/n$	(w)	225.1557	158.413	132.8929	516.4614
VERSKIL : $v - w$	(d)	0.51	0.18	0.30	0.99

EENRIGTING VARIANSIE-ANALISE

VARIASIEBRON	SOM VAN VIERKANTE	VRYHEIDS GRADE	GEM. VIERKANT
TUSSEN GROEPE (SSB)	6.35	2	MSB = 3.18
BINNE GROEPE (SSW)	0.99	18	MSW = 0.05
TOTAAL (SST)	7.34	20	MSB/MSW = 57.85
VANUIT STATISTIESE TABELLE:	F(0.05, 2, 18)	) = 3.55	
	F(0.01, 2, 18)	) = 6.01	

DIE VERSKILLE TUSSEN BEHANDELINGS IS OP DIE 5% PEIL : BETEKENISVOL
OP DIE 1% PEIL : BETEKENISVOL

GELYKTYDIGE BETROUBAARHEIDSINTERVALLE VIR VERSKILLE TUSSEN BEHANDELINGS

BESKRYWING	RBM1	BRITS1	PMC2
AANTAL DATASTELLE (n)	7	7	7
GEMIDDELD (u)	5.67	4.76	4.36
VERGELYKINGSVERWYSING	RBM-PMC	BRITS-RBM	PMC-BRITS
VERSKIL IN GEMIDDELDES	1.31	-0.91	-0.40
AFWYKINGSWAARDE: 5% PEIL	0.33	0.33	0.33
AFWYKINGSWAARDE: 1% PEIL	0.43	0.43	0.43
VERTROUENSPEIL :	RBM-PMC	BRITS-RBM	PMC-BRITS
	5 % 1 %	5 % 1 %	5 % 1 %
INTERVAL BOGRENS	1.65 1.75	-0.58 -0.48	-0.07 0.03
INTERVAL ONDERGRENS	0.98 0.88	-1.25 -1.35	-0.73 -0.83

BYLAE G

DUIVENHOKSDAMWATER ONDERSOEKE : EKSPERIMENTELE RESULTATE

TABEL G1**BRON : DUIVENHOKSDAMWATER****EKSPERIMENTELE VERANDERLIKE : ROERSPOED : BLADSY 1 VAN 2****ROUWATEREIEIENSKAPPE**

KLEUR : TRANSMITTANSIE	HAZEN	NTE	TEMP	pH			
(325 nm) 45 %	84	4,4	21°C	6,8			

TOERUSTING

ROERDER BESKRYWING	Paneel van individuele roerders
PEDAAL BESKRYWING	25 x 75 mm spaan ; 12 mm bo bodem
REAKTOR BESKRYWING	600 ml ronde glasbeker

BESKRYWING	EENHEID	BEKERNOMMER					
		1	2	3	4	5	6
ROUWATERMONSTER	ml	500	500	500	500	500	500
DOSIS NaHCO ₃		-	-	-	-	-	-
DOSIS H ₂ SO ₄	mg	7	7	7	7	7	7
MAGNETIETDOSIS	g	10	10	10	10	10	10
ROERSPOED FASE 1	opm	120	140	160	180	200	220
VERMENGINGSTYD FASE 1	min	15	15	15	15	15	15
POLIMEER TIPE							
POLIMEER DOSIS	mg						
ROERSPOED FASE 2	opm						
VERMENGINGSTYD FASE 2	min						
ROERSPOED FASE 3	opm						
VERMENGINGSTYD FASE 3	min						
BESINKTYD	min	15	15	15	15	15	15
PRODUKWATER :							
pH	pH	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
TROEBELHEID	NTE	3,4	3,2	3,1	3,0	2,9	2,9
KLEUR : TRANSMIT 325 nm	%	68,3	72,2	72,5	73,6	74,0	74,1
KLEUR : OMSETTING NA	HAZEN	39	34	33	32	31	31
Toegepaste G-waarde	s ⁻¹	110	140	165	195	235	275

TABEL G1 (Vervolg)**BRON : DUIVENHOKSDAMWATER****EKSPERIMENTELE VERANDERLIKE : ROERSPOED : BLADSY 2 VAN 2****ROUWATEREIEISKAPPE :**

KLEUR : TRANSMITTANSIE	HAZEN	NTE	TEMP	pH			
(325 nm) 45 %	84	4,4	21°C	6,8			

TOERUSTING :

ROERDER BESKRYWING	Paneel van individuele roerders
PEDAAL BESKRYWING	25 x 75 mm spaan ; 12 mm bo bodem
REAKTOR BESKRYWING	600 ml ronde glasbeker

BESKRYWING	EENHEID	BEKERNOMMER					
		7	8	9			
ROUWATERMONSTER	ml	500	500	500			
DOSIS NaHCO ₃		-	-	-			
DOSIS H ₂ SO ₄	mg	7	7	7			
MAGNETIETDOSIS	g	10	10	10			
ROERSPOED FASE 1	opm	240	260	280			
VERMENGINGSTYD FASE 1	min	15	15	15			
POLIMEER TIPE							
POLIMEER DOSIS	mg						
ROERSPOED FASE 2	opm						
VERMENGINGSTYD FASE 2	min						
ROERSPOED FASE 3	opm						
VERMENGINGSTYD FASE 3	min						
BESINKTYD	min	15	15	15			
PRODUKWATER :							
pH	pH	5,5	5,5	5,5			
TROEBELHEID	NTE	2,9	3,0	3,1			
KLEUR : TRANSMIT 325 nm	%	74,0	74,0	74,0			
KLEUR : OMSETTING NA	HAZEN	31	31	31			
Toegepaste G-waarde	s ⁻¹	300	335	375			

TABEL G2a**BRON : DUIVENHOKSDAMWATER****EKSPERIMENTELE VERANDERLIKE : pH : Reeks 1****ROUWATEREIEIENSKAPPE**

KLEUR : TRANSMITTANSIE	HAZEN	NTE	TEMP	pH			
(325 nm) 46 %	81	4,1	20°C	6,8			

TOERUSTING

ROERDER BESKRYWING	Sesspaan meervoudige roerapparaat
PEDAAL BESKRYWING	25 x 63 mm spaan ; 12 mm bo bodem
REAKTOR BESKRYWING	600 ml ronde glasbeker

