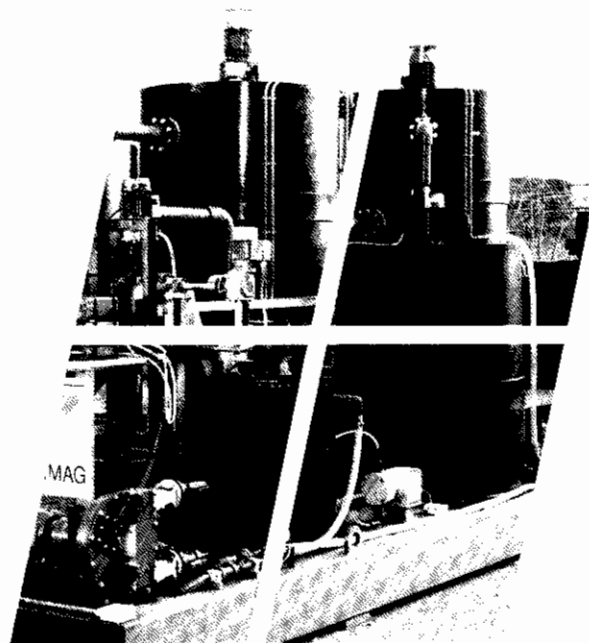
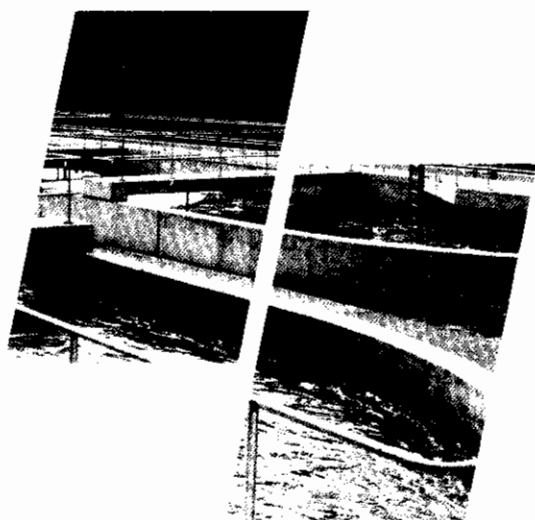


NN31050.93-1

1993-01

P-verwijdering via postprecipitatie met kalk en magnetiet



Programma PN-1992

stowa

EIBLIOTHEEK
STADSGEBOUW

P-verwijdering via postprecipitatie met kalk en magnetiet

28 JULI 1993

Programma PN-1992



stowa

TEN GELEIDE

1	SAMENVATTING	1
2	INLEIDING	2-5
2.1	Achtergrond	3
2.2	Principe van magnetietdefosfatering	3
2.3	Procesparameters	4
2.4	Doel van het onderzoek	5
3	EXPERIMENTEN	6-10
3.1	Opzet van het onderzoek	6
3.2	Materialen en methoden	8
4	RESULTATEN	11-13
5	EVALUATIE	14-26
5.1	De invloed van de procesparameters op de P-verwijdering	14
5.1.1	Oppervlaktebelasting	14
5.1.2	De kalk-, polymeer- en magnetietdosering	14
5.1.3	Kwaliteit van het gedefosfateerde water	18
5.1.4	Hoeveelheid en samenstelling kalkfosfaatslib	19
5.2	Ontwerp praktijkinstallatie	19
5.2.1	De praktijkinstallatie	19
5.2.2	Uitgangspunten voor het ontwerp	20
5.2.3	Ontwerpgrondslagen	20
5.3	Kostenraming	24
6	CONCLUSIES	27
7	REFERENTIES	28

Bijlage:

Tekening proefinstallatie

Ten geleide

In 1990 werd het STORA-onderzoek naar de verwijdering van fosfaat en stikstof op rioolwaterzuiveringsinrichtingen geïntensiveerd en versneld. Doel van het speciaal hierop gerichte spoedprogramma "PN 1992" - dat van de zuiverende waterkwaliteitsbeheerders een extra onderzoeksinspanning van zeven miljoen gulden in drie jaar vraagt - is het elimineren van onzekerheden en knelpunten in de thans operationele methoden en technieken. Dit om de zuiverende deelnemers in de stowa tijdig een voldoende beproefd instrumentarium te bieden om te kunnen voldoen aan de effluenteisen voor die stoffen in 1995 en later.

Door de verlaging van het fosfaatgehalte in het influent in de afgelopen jaren werd de magnetische defosfatering duurder dan de meeste andere defosfateringstechnieken. ENVIMAG B.V. ontwikkelde daarom een techniek waarbij fosfaten met calciumhydroxyde werden geprecipiteerd, waarna de vlokken met magnetiet als inert dragermateriaal versneld konden bezinken in bezinkbassins.

Dit rapport beschrijft onderzoek op semi-technische schaal aan de magnetietdefosfatering, met als doel de toepasbaarheid van de methode onder praktijkomstandigheden vast te stellen.

Het onderzoek werd door het algemeen bestuur van de STOWA - op voorstel van de Stuurgroep PNS 1992* - opgedragen aan HASKONING B.V. (projectteam bestaande uit ir. W. van Starckenburg en ir. A.H.H.M. Schomaker) en namens de STOWA begeleid door een commissie bestaande uit ing. R. van Dalen (voorzitter), dr.ir. J.L. de Reuver, ing. J.G. Segers en ir. P.C. Stamperius.

Aan het onderzoek werd deelgenomen door ENVIMAG B.V., die de semi-technische installatie ontwierp en bouwde, en door het zuiveringsschap Rivierenland, dat de onderzoekslokatie en een aantal technische faciliteiten ter beschikking stelde. Beide organisaties namen ook deels de analyses voor hun rekening. De STOWA is hen zeer erkentelijk voor de hulp bij dit onderzoek.

Utrecht, februari 1993

De directeur van de STOWA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

* De Stuurgroep PNs 1992 die tot dit project adviseerde, bestond uit:
ir. R. den Engelse (voorzitter), ir. J. Boschloo, ir. C. Kerstens, ir. K.F. de Korte, ir. T. Meijer, ir. P.C. Stamperius, alsmede ir. A.H. Dirkzwager voor de coördinatie met het programma RWZI - 2000. Als technisch secretaris treedt op ir. P. de Jong van Witteveen + Bos Raadgevende Ingenieurs

In de periode maart/april 1992 is met een semi-technische installatie op RWZI-Geldermalsen magnetietdefosfatering van het te defosfateren water via postprecipitatie als nieuwe techniek beproefd. Na de bezinktank worden kalk, polymeer en magnetiet gedoseerd en wordt in een kleine bezinker het gevormde calciumfosfaatslib afgescheiden. Het magnetiet wordt uit het calciumfosfaat teruggewonnen en aan het begin van het proces opnieuw ingezet.

Gedurende de acht proefweken is de invloed van de belangrijkste procesvariabelen vastgesteld, te weten de dosering van kalk, van polymeer, van magnetiet en de oppervlaktebelasting. Vervolgens is de installatie gedurende een week bij optimale basisinstellingen bedreven.

Uit de experimenten kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Bij een oppervlaktebelasting van 8 m/h kunnen met magnetietdefosfatering in het effluent P_{tot} -gehalten van 0,5 - 0,8 mg/l gehaald worden.
- Met magnetietdefosfatering wordt nog een aanzienlijke hoeveelheid van de rest-BZV en rest-CZV verwijderd.
- Magnetietdefosfatering is een betrouwbare techniek: de variatie van de waargenomen P_{tot} -gehalten van het effluent is gering.
- De ontwerpgrondslagen voor praktijkinstallaties, waar P_{tot} -effluent \leq 1 mg/l is, zijn:
 - oppervlaktebelasting bezinker : 8 m/h
 - kalkdosering : tot pH 10,5
 - polymeerdosering : 1 mg/l
 - magnetietdosering : 1 g/l
- De productie van kalkfosfaatslib is afhankelijk van de kalkdosering. Onder de proefomstandigheden is gemiddeld 240 g drogestof per m³ behandeld water geproduceerd.
- Verwacht wordt dat vergelijkbare P-verwijderingsrendementen kunnen worden gehaald voor andere typen zuiveringsinrichtingen.
- De kosten van P-verwijdering met behulp van magnetietdefosfatering bedragen circa f 17,-- per i.e. bij een capaciteit van 50.000 i.e. en circa f 14,-- per i.e. bij installaties van 100.000 i.e., indien het geproduceerde kalkfosfaatslib kostenneutraal kan worden afgezet. De meerkosten voor storten van het restprodukt bedragen circa f 7,50 per i.e.

2 INLEIDING

In 1995 worden de nieuwe eisen van kracht voor de lozing van fosfaten aanwezig in gezuiverd stedelijk afvalwater. Zo zullen de fosfaatlozingen als gevolg van het Rijn Aktie Programma en het Noordzee Aktie Programma in 1995 met 50% moeten worden verminderd ten opzichte van 1985. De lozingseisen voor Nederland zijn vastgelegd in het 'Besluit inzake grenswaarden fosfaat rioolwaterzuiveringsinrichtingen te lozen afvalwater' [1], een Algemene Maatregel van Bestuur (AMvB) in het kader van de Wet verontreiniging oppervlaktewateren (WVO).

De eisen variëren van 1 tot 2 mg P_{tot} per liter afhankelijk van de capaciteit van de rioolwaterzuiveringsinrichting en afhankelijk van de situatie of het een bestaande of een nieuwe inrichting betreft. Een waterkwaliteitsbeheerder kan onder bepaalde voorwaarden van genoemde eisen afwijken door in zijn gehele beheersgebied te voldoen aan de eis van 75% emissievermindering ten opzichte van de totale influentvrucht. In tabel 1 zijn de lozingseisen weergegeven.

Tabel 1. Lozingseisen voor fosfaten uit RWZI's (Staatsblad, 1990 [1]).

	EIS BIJ EEN ONTWERPCAPACITEIT RWZI VAN		
	< 20.000 i.e.	20.000 - 100.000 i.e	> 100.000 i.e.
BESTAANDE RWZI'S			
van 1-7-1990 tot 1-1-1995	geen eis	geen eis	geen eis
vanaf 1-1-1995	2 mg P/l voortschr. gem. tenzij $R^{1)} \geq 75\%$	2 mg P/l voortschr. gem. tenzij $R \geq 75\%$	1 mg P/l voortschr. gem. tenzij $R \geq 75\%$
NIEUWE OF UIT TE BREIDEN RWZI'S			
van 1-7-1990 tot 1-1-1995	geen eis	2 mg P/l jaargemiddelde	1 mg P/l jaargemiddelde
vanaf 1-1-1995	2 mg P/l voortschr. gem. tenzij $R \geq 75\%$	2 mg P/l voortschr. gem.	1 mg P/l voortschr. gem.

