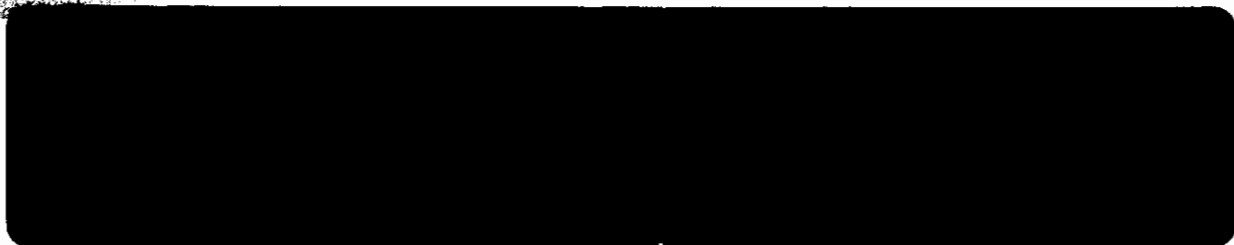


NN31085.91-01W

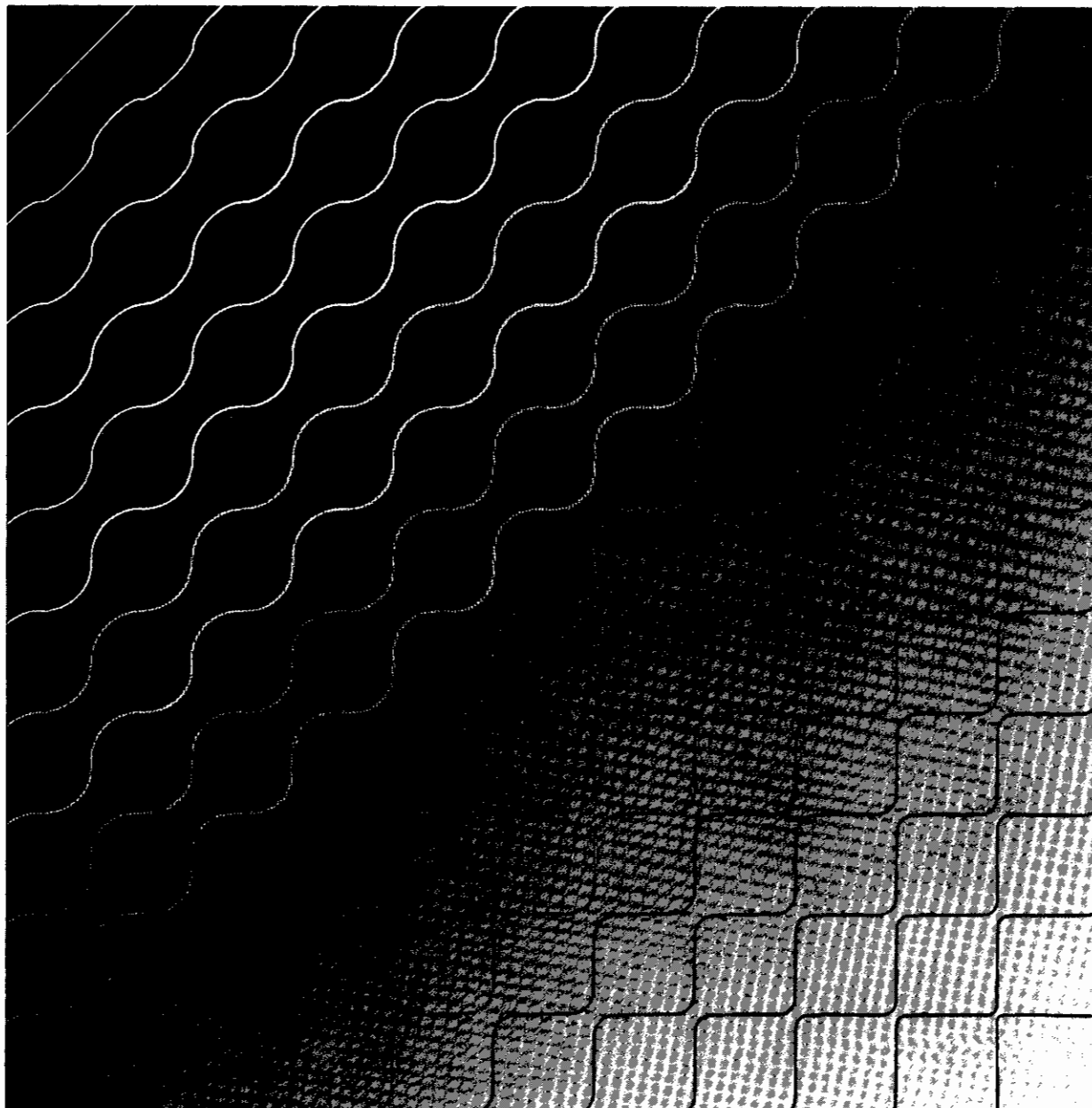
i g e

r lo o l w a t e r -

... .. y s i n r i c h t i n g e n



Rgi-01W



1001017911111
BIBLIOTHEEK "DE HAARF"
Droevendaalsesteeg 3a
6708 PB Wageningen

PILOT - PLANT ONDERZOEK NAAR BIOLOGISCHE N- EN P- VERWIJDERING OP DE RWZI EINDHOVEN

Werkdocument RWZI 2000 91-01W

STOWA
Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 8090
3503 RB Utrecht
tel. 030-321199
fax 030-321766

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



GEMEENSCHAPPELIJKE
TECHNOLOGISCHE DIENST OOST-BRABANT

auteur(s):

ir. J. Kruit
ing. L. J. A. M. Jacobs



0000 0762 6217

Inhoudsopgave	blz.
Voorwoord	
Samenvatting	
1 Inleiding	1
2 Theorie	4
2.1 Licht slib	4
2.1.1 Algemeen	4
2.1.2 Voorkomen/bestrijden van licht slib	4
2.2 Stikstofverwijdering	6
2.2.1 Nitrificatie	6
2.2.2 Denitrificatie	6
2.3 Biologische defosfatering	7
2.3.1 Algemeen	7
2.3.2 Phostrapproces	9
3 Uitvoering	10
3.1 Pilot-plant	10
3.2 Opzet van het onderzoek	11
3.3 Bemonstering en analyses	11
3.4 Aanvullend onderzoek	14
4 Resultaten en discussie	15
4.1 Pilot-plant	15
4.1.1 Fase 1	15
Referentie waterlijn met selector	
4.1.2 Fase 2.1	16
Introductie stripperlijn, geen nitrificatie	