BESKRYWING	EENHEID	BEKERNOMMER					
		1	2	3	4	5	6
ROUWATERMONSTER	ml	500	500	500	500	500	500
DOSIS NaHCO ₃		-	-	-	-	-	-
DOSIS H ₂ SO ₄	mg	0	2,7	5,4	8,1	10,8	13,5
MAGNETIETDOSIS	g	10	10	10	10	10	10
ROERSPOED FASE 1	opm	200	200	200	200	200	200
VERMENGINGSTYD FASE 1	min	25	25	25	25	25	25
POLIMEER TIPE							
POLIMEER DOSIS	mg						
ROERSPOED FASE 2	opm						
VERMENGINGSTYD FASE 2	min						
ROERSPOED FASE 3	opm						
VERMENGINGSTYD FASE 3	min						
BESINKTYD	min	10	10	10	10	10	10
PRODUKWATER :							
pH	pH	7,03	6,80	6,36	6,17	5,07	4,10
TROEBELHEID	NTE	2,6	2,6	2,6	2,6	2,4	1,6
KLEUR : TRANSMIT 325 nm	%	68,3	71,0	72,6	74,8	82,4	91,0
KLEUR : OMSETTING NA	HAZEN	39	35	33	30	20	10

TABEL G2b**BRON : DUIVENHOKSDAMWATER****EKSPERIMENTELE VERANDERLIKE : pH : Reeks 2****ROUWATEREIEISKAPPE**

KLEUR : TRANSMITTANSIE	HAZEN	NTE	TEMP	pH			
(325 nm) 45 %	83	4,1	20°C	6,8			

TOERUSTING

ROERDER BESKRYWING	Sesspaan meervoudige roerapparaat
PEDAAL BESKRYWING	25 x 63 mm spaan ; 12 mm bo bodem
REAKTOR BESKRYWING	600 ml ronde glasbeker

BESKRYWING	EENHEID	BEKERNOMMER					
		1	2	3	4	5	6
ROUWATERMONSTER	ml	500	500	500	500	500	500
DOSIS NaHCO ₃		-	-	-	-	-	-
DOSIS H ₂ SO ₄	mg	7,2	8,1	9	9,9	10,8	11,7
MAGNETIETDOSIS	g	10	10	10	10	10	10
ROERSPOED FASE 1	opm	200	200	200	200	200	200
VERMENGINGSTYD FASE 1	min	25	25	25	25	25	25
POLIMEER TIPE							
POLIMEER DOSIS	mg						
ROERSPOED FASE 2	opm						
VERMENGINGSTYD FASE 2	min						
ROERSPOED FASE 3	opm						
VERMENGINGSTYD FASE 3	min						
BESINKTYD	min	10	10	10	10	10	10
PRODUKWATER :							
pH	pH	5,80	5,38	5,00	4,35	4,08	3,84
TROEBELHEID	NTE	2,5	2,5	2,3	1,9	1,6	1,2
KLEUR : TRANSMIT 325 nm	%	77,9	80,4	83,0	87,9	91,0	93,1
KLEUR : OMSETTING NA	HAZEN	26	23	20	13	10	8

TABEL G3**BRON : DUIVENHOKSDAMWATER****EKSPERIMENTELE VERANDERLIKE : Magnetietdosis****ROUWATEREIEISKAPPE**

KLEUR : TRANSMITTANSIE	HAZEN	NTE	TEMP	pH			
(325 nm) 42 %	91	12	16°C	6,8			

TOERUSTING

ROERDER BESKRYWING	Sesspaan meervoudige roerapparaat
PEDAAL BESKRYWING	25 x 63 mm spaan ; 25 mm bo bodem
REAKTOR BESKRYWING	400 ml ronde glasbeker

BESKRYWING	EENHEID	BEKERNOMMER					
		1	2	3	4	5	6
ROUWATERMONSTER	ml	300	300	300	300	300	300
DOSIS NaHCO ₃		-	-	-	-	-	-
DOSIS H ₂ SO ₄	mg	4,00	4,3	4,4	4,7	5,0	5,3
MAGNETIET EENHEIDSDOSIS	g/l	10	15	20	25	30	40
MAGNETIETDOSIS	g	3	4,5	6	7,5	9	12
ROERSPOED FASE 1	opm	200	200	200	200	200	200
VERMENGINGSTYD FASE 1	min	30	30	30	30	30	30
POLIMEER TIPE							
POLIMEER DOSIS	mg						
ROERSPOED FASE 2	opm						
VERMENGINGSTYD FASE 2	min						
ROERSPOED FASE 3	opm						
VERMENGINGSTYD FASE 3	min						
BESINKTYD	min	10	10	10	10	10	10
PRODUKWATER :							
pH	pH	5,50	5,68	5,63	5,69	5,64	5,60
TROEBELHEID	NTE	5,1	4,8	4,4	3,6	1,8	0,2
KLEUR : TRANSMIT 325 nm	%	59,2	68,6	73,8	80,1	90,8	94,8
KLEUR : OMSETTING NA	HAZEN	55	39	31	24	10	6

TABEL G4**BRON : DUIVENHOKSDAMWATER****EKSPERIMENTELE VERANDERLIKE : Polimeerdosering (Magnetiet 15 g/l; pH 4,8 - 5,2)****ROUWATEREIEISKAPPE**

KLEUR : TRANSMITTANSIE	HAZEN	NTE	TEMP	pH			
(325 nm) 45 %	84	12	13,2°C	6,8			

TOERUSTING

ROERDER BESKRYWING	Sesspaan meervoudige roerapparaat
PEDAAL BESKRYWING	25 x 63 mm spaan ; 25 mm bo bodem
REAKTOR BESKRYWING	400 ml ronde glasbeker

BESKRYWING	EENHEID	BEKERNOMMER					
		1	2	3	4	5	6
ROUWATERMONSTER	ml	300	300	300	300	300	300
DOSIS NaHCO ₃		-	-	-	-	-	-
pH NA VERSTELLING	mg	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
MAGNETIETDOSIS	g	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
ROERSPOED FASE 1	opm	160	160	160	160	160	160
VERMENGINGSTYD FASE 1	min	10	10	10	10	10	10
POLIMEER TIPE		LT31	LT31	LT31	LT31	LT31	LT31
POLIMEER DOSIS	mg	0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
ROERSPOED FASE 2	opm	200	200	200	200	200	200
VERMENGINGSTYD FASE 2	min	1	1	1	1	1	1
ROERSPOED FASE 3	opm	70	70	70	70	70	70
VERMENGINGSTYD FASE 3	min	4	4	4	4	4	4
BESINKTYD	min	10	10	10	10	10	10
PRODUKWATER :							
pH	pH	5,2	5,1	4,9	5,0	5,0	4,8
TROEBELHEID	NTE	4,7	4,2	0,7	0,5	0,5	0,5
KLEUR : TRANSMIT 325 nm	%	63,3	74,7	87,4	88,8	90,4	92,1
KLEUR : OMSETTING NA	HAZEN	47	30	14	12	11	9
POLIMEER EENHEIDSDOSIS	mg/l	0	3,3	5,0	6,7	8,3	10,0

TABEL G5**BRON : DUIVENHOKSDAMWATER****EKSPERIMENTELE VERANDERLIKE : Polimeerdosering (Magnetiet 20 g/t; pH 5,2 - 5,3)****ROUWATEREIEISKAPPE**