1) R = verwijderingsrendement op basis van fosfaatvrucht in het totale beheersgebied, ten opzichte van de influentvrucht in 1995

De afgelopen jaren is een aantal defosfateringstechnieken ontwikkeld. De keuze voor toepassing van een van deze technieken wordt over het algemeen bepaald door:

- de bereikbare concentraties aan P_{tot} in het effluent;
- de betrouwbaarheid van de techniek;
- de herbruikbaarheid van het verkregen restprodukt;
- de combinatiemogelijkheden met biologische stikstofverwijdering;
- de kosten van de techniek.

Door ENVIMAG B.V. (voorheen SMIT-NYMEGEN) en HASKONING B.V. te Nijmegen is een defosfateringstechniek ontwikkeld op basis van toepassing en terugwinning van magnetiet bij postprecipitatie. Deze techniek wordt hierna verder aangeduid als magnetietdefosfatering.

2.1 Achtergrond

De afgelopen jaren is door ENVIMAG B.V. de toepassing van magneten als defosfateringstechniek ontwikkeld. Bij deze magnetische fosfaatverwijdering wordt magnetiet toegepast als dragermateriaal voor de gevormde fosfaatprecipitaten. De deeltjes worden vervolgens ingevangen in magneten. Deze werkwijze wordt op praktijkschaal toegepast in de demonstratie-installaties op de RWZI's Huizen en Geldermalsen.

Magnetische defosfateringsinstallaties worden primair gedimensioneerd op de hydraulische capaciteit. Bij toepassing op rioolwaterzuiveringsinrichtingen, waar grote variaties in het debiet optreden ten gevolge van DWA- en RWA-situaties, moet derhalve een magnetische defosfateringsinstallatie worden gebouwd met een relatief grote hydraulische capaciteit. Een aanzienlijk gedeelte van de geïnstalleerde capaciteit wordt slechts incidenteel gebruikt, namelijk bij langdurige regenwaterafvoer. Dit houdt in dat de kapitaalslasten voor de behandeling van de regenwaterafvoer in belangrijke mate bijdragen aan de totale exploitatiekosten voor deze vorm van defosfatering.

Door de verlaging van de fosfaatgehalten in het influent in de afgelopen jaren blijkt deze techniek duurder dan de meeste andere technieken [2]. Om bovengenoemde redenen zijn op hetzelfde principe varianten ontwikkeld met gescheiden defosfateringstechnieken voor DWA en RWA. De resultaten van experimenten met magnetietdosering aan het RWA-surplus rechtvaardigden onderzoek naar toch weer gecombineerde behandeling van de totale stroom (DWA plus RWA).

Door ENVIMAG B.V. is vervolgens een nieuwe techniek ontwikkeld voor magnetietdosering bij postprecipitatie als gecombineerde defosfateringsmethode voor DWA plus RWA. Laboratoriumproeven hebben aangetoond dat met deze methode van defosfatering een gehalte van 0,5-0,8 mg P_{tot} /l haalbaar is, hetgeen voldoende zou zijn om aan de eisen voor P_{tot} te voldoen. Aanvullende pilot-plant experimenten zouden deze positieve verwachtingen moeten bevestigen. Daartoe is het onderhavige semi-technische onderzoek uitgevoerd op de RWZI te Geldermalsen.

2.2 Principe van magnetietdefosfatering

Magnetietdefosfatering is gebaseerd op de eigenschap van magnetiet dat het goed hecht aan calciumfosfaat. De ontstane calciumfosfaat-magnetietvlok bezinkt zeer goed. Door het hoge soortelijk gewicht van magnetiet (s.g. 5,2 kg/dm³) verbetert het bezinkgedrag met een factor 10. Hierdoor

is voor de vlok-afscheiding een kleine bezinkeenheid voldoende. Het magnetiet wordt bij deze techniek teruggewonnen en hergebruikt (effectiviteit > 99,5%). Magnetiet is magnetisch. Van deze eigenschap wordt bij de terugwinning gebruik gemaakt. Het wordt door magnetische krachten afgescheiden in een magnetietterugwininstallatie (MTI).

Magnetietdefosfatering is een nageschakelde defosfateringstechniek. Na de bezinktank worden kalk, polymeer en magnetiet gedoseerd. Vervolgens wordt in een kleine bezinker de vlok afgescheiden. Het magnetiet wordt uit het calciumfosfaat teruggewonnen en aan het begin van het proces opnieuw ingezet. Het calciumfosfaat is van een zuiverheid die vergelijkbaar is met het eindprodukt van korrelreactor of magnetische separatie.

2.3 Procesparameters

Door ENVIMAG B.V. zijn in 1991 en 1992 laboratoriumproeven uitgevoerd om de belangrijkste procesparameters bij magnetietdefosfatering vast te stellen. In tabel 2 zijn de resultaten vermeld van de proeven ter bepaling van de invloed van elk van de toegepaste chemicaliën op de P_{tot} -verwijdering bij oppervlaktebelastingen van 2, 5 en 10 m/h.

Tabel 2. Resultaten van laboratoriumonderzoek naar invloed van het al dan niet doseren van magnetiet en/of polymeer op de P_{tot} -verwijdering.

EXPERIMENT ¹⁾	OPPERVLAKTE-BELASTING (m/h)	EIND-pH	P_{tot} EFFLUENT (mg/l)	P-VERWIJDERING (%)
▪ kalk alleen	2	10,8	4,61	2
▪ kalk + polymeer	2	10,9	1,32	72
▪ kalk + polymeer + magnetiet	2	10,8	0,32	93
▪ kalk alleen	5	10,8	4,68	0
▪ kalk + polymeer	5	10,8	1,11	76
▪ kalk + polymeer + magnetiet	5	10,8	0,35	93
▪ kalk alleen	10	10,8	4,65	1
▪ kalk + polymeer	10	10,8	0,96	79
▪ kalk + polymeer + magnetiet	10	10,8	0,34	93

1) P_{tot} -gehalte te behandelen water: 4,68 mg/l
 Kalkdosering: 80 mg/l
 Polymeerdosering: 2 mg/l
 Magnetietdosering: 1 g/l

De resultaten geven aan dat dosering van kalk plus polymeer een verwijderingsrendement van 75% geeft, maar dat een P_{tot} -gehalte onder 1 mg/l in het effluent nauwelijks kan worden bereikt. Alleen dosering van de drie chemicaliën tezamen kan een P_{tot} -gehalte kleiner dan 0,5 mg/l opleveren. De oppervlaktebelasting is niet significant van invloed op de P_{tot} -verwijdering.

Op grond van deze resultaten en aanvullend onderzoek zijn door ENVIMAG B.V. vooralsnog de volgende basisinstellingen voor de belangrijkste procesparameters bij magnetietdefosfatering vastgesteld:

- kalk
 - dosering tot pH: 10,8
 - reactietijd: 6,6 min
- polymeer
 - dosering: 2 mg/l
 - reactietijd: 6,6 min
- magnetietdosering: 1 g/l
- oppervlaktebelasting bezinker: 8-12 m/h

2.4 Doel van het onderzoek

Het onderhavige semi-technische onderzoek had ten doel vast te stellen:

- haalbare P_{tot} -concentraties in het effluent van RWZI's;
- haalbare reductie voor drogestof, CZV en BZV in het te behandelen water;
- gevoeligheid en betrouwbaarheid van de techniek onder praktijkomstandigheden;
- de dimensioneringsgrondslagen voor magnetietdefosfatering als nageschakelde techniek in de waterlijn;
- de toepasbaarheid bij verschillende typen RWZI's;
- de kosten van magnetietdefosfatering op praktijkschaal.

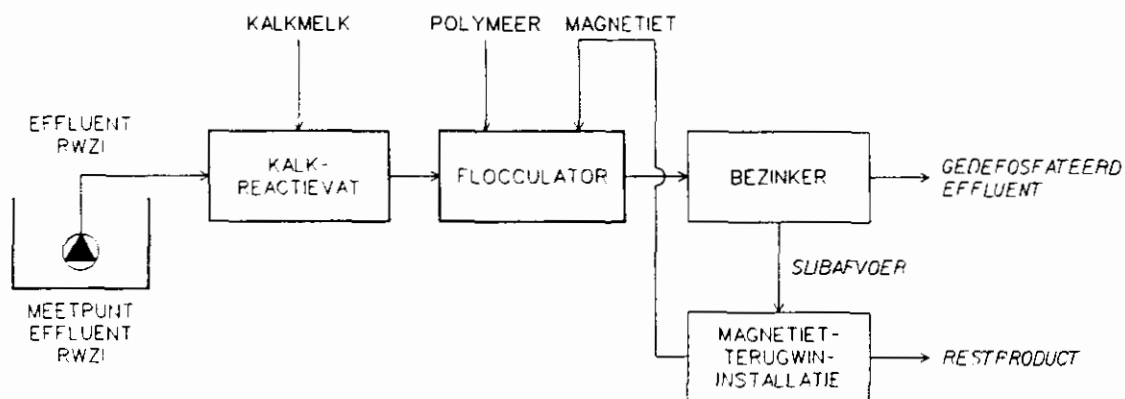
3 EXPERIMENTEN

In dit hoofdstuk wordt achtereenvolgens ingegaan op de opzet van het semi-technisch onderzoek en de daarbij gehanteerde materialen en methoden.

3.1 Opzet van het onderzoek

Het onderzoek is uitgevoerd met een semi-technische proefinstallatie op de RWZI te Geldermalsen. Op deze inrichting wordt huishoudelijk afvalwater behandeld in een combinatie van een laagbelaste actiefslibinstallatie en oxydatiebedden. Uitvoering van het onderzoek op deze RWZI bood het voordeel, dat de bemonstering gecombineerd kon worden met die van de demonstratie-installatie voor magnetische defosfatering op dezelfde RWZI en dat de benodigde chemicaliën (kalk, polymeer en magnetiet) bij deze installatie aanwezig waren.

Figuur 1 geeft een blokschema van het magnetietdefosfateringsproces in de proefinstallatie op de RWZI-Geldermalsen.



Figuur 1. Processchema van de magnetietdefosfatering met de proefinstallatie op de RWZI-Geldermalsen.