4.1.3 Fase 2.2	17
Stripperlijn, nitrificatie	
4.1.4 Fase 3.1	18
Acetaatdosering in stripperlijn	
4.1.5 Fase 3.2	20
Acetaatdosering vermindering behandelde retourstroom	
4.1.6 Fase 4.1	22
Optimalisering N-verwijdering en kalkbehandeling stripperlijn	
4.1.7 Fase 4.2	23
Integrale lijn met kalkbehandeling	
4.1.8 Fase 5	24
Dwa/rwa aanvoer integrale lijn met kalk of FeCl ₃ -behandeling	
4.1.9 Fase 6	26
Referentie waterlijn, zonder selector, zonder stripperlijn	
4.2 Aanvullend onderzoek	27

5	Evaluatie	29
	5.1 Slibbezinking	29
	5.2 Stikstofverwijdering	31
	5.3 Fosfaatverwijdering	32
	5.4 Extra slibproductie	34
6	Conclusies	35
7	Aanbevelingen	36
	Literatuur	37
	Bijlagen	

VOORWOORD

Door de Gemeenschappelijke Technologische Dienst Oost-Brabant (Waterschappen De Aa, De Dommel en De Maaskant) wordt onderzoek verricht naar de mogelijkheid om vergaande biologische stikstof- en fosfaatverwijdering toe te passen op rwzi Eindhoven (Waterschap De Dommel). In het voorliggende rapport wordt verslag gedaan van het onderzoek op pilot-plant schaal dat in dit kader in 1989 en 1990 op locatie is uitgevoerd. Dit pilot-plant onderzoek is mede gefinancierd uit het onderzoeks budget van het project RWZI 2000 van RIZA en STORA.