KLEUR : TRANSMITTANSIE	HAZEN	NTE	TEMP	pH			
(325 nm) 49 %	74	4,0	20°C	6,8			

TOERUSTING

ROERDER BESKRYWING	Sesspaan meervoudige roerapparaat
PEDAAL BESKRYWING	25 x 63 mm spaan ; 12 mm bo bodem
REAKTOR BESKRYWING	600 ml ronde glasbeker

BESKRYWING	EENHEID	BEKERNOMMER					
		1	2	3	4	5	6
ROUWATERMONSTER	ml	500	500	500	500		
DOSIS NaHCO ₃	mg	-	-	-	-		
DOSIS H ₂ SO ₂	mg	8	8	8	8		
pH NA VERSTELLING	pH	3,7	3,7	3,7	3,7		
MAGNETIETDOSIS	g	10	10	10	10		
ROERSPOED FASE 1	opm	200	200	200	200		
VERMENGINGSTYD FASE 1	min	10	10	10	10		
POLIMEER TIPE		LT31	LT31	LT31	LT31		
POLIMEER DOSIS	mg	0,5	1,0	1,5	2,0		
ROERSPOED FASE 2	opm	220	220	220	220		
VERMENGINGSTYD FASE 2	min	1	1	1	1		
ROERSPOED FASE 3	opm	75	75	75	75		
VERMENGINGSTYD FASE 3	min	4	4	4	4		
BESINKTYD	min	10	10	10	10		
PRODUKWATER :							
pH	pH	5,2	5,2	5,3	5,3		
TROEBELHEID	NTE	1,6	0,1	0,1	0,1		
KLEUR : TRANSMIT 325 nm	%	89,7	93,3	94,8	95,4		
KLEUR : OMSETTING NA	HAZEN	11	8	6	5		
POLIMEER EENHEIDSDOSIS	mg/ℓ	1	2	3	4		

TABEL G6**BRON : DUIVENHOKSDAMWATER****EKSPERIMENTELE VERANDERLIKE : Polimeerdosering (Magnetiet 20 g/t; pH 5,8 - 5,9)****ROUWATEREIEISKAPPE**

KLEUR : TRANSMITTANSIE	HAZEN	NTE	TEMP	pH			
(325 nm) 51,4 %	70	5,2	20°C	6,8			

TOERUSTING

ROERDER BESKRYWING	Sesspaan meervoudige roerapparaat
PEDAAL BESKRYWING	25 x 63 mm spaan ; 12 mm bo bodem
REAKTOR BESKRYWING	600 ml ronde glasbeker

BESKRYWING	EENHEID	BEKERNOMMER					
		1	2	3	4	5	6
ROUWATERMONSTER	ml	500	500	500	500		
DOSIS NaHCO_3	mg	-	-	-	-		
DOSIS H_2SO_2	mg	6	6	6	6		
pH NA VERSTELLING	pH	-	-	-	-		
MAGNETIETDOSIS	g	10	10	10	10		
ROERSPOED FASE 1	opm	200	200	200	200		
VERMENGINGSTYD FASE 1	min	10	10	10	10		
POLIMEER TIPE		LT31	LT31	LT31	LT31		
POLIMEER DOSIS	mg	0,75	1,0	1,25	1,5		
ROERSPOED FASE 2	opm	220	220	220	220		
VERMENGINGSTYD FASE 2	min	1	1	1	1		
ROERSPOED FASE 3	opm	75	75	75	75		
VERMENGINGSTYD FASE 3	min	4	4	4	4		
BESINKTYD	min	10	10	10	10		
PRODUKWATER :							
pH	pH	5,84	5,85	5,82	5,92		
TROEBELHEID	NTE	1,8	1,0	0,7	0,8		
KLEUR : TRANSMIT 325 nm	%	86,4	88,2	91,4	90,2		
KLEUR : OMSETTING NA	HAZEN	15	13	10	11		
POLIMEER EENHEIDSDOSIS	mg/ℓ	1,5	2,0	2,5	3,0		

BYLAE H

AFVALWATERSUIWERINGSEKSPERIMENTE : EKSPERIMENTELE VERANDERLIKES

Onderstaande data in Tabel H1 verwys na paragraaf 5.6.3.

TABEL H1 : EKSPERIMENTELE VERANDERLIKES TEN OPSIGTE VAN DIE DORPSUITVLOEISELSUIWERINGSEKSPERIMENTE (VERWYS 3.2 VIR DEFENISIES)

EKSPERIMENTEL VERANDERLIKE	TOERUSTING/WAARDE
Roerapparaat	Meervoudige sesspaan roerder
Spaantipe	Plat : 25 x 63 mm
Afstand tussen spaan onderkant en beker-bodem (mm)	25
Reaktore	600 ml glasbekers
Monstergrootte (ml)	500
Magnetietdosis (g/l)	15
Fase 1 roerspoed (opm)	200
Fase 1 Snelheidsgradiënt G (1/s)	160
Fase 1 kontaktyd (min)	7
Polimeer Tipe	Magnafloc LT 31
Polimeer dosis (mg/l)	2
Kitsmeng (fase 2) roerspoed (opm)	200
Fase 2 Snelheidsgradiënt G (1/s)	160
Kitsmeng (fase 2) kontaktyd (min)	1
Fase 3 roerspoed (opm)	80
Fase 3 Snelheidsgradiënt G (1/s)	40
Fase 3 kontaktyd (min)	4
Besinktyd (min)	10

BYLAE I

ADRESLYS VAN INSTANSIES EN TOERUSTINGVERSKAFFERS

TABEL I1 : INSTANSIES

INSTANSIE	BETROKKENHEID	ADRES
Departement Geologiese Opname	Demagnetiseringstudies	Pretoriastraat 280, Silverton, Pretoria, RSA
Duivenhoks Waterraad	Stel rouwater en inligting t.o.v. Duivenhoksdamwater beskikbaar	Posbus 277, Heidelberg KP, 6760, RSA
Kimony (Edms) Bpk	Skenk magnetiet	Posbus 781959, Sandton, 2146, RSA
Mapochsmyn	Skenk magnetiet	Privaatsak 1, Roossenekal, 1066, RSA
Palabora Mining Company Bpk	Skenk magnetiet	Posbus 65, Phalaborwa, 1390, RSA
Randwaterraad	Sekere watergehalte analyses	Posbus 1127, Johannesburg, 2000, RSA
Rocklabs c.c.	Chemiese ontleding van magnetiet	Posbus 29426, Sunnyside, 0132, RSA
Vametco	Skenk magnetiet	Posbus 595, Brits, 0250, RSA
Warman Research and Development (Edms) Bpk	Maal, skei en partikelgrootte analise van magnetiet	Posbus 3459, Kemptonpark, 1620, RSA
Waterlab Research (Edms) Bpk	Sekere watergehalte analyses	Tulbachpark kantoorcentrum, Kerkstraat 1234, Colbyn, Pretoria, RSA