Binnen de doelstellingen van het onderzoek zoals gedefinieerd in § 1.3 waren de experimenten met name gericht op het vaststellen van de invloed van variaties van de kalk-, magnetiet- en polymeerdosering en van de oppervlaktebelasting c.q. het debiet op het functioneren van het proces.

Het onderzoek vond plaats in de periode maart-april 1992. De opzet van het onderzoek gedurende deze acht weken was als volgt:

Week 1. Inregeling van de installatie.

In de eerste week is de installatie ingeregeld op de in § 1.2 vermelde basisinstellingen voor kalk-, polymeer- en magnetietdosering en de volgende installatie-specifieke instellingen:

- debiet te behandelen water:	10	m ³ /h
- oppervlaktebelasting bezinker:	7,7	m/h
- slibafvoerdebiet:	400	l/h
- toerental van de flocculator:	500	rpm

Daarbij is nagegaan of het roerregiem in de flocculator de gewenste vlokken oplevert en of het slibafvoerdebiet uit de bezinker goed is gekozen. Verder is de juiste werking van de magnetietterugwininstallatie gecontroleerd.

Week 2. Bedrijfsvoering volgens de basisinstelling.

In de tweede week is het functioneren van de installatie onder basisinstellingen verder gevolgd. Daarbij zijn onder andere variaties van de kwaliteit van het te behandelen water gevolgd en zijn aanloopstoringen verholpen.

Week 3. Vaststellen van de invloed van de hoeveelheid gedoseerd magnetiet.

Het magnetiet fungeert als verzwarend medium. Als basisinstelling is uitgegaan van een magnetietdosering van 1 g/l. Om de invloed van de magnetietdosering op het functioneren van het proces vast te stellen is de magnetietdosering in deze onderzoekperiode gevarieerd van 0 - 3 g/l.

Week 4. Vaststellen van de invloed van de hoeveelheid gedoseerd polymeer.

Om na te gaan of met minder polymeer volstaan kan worden, is in deze periode de polymeerdosering gevarieerd van 0 mg/l tot de basisinstelling van 2 mg/liter.

Week 5. Vaststellen van de invloed van de hoeveelheid gedoseerde kalk.

In deze periode is nagegaan of het mogelijk is de kalkdosering te reduceren door een pH-waarde na kalkdosering te hanteren lager dan 10,8 en de invloed daarvan vast te stellen op het functioneren van het proces.

Week 6. Vaststellen van de invloed van het debiet c.q. de oppervlaktebelasting.

In week 6 is de variatie in oppervlaktebelasting in het bereik van 3,8 - 9,2 m/h onderzocht om de invloed van de belasting op het functioneren van het proces vast te stellen.

Week 7. Bedrijfsvoering bij optimale instellingen.

Op grond van de onderzoekresultaten uit week 3 - 6 is het instellingenregiem aangepast. In week 7 is het functioneren van het proces bij deze aangepaste instellingen onderzocht.

Week 8. Bedrijfsvoering zonder magnetiet en/of polymeer.

In deze periode is de invloed nagegaan van het niet doseren van magnetiet en van dosering van alleen kalk (geen magnetiet en polymeer) op het proces onder basisinstellingen. ENVIMAG B.V. heeft parallel aan deze proeven bij verschillende oppervlaktebelastingen laboratoriumexperimenten uitgevoerd naar de invloed van afwezigheid van magnetiet en/of polymeer op de P_{α} -verwijdering.

Week 1-8. Kwaliteit geproduceerd kalkfosfaatslib.

Tijdens de gehele onderzoeksperiode is de hoedanigheid van het geproduceerde kalkfosfaatslib vastgesteld.

3.2 Materialen en methoden

Materialen

De experimenten zijn uitgevoerd op RWZI-Geldermalsen in een semi-technische proefinstallatie met een hydraulische ontwerpcapaciteit van 10 m³ te behandelen water per uur. De op een stalen frame gemonteerde installatie was in de open lucht opgesteld. In figuur 2 zijn de verschillende onderdelen van de proefinstallatie zichtbaar:

- van rechtsvoor naar middenvoor: de doseereenheden (opslagvaten en pompen) voor kalk, polymeer en magnetiet;
- van rechtsachter naar linksachter: de kalkreactietank, de flocculator, de bezinker en de schakelkast;
- rechts van de schakelkast: de installatie (MTI) om het magnetiet terug te winnen.

Het te behandelen water werd vanuit de effluent-meetput van de RWZI met behulp van een pomp met debietmeter naar de proefinstallatie gepompt. Elektra, kalkmelk, magnetiet en polymeer werden betrokken van de nabijgelegen demonstratie-installatie voor magnetische defosfatering. Voor de bereiding van de magnetiet- en polymeeroplossing werd leidingwater van de RWZI gebruikt.

Het gedefosfateerde effluent werd via het terreinriool op de RWZI geloosd. Het geproduceerde kalkfosfaatslib werd naar een container geleid, waar indikking van het slib plaatsvond. De overstort van de container werd eveneens via het terreinriool op de RWZI geloosd. Het ingedikte kalkfosfaatslib is uiteindelijk afgevoerd naar een stortplaats.

Figuur 2. De proefinstallatie op de RWZI-Geldermalsen.

Gegevens van capaciteiten, dimensies, vermogens en verblijftijden van de verschillende installatie-onderdelen zijn vermeld in tabel 3. Voor de tekening van de proefinstallatie wordt verwezen naar de bijlage.

Methoden

Gedurende de uitvoering van het onderzoek zijn op de lokatie dagelijks de volgende parameters geregistreerd (zie figuur 1):

- debiet, opgenomen vermogen en looptijd van de toevoerpomp van de installatie;
- kalkdosering (mg/l) en kalkmelkverbruik (l/dag);
- pH-instelling na kalkdosering;
- magnetietdosering (g/l) en -verbruik (kg/dag);
- polymeerdosering (mg/l) en -verbruik (l/dag);
- debiet en looptijd van de slibafvoer uit de bezinker;
- magnetietgehalte (g/l), drogestofgehalte (g/l) en bezinkselvolume (ml/l na 1 uur) in slibafvoer uit de bezinker;
- magnetietgehalte (mg/l) van het effluent;
- magnetiet- en drogestofgehalte (g/l) van het restprodukt uit de magnetietterugwininstallatie (MTI);
- P-gehalte van het te behandelen water, het effluent, de slibafvoer uit de bezinker, en van het restprodukt uit de MTI met behulp van HACH-meetapparatuur.

Tabel 3. Capaciteiten, dimensies, geïnstalleerde vermogens en verblijftijden van de onderdelen van de proefinstallatie.

ONDERDEEL	CAPACITEIT/DIMENSIE	VERMOGEN	VERBLIJFTIJD
<u>Hoofdpomp</u>	10 m ³ /h	9,2 kW	
<u>Kalkdosering: < 750 g/m³, 10%</u>			
▪ aarmaakvat	1,1 m ³		> 15 uur
▪ roerder		1,5 kW	
▪ reactievat	1,1 m ³		6,6 min.
▪ roerder		1,5 kW	
▪ doseerpomp	< 75 l/h	0,1 kW	
<u>Polymeerdosering: < 4 mg/L, 0,1%</u>			
▪ aarmaakvat	0,95 m ³		> 24 uur
▪ roerder		1,1 kW	
▪ flocculatievat	1,1 m ³		6,6 min.
▪ roerder		1,1 kW	
▪ doseerpomp	< 40 l/h	0,1 kW	
<u>Magnetiëtdosering: < 5 kg/m³</u>			
▪ Doseervat	0,2 m ³		> 24 uur
▪ Roerder		0,55 kW	
▪ Doseerpomp	< 100 l/h	0,25 kW	
<u>Bezinker</u>	7,7 m/h opp. 1,3 m ²		
<u>MTI</u>			
▪ toevoerpomp	< 600 l/h	0,25 kW	
▪ disruptor		1,5 kW	
▪ magneetrol		0,1 kW	
▪ afvoerpomp	600 l/h	0,25 kW	

Tijdens de experimenten zijn dagelijks mengmonsters genomen ten behoeve van NEN-analyses van het P_{ortho}-gehalte, het P_{tot}-gehalte en het drogestofgehalte van het te behandelen water en het effluent van de proefinstallatie. BZV, CZV en bezinkselvolume van het te behandelen water en van het effluent na 1 uur zijn tijdens de onderzoeksperiode driemaal bepaald. Analyse van deze monsters is door zuiveringsschap Rivierenland uitgevoerd.

4 RESULTATEN

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het onderzoek in de proefinstallatie gepresenteerd.

Tabel 4 geeft samengevat en gegroepeerd per onderzoekswEEK de procesparameters en de resultaten van de fosfaatverwijdering, het magnetietverlies en de waargenomen toename van het drogestofgehalte van het gedefosfateerde water.

In tabel 5 zijn de analyseresultaten van BZV, CZV en slibvolume na 1 uur van het te behandelen water en van het effluent van de proefinstallatie gegeven.

In tabel 6 zijn tenslotte de geproduceerde hoeveelheid en de samenstelling gepresenteerd van het kalkfosfaatslib tijdens de meetdagen waarop:

- de installatie met aangepaste basisinstellingen is bedreven;
- 220 tot 250 mg Ca(OH)₂ per liter te behandelen water is gedoseerd;
- de slibproductie is gemeten.

Dit was alleen het geval op dagnummers 25, 27 en 29. Alleen op deze dagen geven de steekmonsters van de slibafvoer een indicatief beeld van de slibproductie en wel om de volgende redenen:

- in week 2, 3, 4 en 5 was bij kalkdoseringen van 220 tot 250 mg/l de afvoer van het geproduceerde slib vanuit de bezinker niet gelijkmatig, waardoor de, ook nog geringe, metingen van de slibproductie niet betrouwbaar waren. In de laatste drie proefweken kon de slibproductie wel betrouwbaar worden vastgesteld.
- sommige procesparameters weken te sterk af van de basisinstellingen in week 6 (wisselende pH) en op meetdagen 30 en 31 in week 8 (polymer/magnetiet);
- de slibproductie met name wordt bepaald door de gedoseerde hoeveelheid kalk. Bij de ontwerpgrondslagen wordt op grond van een alkaliteit van het te behandelen water van 3 mmol/l (zie § 5.2) uitgegaan van een kalkdosering van circa 240 mg/l.

Ter vergelijking zijn in tabel 6 de gedoseerde hoeveelheden kalk als ook de uit de slibproductie berekende en gemeten hoeveelheid P_{tot}-verwijderd per liter behandeld water aangegeven.