Uitgangspunt voor het pilot-plant onderzoek is een proces met biologische nitrificatie, denitrificatie (in een anaërobe zone van de aëratie-tank) en biologische defosfatering in de sliblijn. Hierbij wordt het fosfaat van het actief slib afgescheiden in een stripper-tank. Het gestripte slib wordt in een bezinktank afgescheiden en het supernatant wordt vervolgens in een aparte tank chemisch gedefosfateerd. Er is vóór de aëratie-tank een selector tank geplaatst met als doel de bezinkeigenschappen van het actief slib te verbeteren.

Uit het pilot-plant onderzoek zijn voorlopige dimensionerings grondslagen afgeleid voor de aanpassing van rwzi Eindhoven. Het is mogelijk gebleken een stabiele slibvolume-index te bewerkstelligen, alsmede een goede nitrificatie en denitrificatie bij een slibbelasting van 0,25 à 0,30 kg CZV/kg d.s. d (volumeverblijftijd 7,5 uur), een anaërobe ruimte van 25 à 30 % en een slibrecirculatie-factor van 2. N-totaalgehalten van < 10 mg/l in het effluent zijn hierbij haalbaar gebleken. Door behandeling van 12,5 % van de slibretourstroom in de sliblijn zijn P-totaal gehalten < 1 mg P/l haalbaar. Er wordt dan 35 % van de aangevoerde fosfaat vracht verwijderd. De verblijftijd in de strippertank kan worden gereduceerd tot minimaal 5 uur bij een acetaat dosering van circa 30 mg acetaat/g d.s. De extra slibproductie als gevolg van de fosfaatbehandeling bedraagt met kalk 12,5 % en met FeCl_3 7,5 %.

Het onderzoek wordt door de Gemeenschappelijke Technologische Dienst voortgezet op een gedeelte van de rioolwaterzuiveringsinstallatie. Op grond van dit vervolgonderzoek zal worden besloten op welke wijze de rwzi zal worden aangepast.

Begeleiding van het hier gerapporteerde onderzoek heeft plaatsgevonden samen met andere projecten op dit terrein uit het project RWZI 2000 en het STORA-programma PNs 1992.

Lelystad, 1 mei 1990

ir. W. van Starckenburg
(projectleider RWZI 2000).

Samenvatting

Van maart 1989 tot augustus 1990 is een onderzoek met behulp van een pilot-plant uitgevoerd naar de mogelijkheden van vergaande N- en P-eliminatie op de rioolwaterzuiveringsinrichting Eindhoven (conventionele 1-traps).

Belangrijk nevenaspect is het voorkomen van licht slib. Uitgangspunten zijn biologische stikstofverwijdering met behulp van het nitrificatie-/denitrificatieproces, biologische fosfaatverwijdering met behulp van het Phostripproces met chemicaliëndosering, het voorkomen van licht slib met behulp van een selector en compartimentering in de aëratietank.

Uit de resultaten blijkt, dat met behulp van een gecompartmenteerde aërobe selector, met een vlokbelading van 100 - 150 mg/g en compartimentering in de aëratietank een stabiele slibvolume-index van 110 - 150 ml/g wordt bewerkstelligd.

Een N-totaal- en een P-totaalgehalte in het effluent van respectievelijk < 10 mg/l en < 1 mg/l kan worden bereikt bij de volgende procescondities:

- slibbelasting van 0,25 - 0,3 kg CZV/kg d.s. d (CZV/BZV = 2 - 2,4)
- 25 - 30 % anaërobe ruimte in aëratietank
- extra slibwaterrecirculatiefactor van $\left[\frac{Q_{\text{extra}}}{Q_{\text{infl.}}} = \frac{Q_{\text{rs}}}{Q_{\text{infl.}}} \right] = 1$
- 12,5 % slibretourstroom behandeling in Phostripproces
- dosering van circa 30 mg acetaat/g d.s. in de stripperlijn
- gescheiden stripper- en indikkertank in de stripperlijn
- hydraulische verblijftijd stripper 5 - 7 h
- hydraulische verblijftijd indikker 4 - 5 h
- behandeling fosfaatrijke stroom met kalkmelk of FeCl_3 met een rendement van circa 90 %.

Rwa/dwa-condities (R = 2 op rwzi Eindhoven) hebben geen negatieve effecten op bovenstaande effluentgehaltenes. De extra slibproductie ten opzichte van de totale slibproductie bedraagt op gewichtsbasis voor dosering met kalkmelk 12,5 % en met FeCl_3 7,5 %.