TABEL I2 : TOERUSTINGVERSKAFFERS

TOERUSTING BESKRYWING	VERSKAFFER
1. Warman Nutating High G Mill Mark I Model 200	Warman International Ltd, Artarmon, NSW, Australië
2. Warman Cyclosizer Model M8	Warman International, Sydney, Australië
3. Malvern Laser Sizer System 3601	Malvern Instruments Ltd, Springlane South, Malvern, WORCS WR141AQ, England
4. Spinner Fluxgate Magnetometer GM400	Digico Ltd, Wedgewood Way, Stevenage, Hertfordshire SG14PY, England
5. Demagnetiseringspoel (Verwys Bylae A) en plat magneet (Foto 6)	Mechani Mag Edms Bpk, Posbus 2307, Southdale, 2135 RSA
6. Sesspaan meervoudige roerapparaat : Leetech Model LTS-630 III, Tipe D2SP	Leetech c.c., Posbus 6458, Dunswart, 1508 RSA
7. Individuele Janke & Kunkel RW20 elektriese roerders	Janke & Kunkel, IKA Labortechnik, D7813, Straufen
8. HACH Model 2100 A troebelheidsmeter	HACH Chemical Company, Posbus 389, Loveland, VSA
9. ULTROSPEC 11 Model 4051 Spektrofotometer	LKB Blochrom, Cambridge, England
10. Precisa 290-9221/B 180A laboratoriumskaal	Precisa balances, Zürich, Switzerland
11. Heidolph MR2000 Magneetroerders	Heidolph, Duitsland

a:\beckfw\bylae.1-2



FOTO 1 Magnetiet se eerste waswater uitskot (Verwys 5.1.1)

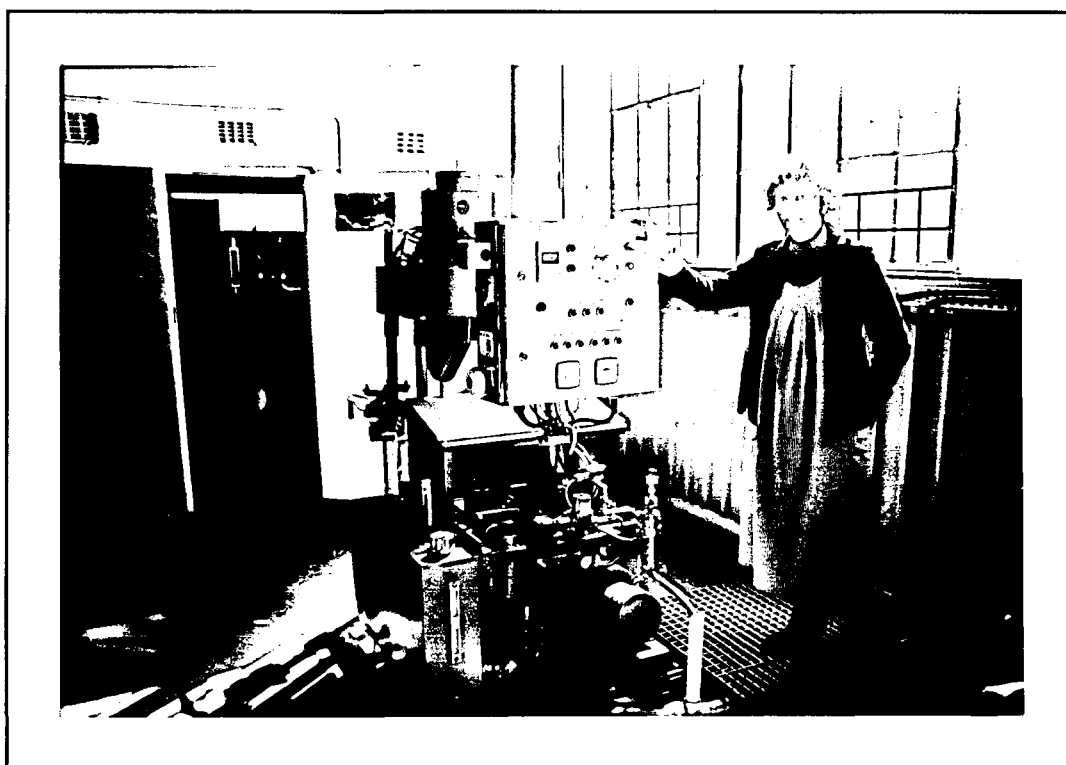


FOTO 2 Meul wat vir die maal van die magnetiet gebruik is (Verwys 5.1.4.2)

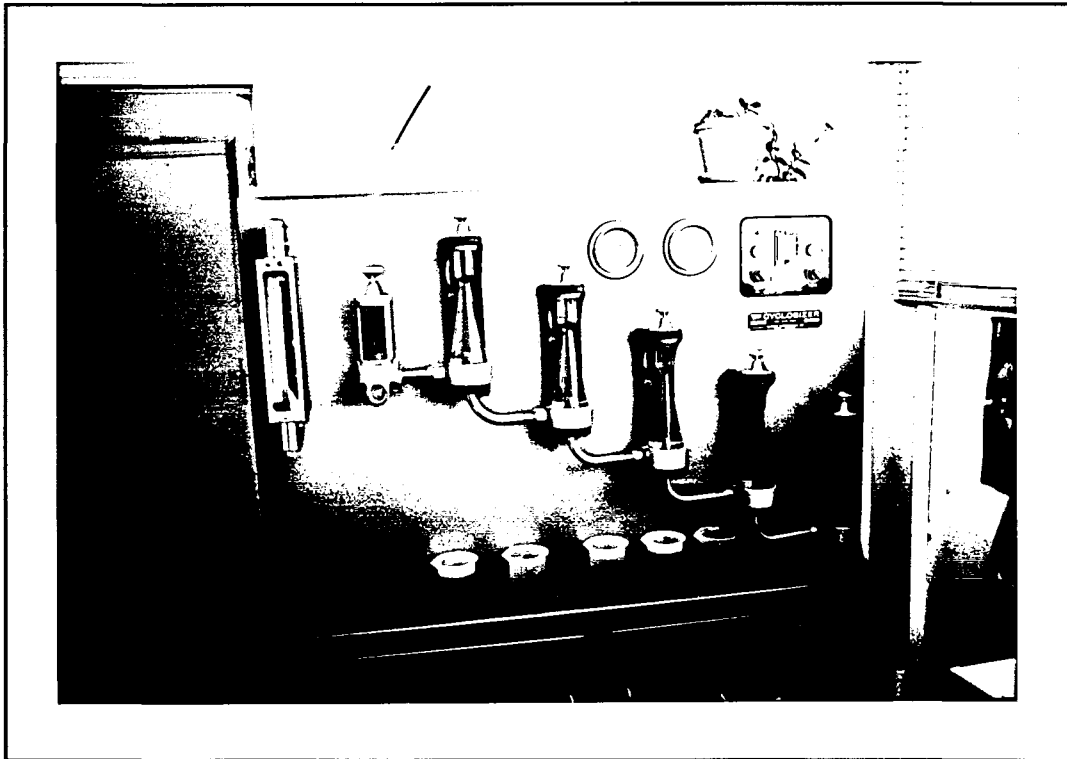


FOTO 3 Sikloonskeier : "Warman Cyclosizer" (Verwys 5.1.4.2)