Tabel 4. Procesparameters en invloed daarvan op P-verwijdering, magnetietverlies en drogestofgehaltes van het te behandelen water en het effluent van de proefinstallatie voor magnetietdefosfatering (DAGNR. = volgnummer proefdagen).

PROEFWEEK EN SOORT ONDERZOEK	DAGNR.	PROCESPARAMETERS					PROEFRESULTATEN						
		OPP. BEL. (m/h)	KALK (mg/l)	pH	POLYMEER (mg/l)	MAGNETIET (g/l)	P _{tot} infl. ¹⁾ (mg/l)	D.S. infl. ¹⁾ (mg/l)	D.S. effl. (mg/l)	MAGNETIET effl. (mg/l)	P _{tot} effl. (mg/l)	P-verw. rendement (%)	P _{tot} verwijderd (mg/l)
Week 2 BASISINSTELLINGEN	1	7,7	230	10,8	1,6	1	4,7	1	67	5	1,80	62	2,9
	2	7,7	284	11,2	1,5	1	5,1	8	144	2	1,30	75	3,8
	3	7,7	280	12,1	1,2	1	4,3	6	147	7	0,43	90	3,9
	4	7,7	150	12,0	1,3	1	3,2	14	-	4	0,47	79	2,5
Week 3 VARIABELE MAGNETIET	5	7,7	214	11,4	1,5	2	2,1	6	40	9	0,62	70	1,5
	6	7,7	190	11,1	1,4	3	2,4	7	67	8	0,78	68	1,6
	7	7,7	191	11,2	1,8	1	2,7	6	70	7	0,86	68	1,8
	8	7,7	143	10,9	1,6	0	2,8	2	114	0	1,00	64	1,8
	9	7,7	239	11,6	1,4	3	3,1	15	72	1	0,65	79	2,5
Week 4 VARIABELE POLYMEER	10	7,7	173	11,3	1,5	1	2,3		73	5	0,70	70	1,6
	11	7,7	180	11,1	0,0	1	2,4	8	197	10	2,00	17	0,4
	12	7,7	189	11,4	1,0	1	2,9	9	80	6	0,90	69	2,0
	13	7,7	160	11,2	0,5	1	1,3	6	87	3	1,10	15	0,2
	14	7,7	112	11,4	0,7	1	3,3	2	-	5	0,97	58	1,9
Week 5 VARIABELE KALK/pH	15	7,7	142	10,0	0,7	1	3,7	16	39	3	1,10	70	2,6
	16	7,7	217	12,0	0,7	1	3,6	14	63	2	0,40	89	3,2
	17	7,7	149	11,8	1,9	1	2,9	6	36	1	0,51	82	2,4
	18	7,7	96	11,3	1,3	1	3,9	10	38	1	0,84	78	3,1
	19	7,7	76	10,9	1,1	1	3,9	6	-	1	0,81	70	2,7
Week 6 VARIABELE OPPERVLAKTE- BELASTING	20	7,7	112	12,1	1,9	1	3,0	8	-	1	0,33	89	2,7
	21	7,7	410	9,8	1,6	1	1,9	6	55	1	0,85	55	1,1
	22	9,2	409	9,8	1,3	1	2,4	1	73	2	1,20	50	1,2
	23	3,8	340	11,9	1,5	1	1,7	12	46	1	0,26	85	1,4
Week 7 AANGEPASTE BASISINSTELLINGEN	24	7,7	230	10,7	1,5	1	2,7	10	58	2	0,78	71	1,9
	25	7,7	247	10,2	1,6	1	2,6	3	32	2	0,90	65	1,7
	26	7,7	273	11,9	1,5	1	2,2	5	25	1	0,45	80	1,8
	27	7,7	224	11,4	1,6	1	2,6	78	33	2	0,78	70	1,8
	28	7,7	192	11,5	1,4	1	2,6	78	24	2	0,80	69	1,8
Week 8 VARIABELE MAGNETIET/ POLYMEER	29	7,7	242	10,3	1,5	1	2,9	3	27	2	0,95	67	2,0
	30	7,7	294	10,7	1,5	0	3,2	4	120	0	0,97	70	2,2
	31	7,7	253	10,6	0,0	0	3,4	11	-	0	2,52	-7	-0,2

1) infl. = te behandelen water

Tabel 5. Resultaten van BZV-, CZV- en slibvolumebepalingen van het te behandelen water en het effluent van de proefinstallatie voor magnetietdefosfatering.

DAGNR.	PARAMETER	TE BEHANDELEN WATER	EFFLUENT	TOENAME/AFNAME
7	BZV	4 mg/l	3 mg/l	-25 %
	CZV	38 mg/l	36 mg/l	-5 %
	Bezinksel	< 0,1 ml/l.u	0,5 ml/l.u	
16	BZV	8 mg/l	2 mg/l	-75 %
	CZV	57 mg/l	39 mg/l	-32 %
	Bezinksel	< 0,1 ml/l.u	0,6 ml/l.u	
24	BZV	12 mg/l	2 mg/l	-83 %
	CZV	63 mg/l	49 mg/l	-22 %
	Bezinksel	< 0,1 ml/l.u	0,6 ml/l.u	

Tabel 6. Hoeveelheid en samenstelling van het geproduceerde kalkfostaatslib op basis van steekmonsters van de slibafvoer uit de bezinker.

DAGNR.	KALK- DOSERING (mg/l)	SLIB- STROOM (l/h)	DROGESTOF- GEHALTE (g/l)	P _{tot} -GEHALTE ¹⁾ (mg/g slib)	SLIBPRODUKTIE (g/m ³ effluent)	P _{tot} -VERWIJDERD (mg/l effluent)	
						berekend	gemeten
25	247	330	6,90	8,43	228	1,92	1,7
27	224	330	7,38	6,56	244	1,60	1,8
29	242	330	6,43	6,31	212	1,34	2,0

1) op basis van HACH-metingen

5 EVALUATIE

In de navolgende paragrafen worden de resultaten van het semi-technische onderzoek geëvalueerd. Vervolgens worden de uit het onderzoek resulterende ontwerpgrondslagen vastgesteld. In de laatste paragraaf worden de kosten voor magnetietdefosfatering begroot en vergeleken met die van ander defosfateringstechnieken.

5.1 De invloed van de procesparameters op de P-verwijdering

5.1.1 Oppervlaktebelasting

Op basis van laboratoriumproeven is door ENVIMAG B.V. de ontwerpbelasting voor de semi-technische installatie vastgesteld op 8 - 10 m/h. In verband met opschaling is in het testprogramma een oppervlaktebelasting van 8 m/h als veilige ondergrens bij het semi-technische onderzoek aangehouden.

Gedurende de experimenten in week 6 werd bij verhoging van de oppervlaktebelasting naar 9,2 m/h de maximale pompcapaciteit van de kalkdosering bereikt, hetgeen zich uitte in een lage pH van het te behandelen water en een laag P-verwijderingsrendement. Verdere verhoging van de oppervlaktebelasting naar 12 m/h was onder deze omstandigheden niet zinvol. Met enig voorbehoud vanwege het geringe aantal waarnemingen bestaat de indruk dat een afname van de belasting geen verhoging van het P-verwijderingsrendement laat zien. Herhaling van de experimenten om de invloed van de oppervlaktebelasting te bepalen was vanwege de korte duur van het onderzoek niet mogelijk. Bij de vaststelling van de ontwerpgrondslagen zal vooralsnog worden uitgegaan van een oppervlaktebelasting van 8 m/h.

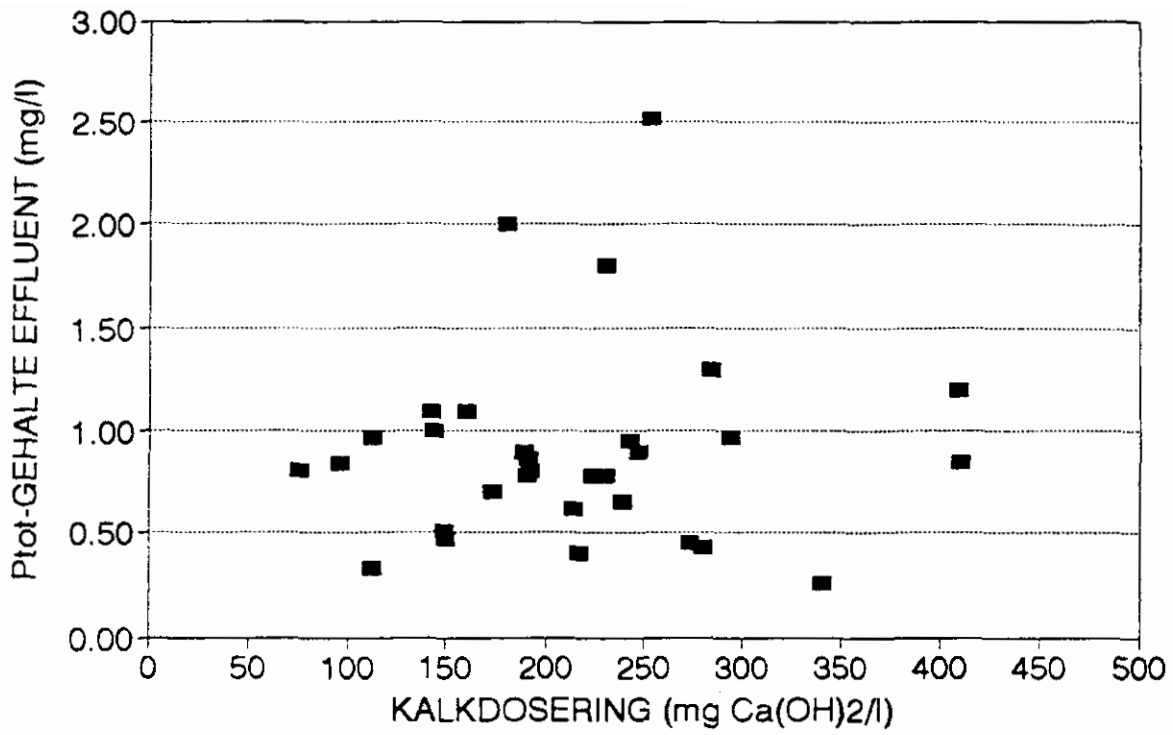
5.1.2 De kalk-, polymeer- en magnetietdosering

In de navolgende figuren worden op basis van de verkregen resultaten de relaties weergegeven tussen de P_{ox} -gehalte van het behandelde water en:

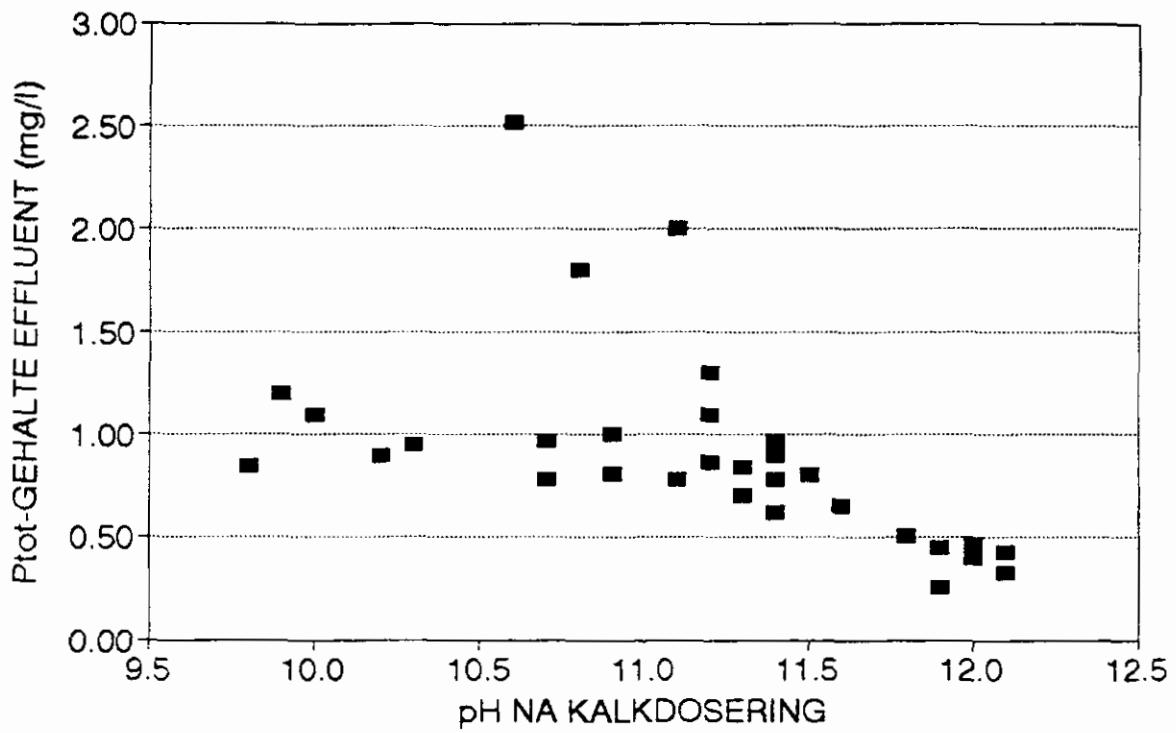
- de kalkdosering : figuur 3
- de pH na kalkdosering : figuur 4
- de polymeerdosering : figuur 5
- de magnetietdosering : figuur 6

De volgende conclusies kunnen worden getrokken voor de invloed van de genoemde procesparameters op de P-verwijdering:

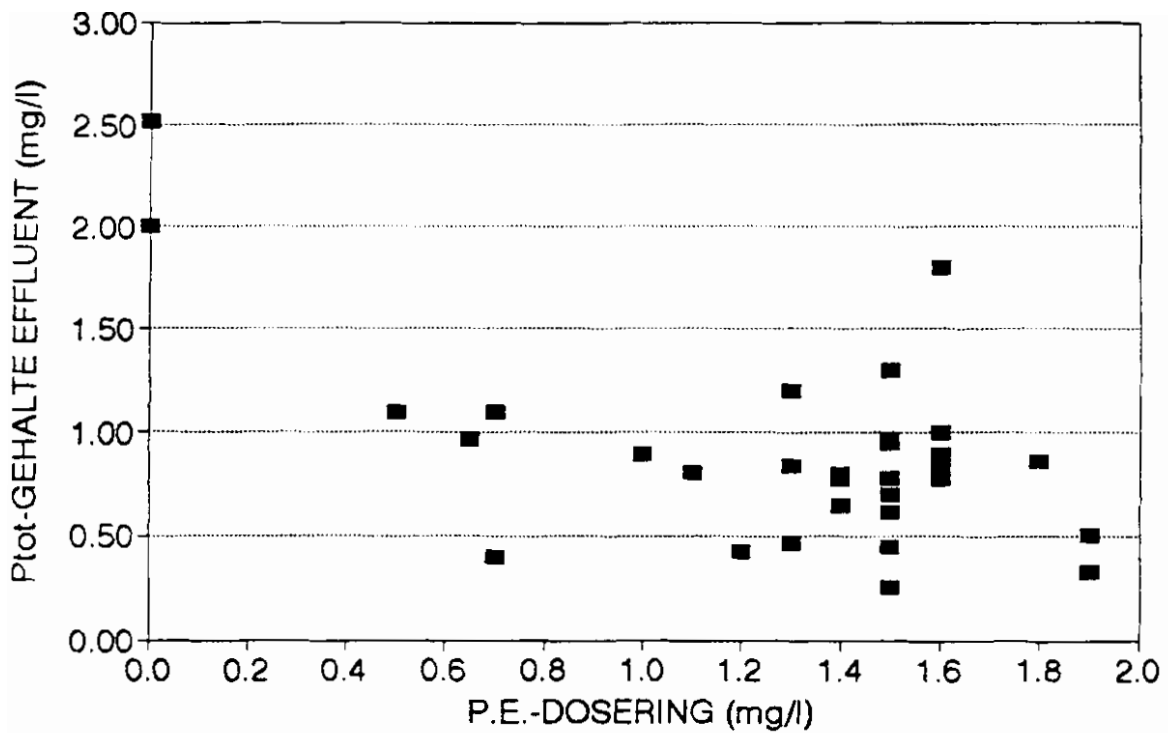
- op basis van de figuren 3 en 4 blijkt een toename van de pH van het te behandelen water, in tegenstelling tot toename van de kalkdosering, een afname van het P-gehalte in het effluent te geven. Op grond van de experimenten kan vastgesteld worden dat bij $\text{pH} \geq 10,5$ P_{ox} -gehalten ≤ 1 mg/l worden behaald. Hiervan zal bij de ontwerpgrondslagen worden uitgegaan;



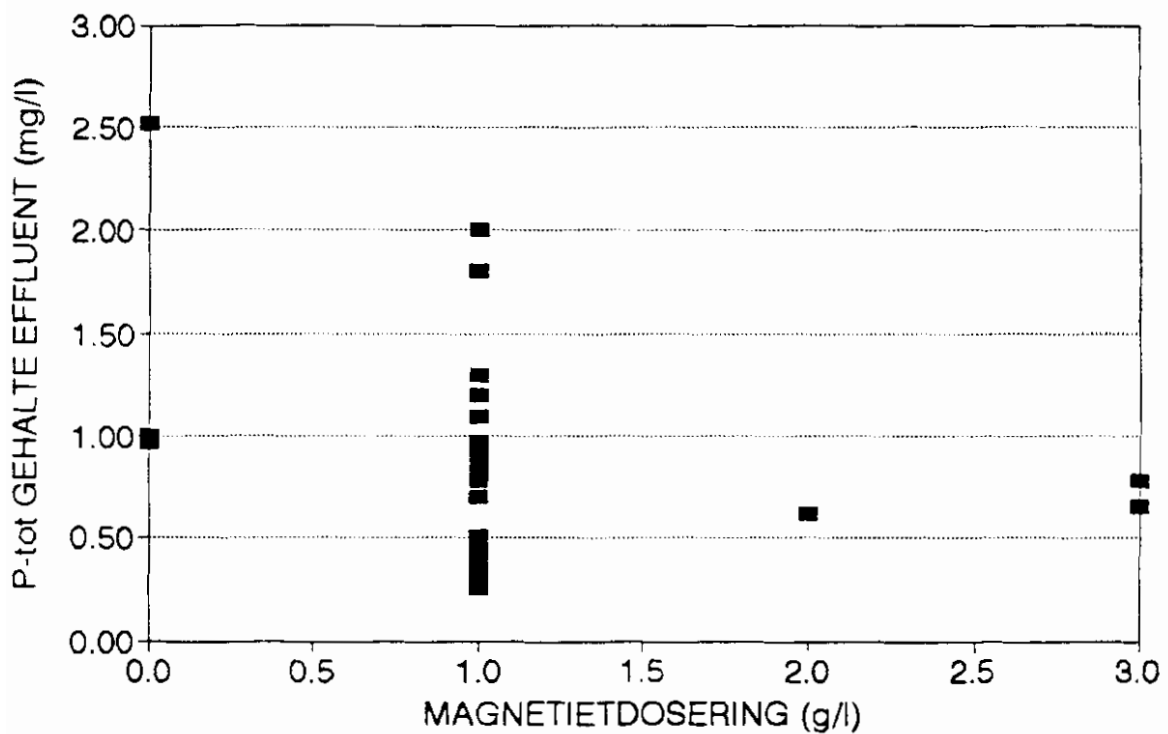
Figuur 3. Verband tussen kalkdosering en P_{tot}-gehalte in het effluent.



Figuur 4. Verband tussen pH en P_{tot}-gehalte in het effluent.



Figuur 5. Verband tussen polymeerdosering en P_{tot}-gehalte in het effluent.



Figuur 6. Verband tussen magnetietdosering en P_{tot}-gehalte in het effluent.

- de hoeveelheid gedoseerd polymeer heeft volgens figuur 5 een duidelijke invloed op de P-verwijdering. Deze figuur geeft aan dat met een polymeerdosering ≥ 1 mg/l een P_{tot} -gehalte ≤ 1 mg/l kan worden bereikt. Bij de ontwerpgrondslagen zal worden gerekend met een dosering van 1 mg polymeer per liter;
- zoals figuur 6 laat zien, heeft de hoeveelheid magnetiet bij de toegepaste doseringen geen invloed op de mate van P-verwijdering. Dit komt overeen met de resultaten van de laboratoriumtesten. Vooralsnog wordt voor de ontwerpgrondslagen gesteld dat een dosering van 1 g magnetiet per liter te behandelen water voldoende is.

Om de mate van onderlinge invloed van elk van de hoofdparameters op de P-verwijdering vast te stellen is een meervoudige regressie-analyse uitgevoerd op de meetresultaten zoals weergegeven in tabel 4. Daarbij zijn de kalkdosering, de pH, de polymeerdosering, de magnetietdosering en de oppervlaktebelasting als onafhankelijke variabelen en het P_{tot} -gehalte van het effluent als afhankelijke variabele ingevoerd. De correlaties van de onafhankelijke variabelen met het P-gehalte in het effluent staan vermeld in tabel 7.