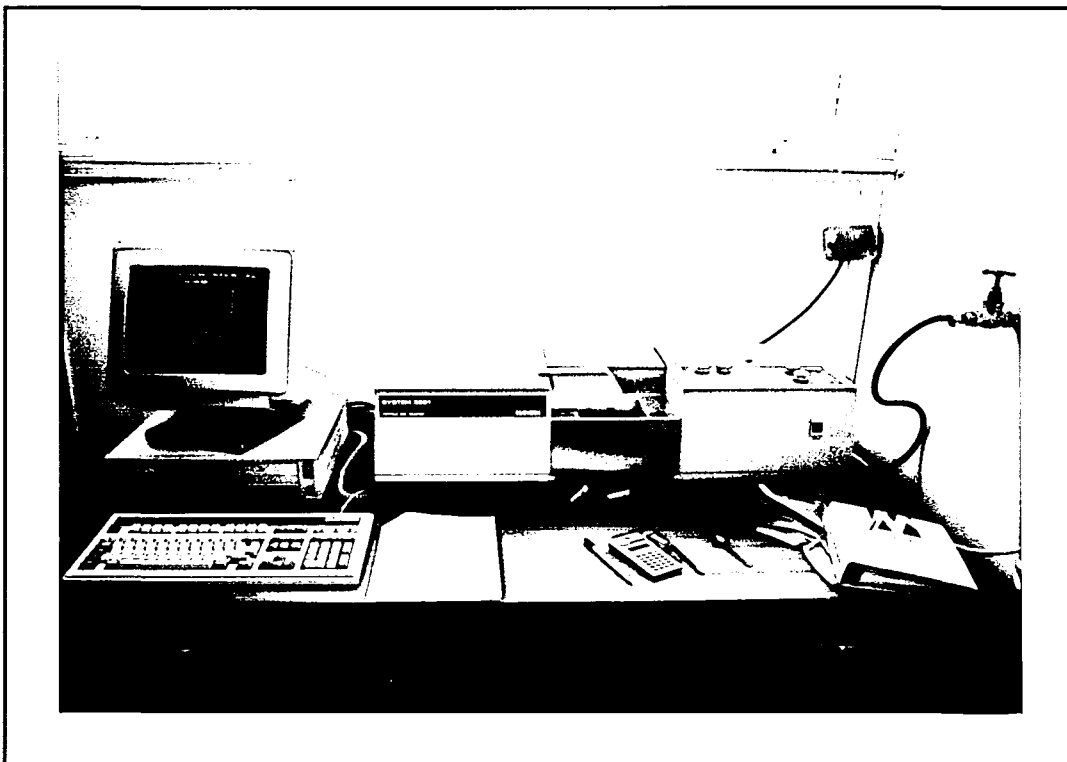


FOTO 4 "Malvern Laser Sizer" (Verwys 5.1.4.2)

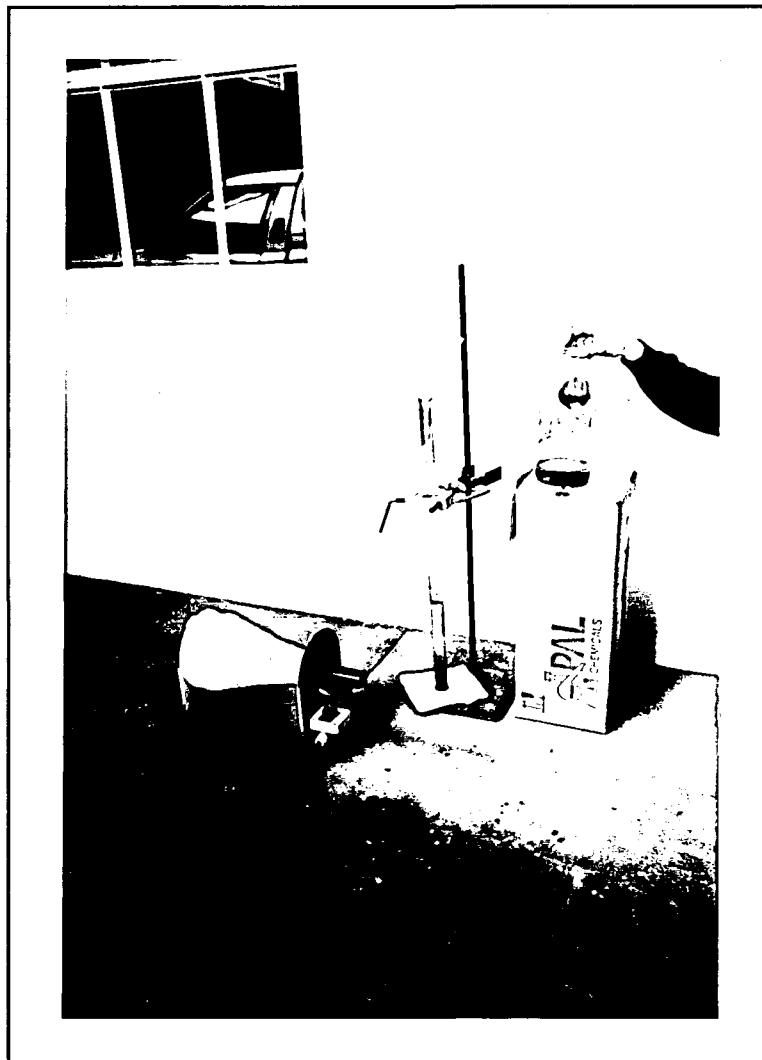


FOTO 5a

Demagnetiseringspoel (links opvloer); Perspex buis waarin magnetiet gelaai word om deur demagnetiseringspoel gestuur te word (vertikaal in staander onder die tregter); Demonstrasie van die uitlig van magnetiet vanuit 'n glasbeker met die U-magneet binne-in 'n afskei-houer. (Verwys 5.2.3.1/2)

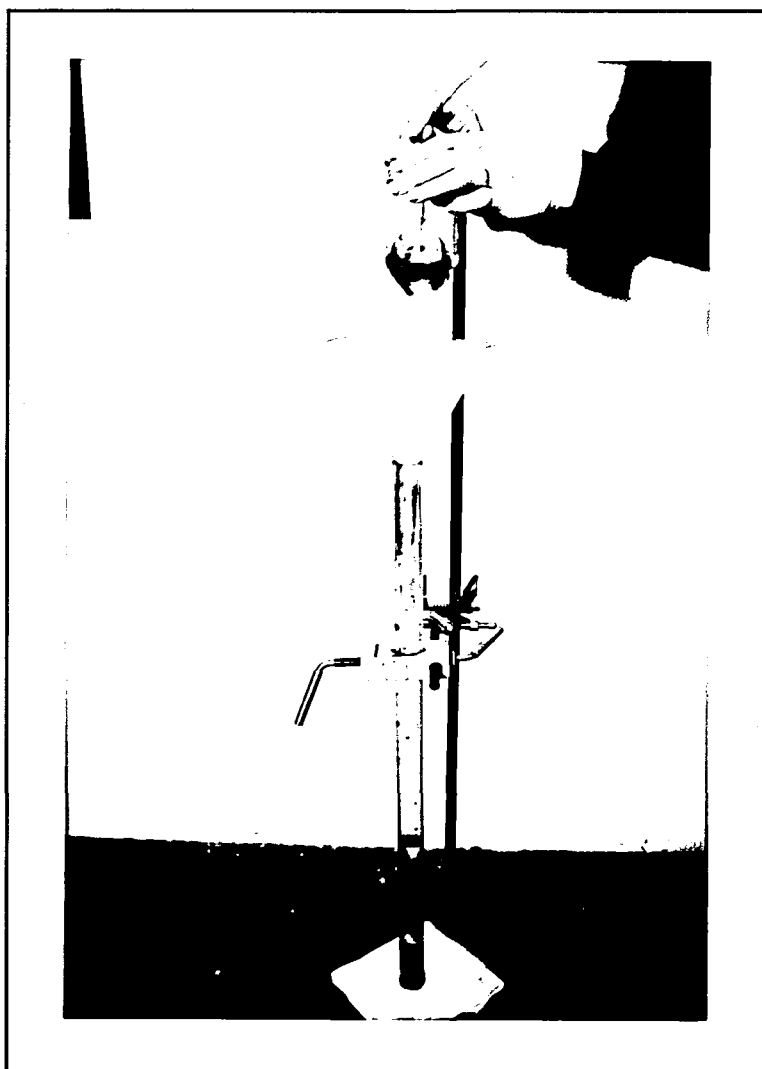


FOTO 5b

Demonstrasie van oordra van magnetiet na die demagnetiseringsbuis. Die magnetiet word losgelaat deur die magneet m.b.v. die gekoppelde draad vanuit die afskei-beker uit te lig. (Verwys 5.2.3.1/2)

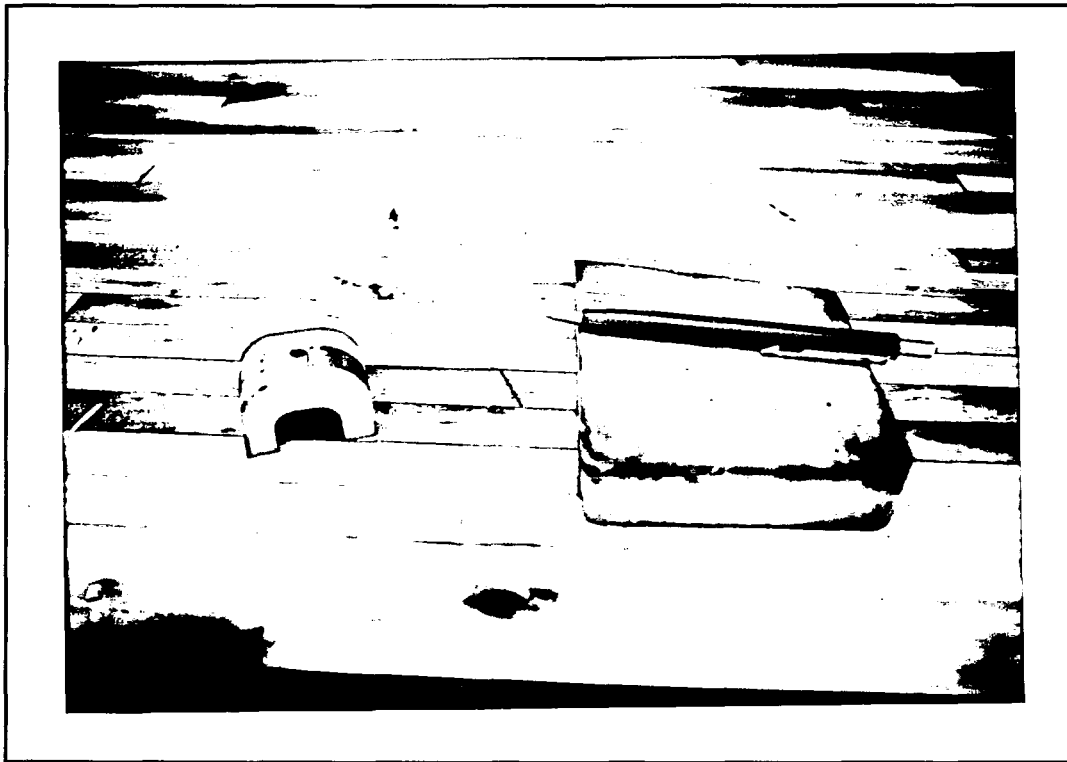


FOTO 6 Plat magneet en U-vormige magneet wat in die eksperimentele werk gebruik is. (Verwys 5.3.1)