Tabel 7. Correlatie van kalkdosering, pH, polymeerdosering, magnetietdosering en oppervlaktebelasting met het P_{tot} -gehalte van het effluent.

ONAFHANKELIJKE VARIABELE	CORRELATIECOEFFICIENT MET P_{tot} -GEHALTE IN EFFLUENT	SIGNIFICANTIE BETROUWBAARHEID
Kalkdosering	0,26	28 %
pH	0,72	99 %
Magnetietdosering	0,56	72 %
Polymeerdosering	0,77	99 %
Oppervlaktebelasting	0,52	86 %

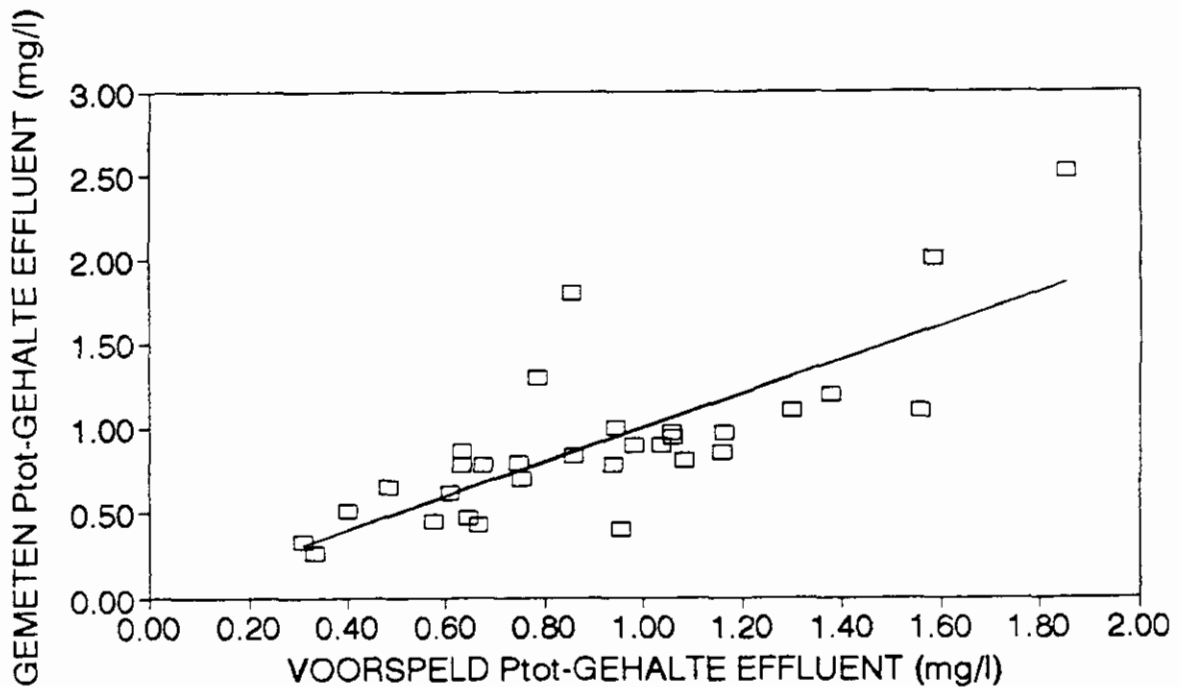
Op basis van de regressie-analyse kan een voorspelling worden gedaan van het P_{tot} -gehalte in het effluent. De volgende relatie is gevonden tussen de onafhankelijke procesparameters en het P_{tot} -gehalte, waarbij de kalkdosering vanwege de lage correlatie niet als onafhankelijke variabele is meegenomen.

$$P_{\text{geschat}} = 4,58 + 0,063 * B - 0,30 * \text{pH} - 0,51 * \text{PE} - 0,12 * M$$

waarin:

- P_{geschat} : geschatte waarde van het P_{tot} -gehalte in het effluent
- B : oppervlaktebelasting in m/h
- pH : pH van het te behandelen water na kalkdosering
- PE : polymeerdosering in mg/l
- M : magnetietdosering in g/l.

De aldus gevonden relatie heeft binnen de onderzochte proefomstandigheden een correlatiecoëfficiënt van 0,72. De coëfficiënten in de relatie geven aan dat de invloed van de verschillende procesparameters op de P-verwijdering afneemt in de volgorde: polymeer - pH - oppervlaktebelasting - magnetiet. De resultaten van de regressie-analyse zijn weergegeven in figuur 7, waarin de waargenomen P_{tot} -gehalten zijn uitgezet tegen de geschatte P_{tot} -gehalten.



Figuur 7. Relatie voorspelde en waargenomen P-verwijdering.

5.1.3 Kwaliteit van het gedefosfateerde water

Bij bedrijf onder optimale instellingen kan een P_{tot} -gehalte van 0,5 - 0,8 mg/l in het effluent worden gehaald (tabel 4). De geringe variatie van de waargenomen P_{tot} -gehalten van het effluent bij de aangepaste basisinstellingen (week 7) laat een betrouwbare techniek zien. Hiermee wordt aan de doelstelling voldaan.

Met magnetietdefosfatering wordt nog een aanzienlijke hoeveelheid van de rest-BZV en -CZV van het te defosfateren verwijderd (tabel 5): het BZV wordt verlaagd tot circa 2 mg/l en het CZV tot circa 50 mg/l. Zonder neutralisatie nemen het bezinkselvolume (tabel 5) en het drogestofgehalte (tabel 4) van het effluent echter aanzienlijk toe. Het hoge drogestofgehalte bestaat voor een deel uit calciumcarbonaat dat tijdens de kalkreactie is gevormd en als gevolg van de hoge pH van het behandelde water is neergeslagen. Om een schatting te maken van de drogestoffractie aan

calciumcarbonaat is door ENVIMAG B.V. éénmalig het drogestofgehalte van een steekmonster van het effluent op dagnummer 28 voor en na neutralisatie met HCl bepaald. Bij een afname van pH 11,61 naar pH 7,0 werd een afname in het drogestofgehalte gevonden van 90 mg/l naar 40 mg/l. Dit zou inhouden dat het zwevende stof van het niet geneutraliseerde effluent voor meer dan 50% uit calciumcarbonaat bestaat. Naar verwachting kan door neutralisatie tot pH \leq 8,3 het drogestofgehalte van het effluent tot aanvaardbare waarden worden teruggebracht.

5.1.4 Hoeveelheid en samenstelling van het kalkfosfaatslib

Uitgaande van de proefresultaten bij optimale bedrijfsvoering (tabel 6) bedraagt de hoeveelheid geproduceerd kalkfosfaatslib bij een kalkdosering van 220 - 250 mg/l circa 240 g per m³ behandeld water. Per gram gedoseerd Ca(OH)₂ wordt derhalve ongeveer 1 gram restprodukt verkregen, hetgeen ook bij magnetische defosfatering is vastgesteld. Voor de ontwerpgrondslagen zal een kalkfosfaatslibproductie van 240 g per m³ behandeld water worden aangehouden.

Het kalk-fosfaatslib komt vrij in een slibstroom met een drogestofgehalte van circa 10 g/l (1%). De berekende hoeveelheid P_{tot}-verwijderd via de slibstroom ligt in dezelfde orde-grootte als de verwijderde hoeveelheid op basis van de metingen van het P_{tot}-gehalte van het te behandelen en het behandelde water.

5.2 Ontwerp van de praktijkinstallatie

5.2.1 De praktijkinstallatie

Een praktijkinstallatie voor magnetietdefosfatering bestaat uit de volgende onderdelen (vergelijk figuur 1):

1. een aanmaak- en doseerinstallatie voor kalkmelk;
2. een kalkreactietank;
3. een aanmaak- en doseerinstallatie voor polymeer;
4. een aanmaak- en doseerinstallatie voor magnetiet;
5. een flocculator;
6. een bezinker;
7. een magnetietterugwininstallatie (MTI);
8. een buffertank voor de opslag van nat kalkfosfaatslib;
9. een installatie voor de neutralisatie van het effluent;
10. een installatie voor de verwerking van het geproduceerde kalkfosfaatslib;
11. een opslagfaciliteit voor het ontwaterde restprodukt.

5.2.2 Uitgangspunten voor het ontwerp

Voor het vaststellen van de ontwerpgrondslagen voor praktijkinstallaties voor magnetietdefosfatering zijn de volgende algemene uitgangspunten van toepassing:

- Aanvoer van te behandelen water
 - i.e.: inwoner-equivalent op basis van heffingsformule volgens het huidige uitvoeringsbesluit C-1 van de WVO
 - DWA-debiet: op basis van 120 l per i.e. per dag gedurende 13,3 uur per etmaal.
 - RWA: 3x DWA
 - gemiddeld debiet: op basis van 230 l per i.e. per dag gedurende 24 uur per etmaal
- Samenstelling van het te behandelen water
 - gemiddeld P-gehalte: 5 mg totaal P/l
 - alkaliteit: 3 mmol HCO_3^- /l
- Chemicaliëndosering
 - kalk: 240 mg Ca(OH)_2 /l (pH 10,5)
 - magnetiet: 1 g/l
 - magnetietverlies: 7 mg/l
 - polymeer: 1 mg/l
 - neutralisatie van effluent: 50 mg CO_2 /l (of equivalente hoeveelheid zuur)
- Restprodukt: 240 mg kalkfosfaatslib per liter behandeld water, steekvast (35% drogestof) na ontwatering

5.2.3 Ontwerpgrondslagen

Op basis van de hiervoor genoemde uitgangspunten en de resultaten van het onderzoek met de semi-technische installatie zijn de volgende ontwerpgrondslagen voor praktijkinstallaties vastgesteld.

1. *Kalkmelkaanmaak en -dosering*

Bij installaties met een capaciteit kleiner dan 50.000 i.e. wordt gebruiksklare gebluste kalk toegepast die rechtstreeks van de leverancier wordt betrokken. De dosering vindt plaats vanuit een kalkmelkopslagtank via een recirculatieleiding. Recirculatie is nodig om bezinking van kalkmelk in leidingen van de kalkmelkopslagtank naar de reactietank tegen te gaan.