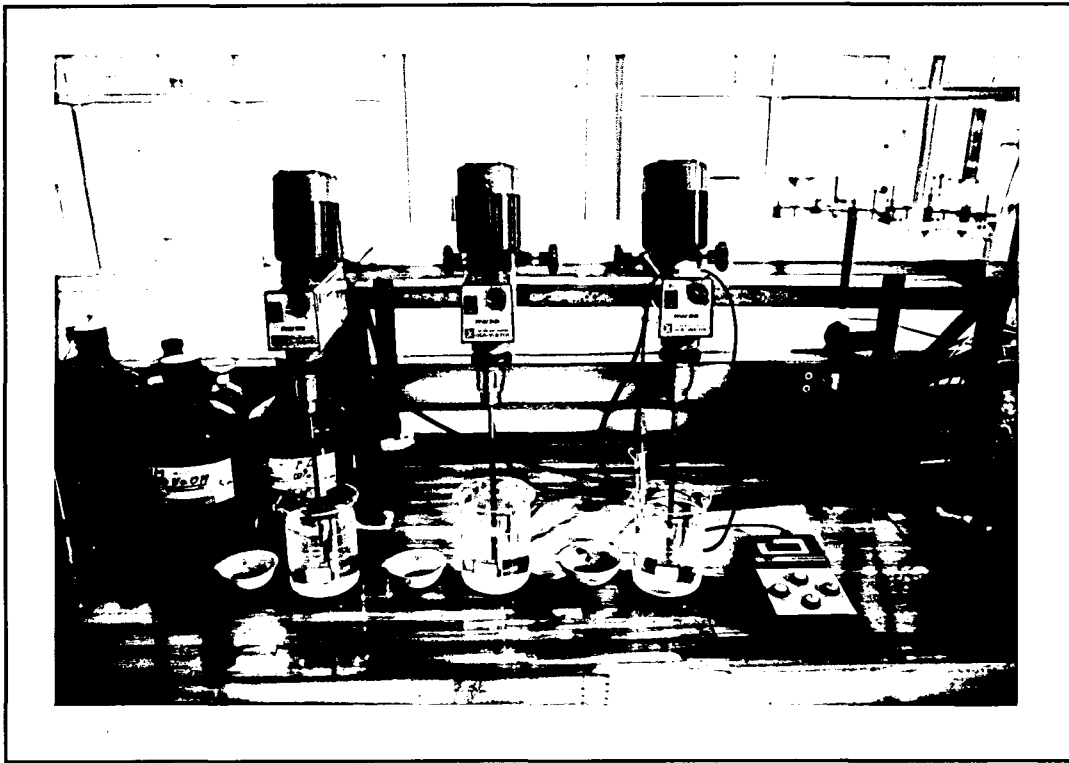


FOTO 8 Paneel van individuele roerders. (Roerspoed is individueel verstelbaar. Roerspoedinstelling is m.b.v. 'n elektroniese tachometer gedoen). (Verwys 5.3.1)

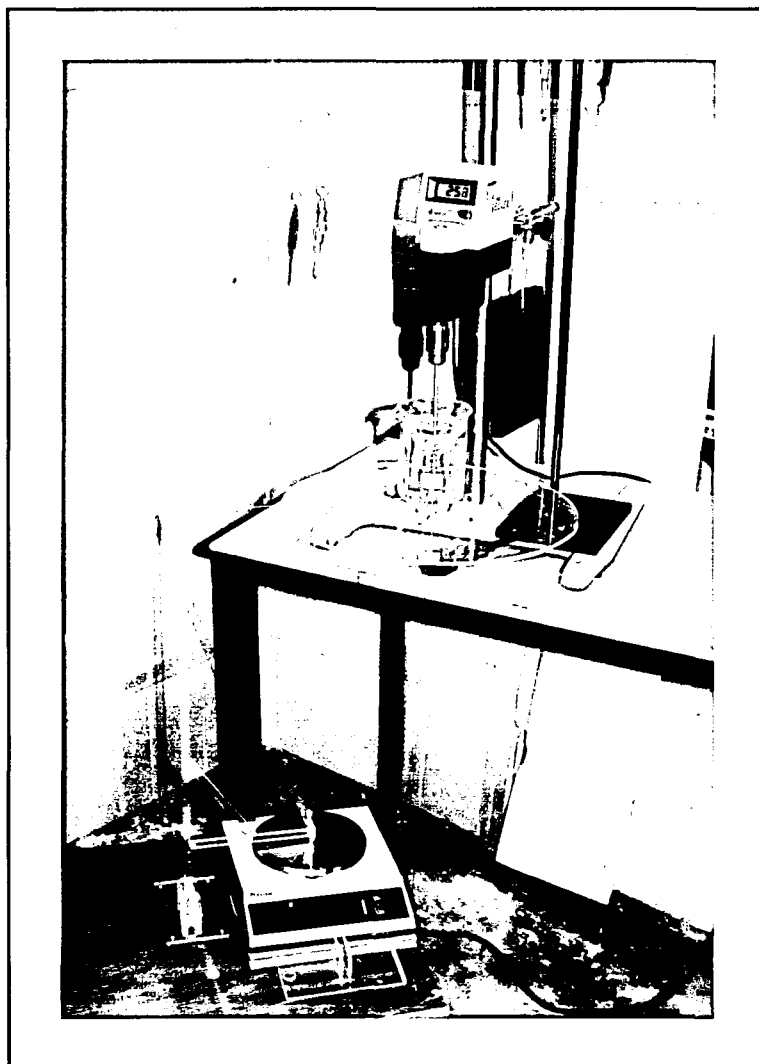


FOTO 9 Opstelling vir meting van snelheidsgradiënte, G. (Verwys 5.3.6)

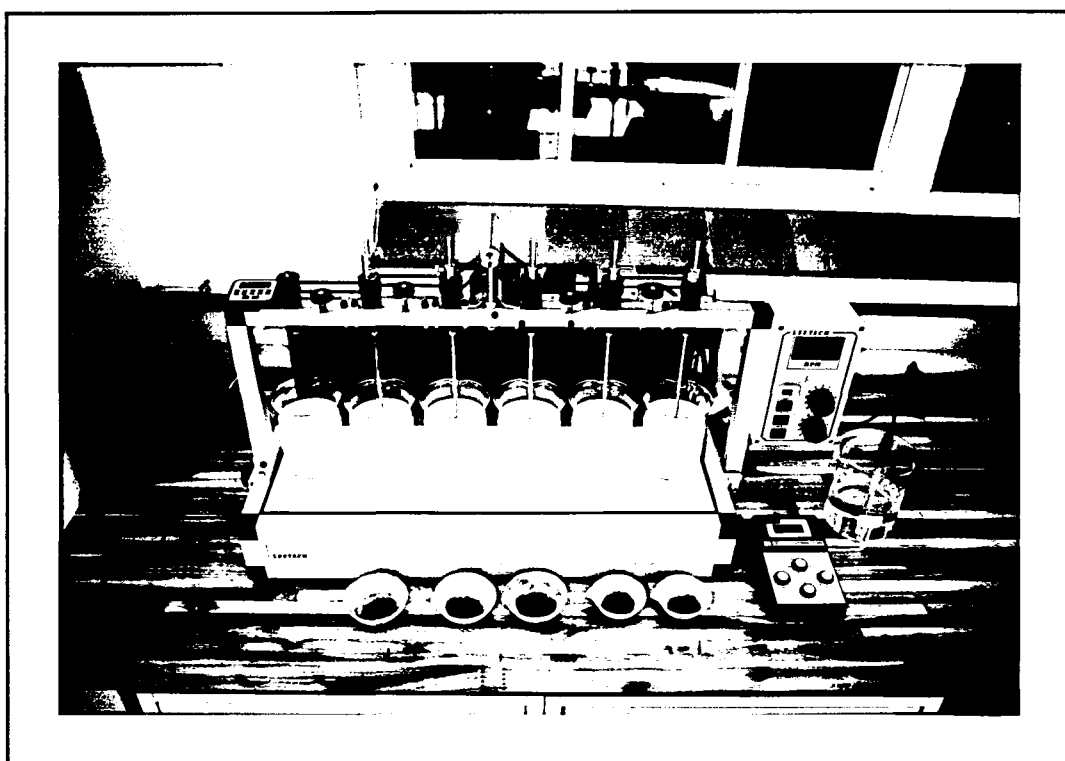


FOTO 7a Meervoudige sesspaan bekertoets roerapparaat (Tipe : "Leetech") met magnetiet in bakkies in die voorgrond. (Verwys 5.3.1)

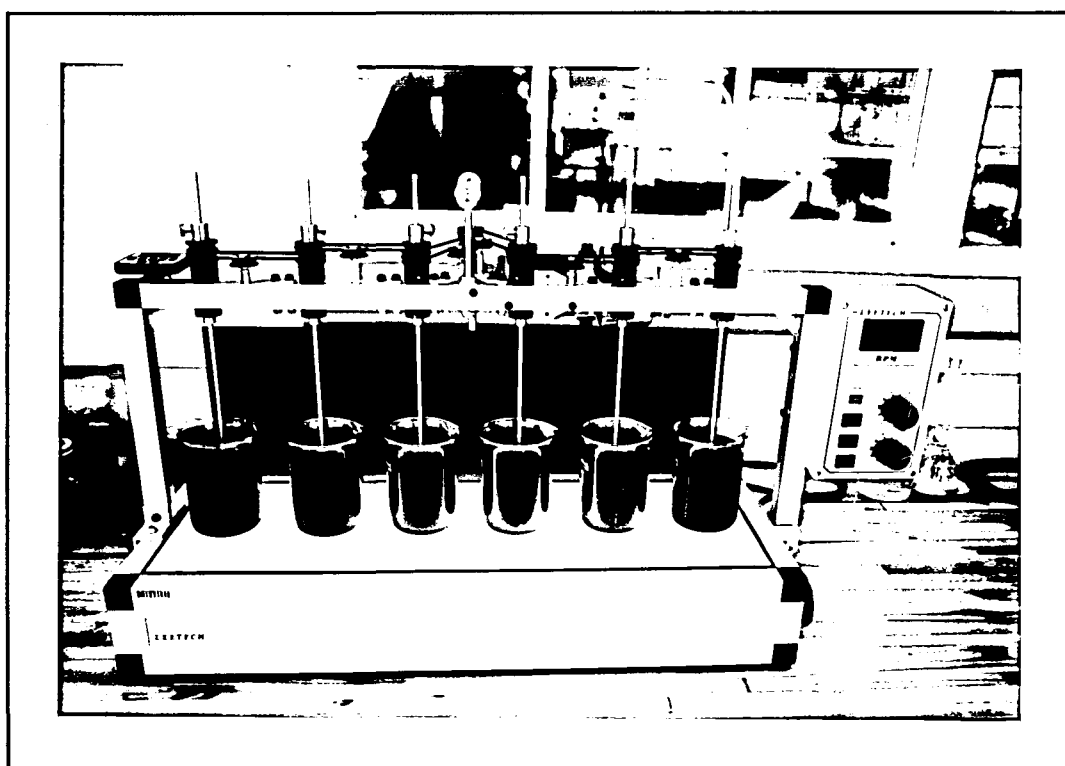


FOTO 7b Leetech roerapparaat met bekere waarin magnetiet in water gedoseer is. (Verwys 5.3.1)

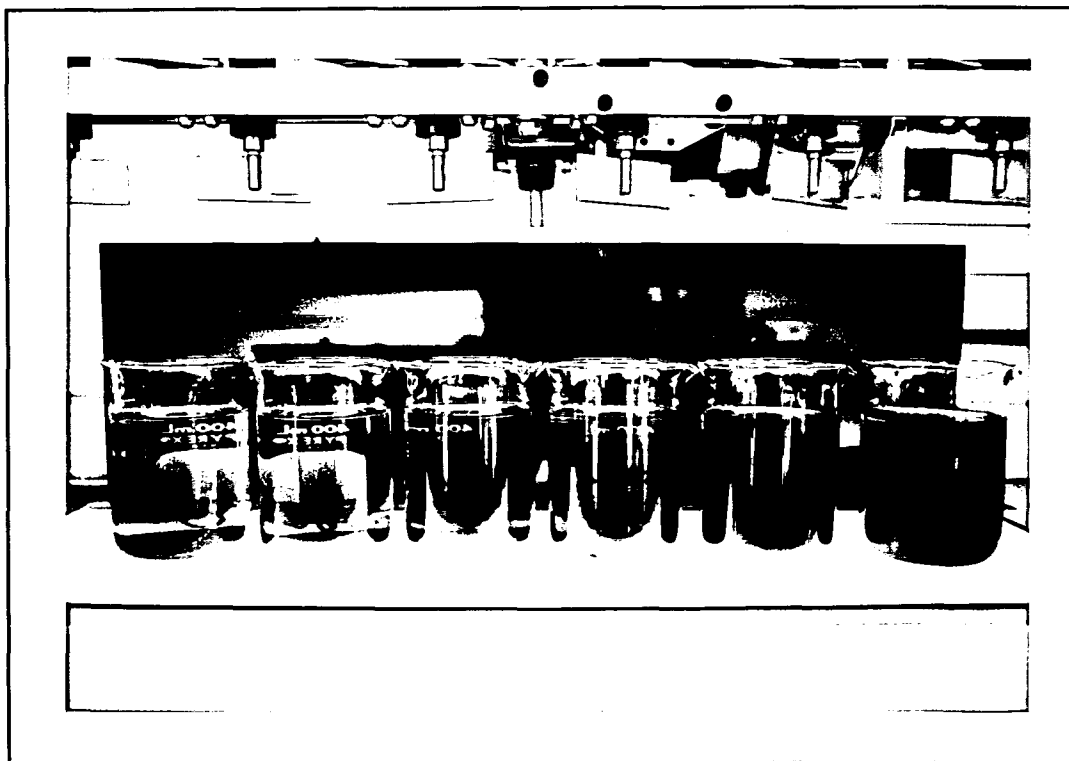


FOTO 10a



FOTO 10b

FOTO 10a en 10b

Die bekers bevat water wat met magnetiet behandel is. Die fotos is opeenvolgend geneem kort nadat vermenging gelyktydig in alle bekers gestaak is. Die magnetiet in elkeen van die bekers was vooraf verskillend gedemagnetiseer. Die demagnetiseringsveldsterktes van links na regs was 0 mT, 10 mT, 15 mT, 20 mT en 80 mT. Die verskille in besinktempos is veroorsaak weens verskillende grade van magnetietpartikelagglomerasie, wat weer veroorsaak was deur die verskillende vlakke van toegepaste demagnetiseringsveldsterkte. (Verwys 5.4.3 Eksperiment-reeks E3)