Bij grotere installaties (> 50.000 i.e.) wordt de kalkmelk in een eigen aanmaakinstallatie uit ongebluste kalk bereid. Een dergelijke aanmaakinstallatie kent de volgende onderdelen en ontwerpgrondslagen:

- de kalk wordt in bulk als CaO geleverd en opgeslagen in een op-

- slagsilo met een minimale capaciteit voor 14 dagen;
- een aanmaakinstallatie bestaat uit:
 - een doseer-unit voor de ongebluste kalk;
 - een aanmaaktank, waarin een circa 25 %-ige kalkmelksuspensie met leidingwater wordt bereid;
 - een verdunnings- annex opslagtank met roerder, waar de 25 %-ige kalkmelk met leidingwater wordt verdund tot de te doseren 10 %-ige suspensie;
 - een recirculatieleiding met -pomp om verstopping van de doseerleidingen te voorkomen;
- de dosering van de kalkmelk geschiedt met een doseerpomp vanuit de recirculatieleiding.

2. Kalkreactietank

De kalkmelk wordt rechtstreeks in een open kalkreactietank gedoseerd. Voor de kalkreactie met het te behandelen water gelden de volgende ontwerpgrondslagen:

- de verblijftijd van het te behandelen water in de reactietank bedraagt minimaal 3 minuten bij RWA (10 minuten bij DWA);
- per m³ te behandelen water wordt 240 g Ca(OH)₂ als 10%-ige kalkmelksuspensie vanuit de kalkmelkopslag via de recirculatieleiding in de reactietank gedoseerd;
- de kalkreactietank dient geschikt te zijn voor een agressief milieu (pH 11);
- de reactietank wordt volledig gemengd met roerders en is voorzien van een overstort naar de flocculator.

3. Polymeerdosering

Het polymeer wordt na aanmaak in een eigen installatie rechtstreeks aan de flocculator gedoseerd. De aanmaak- en doseerinstallatie kent de volgende onderdelen en ontwerpgrondslagen:

- het aanmaakpolymeer wordt als granulaat aangevoerd en wordt opgeslagen in een droge, verwarmde opslag met een opslagcapaciteit voor minimaal 14 dagen;
- het polymeer wordt als 0,1% - 0,2% oplossing met leidingwater aangemaakt in een aanmaaktank met roerder;
- na aanmaak wordt het polymeer opgeslagen in buffertank;
- dosering van de polymeeroplossing vindt plaats met een doseerpomp vanuit een recirculatieleiding. Verstopping van deze leiding wordt voorkomen door rondpompen van de doseeroplossing met een recirculatiepomp;
- per m³ te behandelen water wordt 1 g polymeer rechtstreeks in de flocculator gedoseerd.

4. *Magnetietdosering*

Het magnetiet wordt vanuit de magnetieterugwininstallatie (MTI) rechtstreeks aan de flocculator gedoseerd. Voor de ontwerpgrondslagen van de doseerinstallatie: zie ontwerpgrondslagen MTI.

5. *Flocculator*

In de flocculator vindt de vlokvorming plaats. De flocculator kent de volgende ontwerpgrondslagen:

- de verblijftijd in de flocculator is minimaal 1 minuut bij RWA (3 minuten bij DWA);
- de flocculator wordt volledig gemengd met behulp van roerders en is voorzien van overstort naar bezinker;
- de flocculator dient geschikt te zijn voor agressief milieu (pH 11) en bestendig tegen slijtage (door de aanwezigheid van magnetiet).

6. *Bezinker*

De daadwerkelijke fosfaatverwijdering vindt plaats in de bezinker, waar het calciumfosfaatslib (met het magnetiet) door gravitatie wordt afgescheiden. De bezinker kent de volgende ontwerpeigenschappen:

- de oppervlaktebelasting is 8 m/h;
- een diepte van minimaal 2 m;
- de bezinker is voorzien van een brug en een slibruimer;
- het constructiemateriaal van de bezinker, brug en ruimer dient geschikt te zijn voor agressief milieu (pH 11);
- het gedefosfateerde water wordt via een overstort afgevoerd naar de neutralisatietank;
- het bezonken slib wordt met een slibpomp vanaf de onderzijde van de bezinker rechtstreeks naar de magnetieterugwininstallatie afgevoerd.

7. *MTI en magnetietdosering*

Het kalkfosfaatslib wordt vanuit de bezinker rechtstreeks naar de MTI verpompt. Hier wordt het magnetiet van de slibvlok gescheiden en voor hergebruik teruggewonnen. De belangrijkste kenmerken van een MTI zijn:

- per 50.000 i.e. is één magnetieterugwininstallatie benodigd;
- een MTI bestaat achtereenvolgens uit:
 - een centrifugaalafscheider om het slib uit de buffertank te pompen en het magnetiet van de vlok te scheiden;
 - een magnetische drumseparator, waarmee het magnetiet uit de slibstroom wordt afgescheiden c.q. teruggewonnen;
 - een magnetietvoorraadvat voor de opslag van het teruggewonnen en nieuw te doseren magnetiet. Aanmaak van de te

- doseren suspensie van 500 g/l geschiedt met leidingwater;
- het restprodukt, een nat kalkfosfaatslib met een drogestofgehalte van circa 1%, wordt opgevangen in een verzamelvat onder de drumseparator en voor verdere verwerking met een afvoerpomp weggepompt naar een buffertank;
 - om een gelijkmatige toediening van magnetiet aan het te behandelen water in de flocculator te waarborgen vindt magnetietdosering plaats met een pomp vanuit een recirculatieleiding. In deze recirculatieleiding wordt de geconcentreerde magnetietdoseeroplossing met een recirculatiepomp rondgepompt om bezinking tegen te gaan;
- per m³ te behandelen water wordt 1 kg magnetiet vanuit de MTI rechtstreeks in flocculator gedoseerd.

8. Buffertank voor kalkfosfaatslib

Het van magnetiet gescheiden restprodukt met een drogestofgehalte van circa 1% wordt vanuit de MTI met een slibpomp weggepompt naar een slibbuffertank met een opslagcapaciteit van minimaal 72 uur.

9. Neutralisatie van het effluent

Het gedefosfateerd water met pH 11 wordt vóór lozing op oppervlaktewater geneutraliseerd tot pH 8. Neutralisatie vindt plaats in een neutralisatietank, waar aan het effluent een neutralisatiemiddel vanuit een voorraadtank wordt gedoseerd. Neutralisatie met CO₂ heeft als voordeel ten opzichte van zoutzuur of zwavelzuur dat het oppervlaktewater niet wordt belast met Cl⁻ of SO₄²⁻-zouten. Voor neutralisatie met CO₂ gelden de volgende ontwerpkenmerken:

- het koolzuur wordt in bulk aangekocht en opgeslagen in een voorraadtank met opslagcapaciteit voor minimaal 14 dagen;
- per m³ effluent dient circa 50 g CO₂ te worden gedoseerd;
- de dosering vindt rechtstreeks vanuit de voorraadtank in een neutralisatietank plaats met behulp van een injector;
- de dosering wordt geregeld op de pH van het effluent;
- de minimale verblijftijd in de neutralisatietank bedraagt 30 seconden.

10. Verwerking van het kalkfosfaatslib

Het natte kalkfosfaatslib wordt vanuit de slibbuffertank met een doseerpomp voor ontwatering naar een decanteercentrifuge geleid. De kenmerkende eigenschappen voor de slibverwerking zijn:

- het drogestofgehalte van het kalkfosfaatslib vóór ontwatering is circa 1%;
- ontwatering vindt plaats met behulp van een droog opgestelde decanteercentrifuge;
- het drogestofgehalte van het na ontwatering verkregen rest-

produkt is circa 35% (steekvast). Het P_{w} -gehalte van het restprodukt bedraagt 6 - 10 mg per gram drogestof;

- het geproduceerde restprodukt wordt met behulp van een transportschroef naar containers afgevoerd;
- de bij de ontwatering vrijkomende vloeistof wordt naar de kalkreactietank teruggeleid.

11. Opslag van het ontwaterd restprodukt

Per m³ behandeld water wordt circa 700 gram waterhoudend restprodukt met een drogestofgehalte van 35% geproduceerd. Dit steekvaste restprodukt wordt in bulk opgeslagen in containers voor afvoer naar afnemers. De containers worden geplaatst onder een afdak.

5.3 Kostenraming

Op basis van de in de vorige paragraaf gegeven ontwerpgrondslagen zijn de exploitatiekosten indicatief berekend voor een praktijkinstallatie voor magnetietdefosfatering op RWZI's met capaciteiten van 50.000 en 100.000 i.e. Alle opgegeven kosten zijn inclusief BTW.

Bij de kostenraming zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

A. *Uitgangspunten voor de berekening van de kapitaalslasten.*

Bij de vaststelling van de totale investeringskosten zijn niet inbegrepen de kosten voor:

- fundering op staal;
- leidingenwerk van en naar de installatie;
- terreininrichting;
- installatie en leges;
- grond.

Voor de vaststelling van de totale investeringskosten zijn over de kale investeringen de volgende opslagpercentages berekend, en wel telkens over de som van de investeringen en de voorafgaande opslagpercentages:

- advieskosten: 15%
- bouwrente: 5%
- onvoorzien: 10%
- winst/risico-verzekering: 2%

Voor de berekening van de kapitaalslasten is uitgegaan van:

- afschrijvingstermijn bouwkundig: 30 jaar
- afschrijvingstermijn elektro-mechanisch: 15 jaar
- rentevoet 8,5 %
- afschrijving op basis van annuïteit.

B. *Uitgangspunten voor de berekening van de variabele lasten.*

De volgende uitgangspunten zijn voor het vaststellen van de variabele lasten gehanteerd:

- onderhoudskosten:
 - civiele werken:
0,5 % over investeringen + opslagkosten.
 - elektro-mechanische werken:
1,5% over investeringen + opslagkosten.
- kosten chemicaliën:
 - kalk (als $\text{Ca}(\text{OH})_2$) f 145,-- per ton
 - magnetiet (als 100% Fe_3O_4) f 400,-- per ton
 - polymeer (Praestol granulaat) f 10,-- per kg
 - CO_2 f 285,-- per ton
- energiekosten:
f 0,16 per kWh.
- personeelskosten:
f 70.000,-- per mensjaar, met
 - 1 mensjaar per jaar voor installaties van 50.000 i.e.;
 - 2 mensjaar per jaar voor installaties van 100.000 i.e.

C. *Uitgangspunten voor de berekening van de exploitatiekosten.*

Bij de berekening van de exploitatiekosten is geen rekening gehouden met een verlaging van de rest-BZV tot 2 mg/l van het gedefosfateerde water.

Verder is er vanuit gegaan dat de afzet van het restprodukt tegen nulkosten nuttig toegepast kan worden. Indien het restprodukt echter gestort of op een andere wijze definitief verwijderd moet worden, dient rekening gehouden te worden met aanzienlijke meerkosten. Zo zullen deze meerkosten bij storten tegen een storttarief van f 125,-- per ton steekvast produkt circa f 7,50 per i.e. bedragen.

In tabel 8 zijn de investeringskosten en de indicatieve exploitatiekosten inclusief BTW voor praktijkinstallaties van 50.000 en 100.000 i.e. gegeven. De exploitatiekosten zijn uitgesplitst naar kapitaalslasten en variabele kosten en uitgedrukt in f per m^3 , f per i.e. en f per kg P_{ox} .

De oppervlaktebelasting heeft slechts een geringe invloed op de aldus berekende exploitatiekosten: bij een toename van de belasting van 8 naar 12 m/h nemen de exploitatiekosten met circa f 0,20 per i.e. af.

In tabel 9 zijn de indicatieve kosten voor magnetietdefosfatering vergeleken met die van andere bestaande defosfateringstechnieken.

Tabel 9 geeft aan dat magnetietdefosfatering goedkoper is dan simultane precipitatie in combinatie met vlokkingfiltratie en, indien het restprodukt tegen nulkosten kan worden afgezet, aanzienlijk goedkoper dan de korrelreactor en magnetische defosfatering.

Tabel 8. Overzicht van de investeringskosten, de kapitaalslasten, variabele kosten en exploitatiekosten voor magnetietdefosfatering bij RWZI-capaciteiten van 50.000 en 100.000 i.e.

PARAMETER		50.000 I.E.	100.000 I.E.
<u>Investeringskosten</u>			
▪ kale investering	(f)	2.829.000	4.150.000
▪ opslagkosten	(f)	904.000	1.326.000
Totale investeringskosten	(f)	3.733.000	5.476.000
<u>Exploitatiekosten</u>			
▪ Kapitaalslasten	(f/jaar)	415.000	605.000
▪ Variabele kosten	(f/jaar)	447.000	818.000
Totale exploitatiekosten	(f/jaar)	862.000	1.423.000
Kosten per m ³	(f/m ³)	0,21	0,17
Kosten per i.e.	(f/i.e.)	17,20	14,20
Kosten per kg P _{tot}	(f/kg)	45,70	37,70

Tabel 9. Exploitatiekosten van huidige defosfateringstechnieken en van magnetietdefosfatering. (Kostengegevens ten opzichte van 1990 met 10% verhoogd en afgerond; Bron: DBW-RIZA, 1990 | 2 |).

DEFOSFATERINGSTECHNIEK	EXPLOITATIEKOSTEN (f per i.e. per jaar)	
	50.000 i.e.	100.000 i.e.
Simultane precipitatie ¹⁾	8,70	8,00
Simultane precipitatie + vlokingsfiltratie ¹⁾	18,80	15,90
Biologische defosfatering + aanvullende simultane precipitatie ¹⁾	11,70	10,50
Biologische defosfatering in slibbypass ²⁾	10,40	9,40
Korrelreactor zonder cascade ^{2,3)}	23,40	20,20
Magnetische defosfatering ^{2,3)}	20,40	18,40
Magnetietdefosfatering		
▪ bij kostenneutrale afzet van restprodukt	17,20	14,20
▪ bij storten van restprodukt ⁴⁾	24,70	21,70

- 1) uitgaande van verbranding van het restprodukt
- 2) restprodukt tegen nulkosten afzetbaar
- 3) op basis van een kalkdosering van 240 mg Ca(OH)₂ per liter (in RIZA-rapport is uitgegaan van een dosering van 120 mg Ca(OH)₂ per liter)
- 4) bij een storttarief van f 125,- per ton produkt.

6 CONCLUSIES

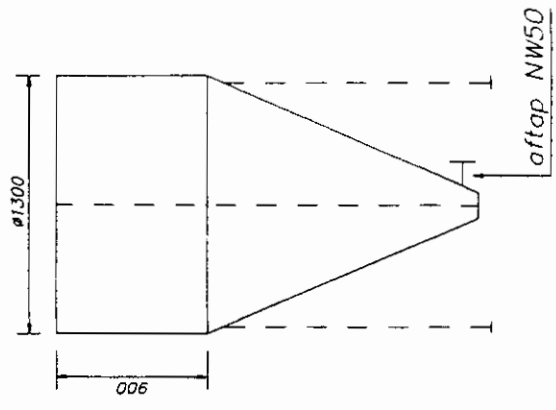
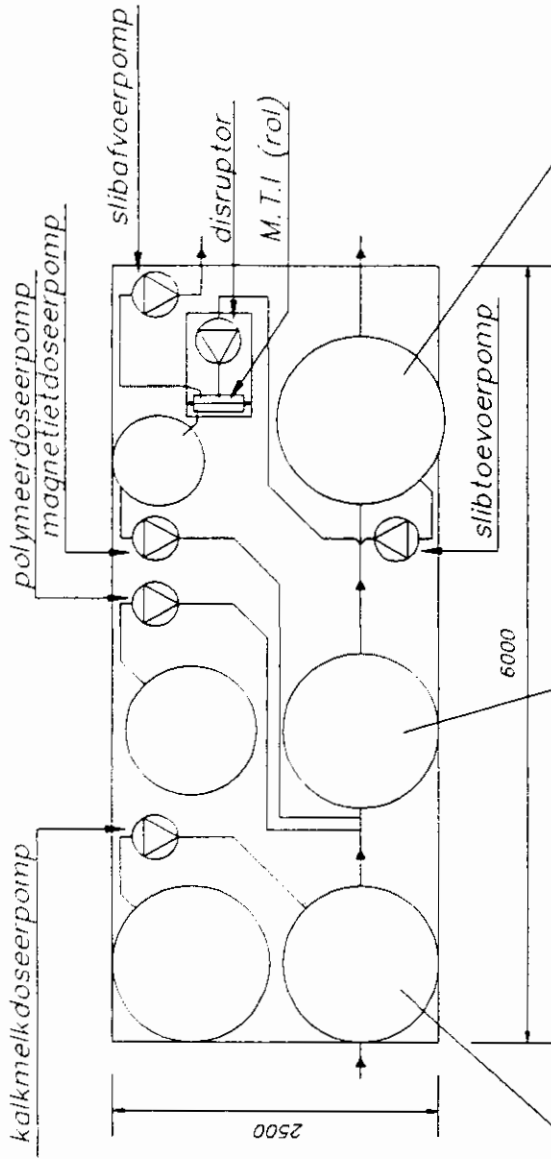
1. Bij een oppervlaktebelasting van 8 m/h kunnen met magnetietdefosfatering in het effluent P_{ox} -gehalten van 0,5 - 0,8 mg/l gehaald worden.
2. Als gevolg van toepassing van kalk neemt het drogestofgehalte in het behandelde water enigszins toe. Met neutralisatie kan aan de lozings-eisen worden voldaan. Met magnetietdefosfatering wordt nog een aanzienlijke hoeveelheid van de rest-BZV en rest-CZV verwijderd. Een BZV van circa 2 mg/l en een CZV van circa 50 mg/l in het effluent kunnen worden gehaald.
3. De geringe variatie van de waargenomen P_{ox} -gehalten van het effluent bij een bedrijfsvoering met aangepaste basisinstellingen (week 7) toont aan dat magnetietdefosfatering een betrouwbare techniek is.
4. Op basis van de uitgevoerde experimenten zijn de ontwerpgrondslagen voor praktijkinstallaties, waar P_{ox} in het effluent ≤ 1 mg/l is, vastgesteld:
 - oppervlaktebelasting bezinker : 8 m/h
 - kalkdosering : tot pH 10,5
 - polymeerdosering : 1 mg/l
 - magnetietdosering : 1 g/l
5. De productie van kalkfosfaatslib is afhankelijk van de kalkdosering. Onder de proefomstandigheden is gemiddeld 240 g drogestof per m³ behandeld water geproduceerd.
6. Verwacht wordt dat vergelijkbare P-verwijderingsrendementen kunnen worden gehaald voor andere typen zuiveringsinrichtingen.
7. De kosten van P-verwijdering met behulp van magnetietdefosfatering bedragen circa f 17,-- per i.e. bij een capaciteit van 50.000 i.e. en circa f 14,-- per i.e. bij installaties van 100.000 i.e., indien het geproduceerde kalkfosfaatslib kostenneutraal kan worden afgezet. De meerkosten voor storten van het restprodukt bedragen circa f 7,50 per i.e.

7 REFERENTIES

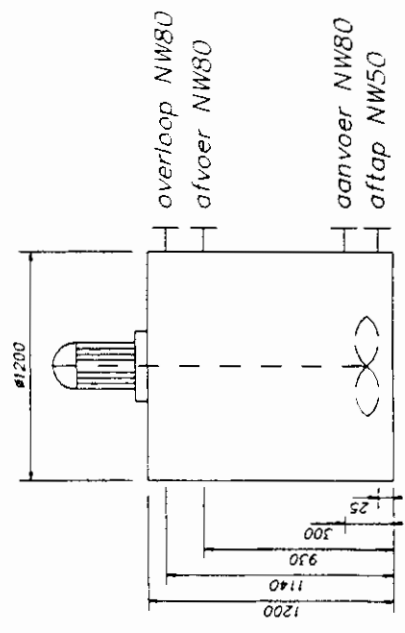
- |1| Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer,
Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
Besluit inzake grenswaarden fosfaat rioolwaterzuiveringsinrichtingen te
lozen afvalwater.
Staatscourant 301, 1990.
- |2| DBW-RIZA
Effect van de vervanging van wasmiddelen-P op de kosten van fosfaatverwij-
dering.
Werkrapport, april 1990

BIJLAGE

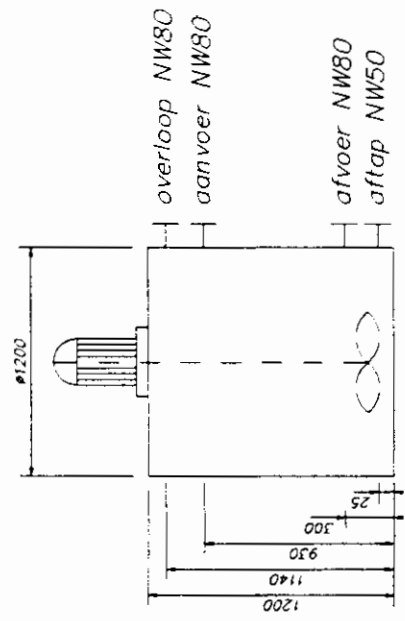
TEKENING PROEFINSTALLATIE



BEZINKTANK



FLOCCULATIEVAT



REACTIEVAT