Het N-totaal- en P-totaalrendement van de pilot-plant bedragen bij genoemde procescondities, respectievelijk 75 en 90 %.

Op basis van de resultaten van dit onderzoek kan geconcludeerd worden dat op de rwzi Eindhoven met een huidige slibbelasting van circa 0,4 kg CZV/kg d.s. d. de aëratieruimte ten behoeve van een stabiele stikstofverwijdering met circa 50 % moet worden uitgebreid. Het Phostripproces zal een totaal volume van circa 7.000 m³ vergen.

1 Inleiding

Om de kwaliteit van het oppervlaktewater te verbeteren en de Noordzee te beschermen moeten in de komende jaren onder andere vrijwel alle rioolwaterzuiveringsinrichtingen (rwzi's) drastisch aangepast of uitgebreid worden. De aandacht zal hierbij voornamelijk liggen op een vergaande stikstof(N)- en fosfaat(P)-eliminatie en een verbetering van de bezinkingseigenschappen van het actief slib; dit laatste ter voorkoming van een te hoog zwevende-stofgehalte in het effluent.

In het kader van het Rijn Actie Programma (RAP) en het Noordzee Actie Programma (NAP) zal vanaf 1995 elk beheersgebied een P-eliminatie van 75 % of meer moeten hebben gerealiseerd. Rwzi's groter dan 100.000 i.e.'s worden verplicht een P-effluentconcentratie te creëren van 1 mg/l of lager.

Het beleid ten aanzien van de N-eliminatie wordt in Nederland op dezelfde leest geschoeid als het fosfaatbeleid.

De CUWVO/WAD II-commissie heeft in juli 1990 haar eindrapportage aangeboden aan de minister van Verkeer en Waterstaat. Hierin wordt op grond van de technische haalbaarheid een gefaseerde aanscherping van de N-eliminatie 75 % per beheersgebied, per 1998, voorgesteld. Dit zal betekenen, dat grote rwzi's zoals Eindhoven een jaargemiddelde effluentconcentratie van $10 \text{ mg N}_{\text{tot}}/\text{l}$ moeten behalen. Ook in verband met het eventueel toekennen van een ecologische waarde aan de rivier de Dommel, zal het in de toekomst noodzakelijk zijn rwzi Eindhoven aan bovenstaande effluenteisen aan te passen.

Er is bij het waterschap De Dommel voor nader onderzoek naar de mogelijkheden van N- en P-eliminatie gekozen voor rwzi Eindhoven, omdat het effluent van deze zuivering bijdraagt tot respectievelijk 60 % en 50 % van de P- en N-vracht van het waterschap De Dommel. Alvorens met het praktijkonderzoek van start te gaan is een keuze gemaakt tussen het toepassen van chemische en biologische defosfatering. De belangrijkste voor- en nadelen zijn weergegeven in tabel 2.

Tabel 2
Vergelijking chemische- en biologische defosfatering

chemisch	biologisch
erkende techniek	pilot-plant Nederland
inpasbaar	nieuwbouw: planologie
invloed waterlijn	niet
zoutbelasting	nauwelijks
20-30 % extra slib	10 - 20 %
lage kapitaalslasten	hoge
hoge exploitatie	lage

Vooraf de lage zoutbelasting en de geringere extra slibproduktie pleiten voor de biologische desfosfatering.

N-eliminatie moet volledig biologisch plaatsvinden. Dit betekent in de praktijk meestal vergroting van de aëratieruimte (uitgezonderd oxidatiesloten) en extra slibwaterrecirculatievoorzieningen.

Een eerste voorwaarde voor een stabiele N- en P-eliminatie is, dat de bezink-eigenschappen van het slib goed moeten zijn. Dit kan door introductie van contactzones (selectors) en compartimentering worden verwezenlijkt.

In figuur 1 wordt het zuiveringsproces van de rwzi Eindhoven schematisch weergegeven.

Het zuiveringsproces bestaat uit twee zandvangsers (ZV), drie voorbezinktanks (VBT; 3*8500 m³), beluchtingseenheden: sectie 1, sectie 2a, sectie 2b en sectie 3 en 15 nabezinktanks.

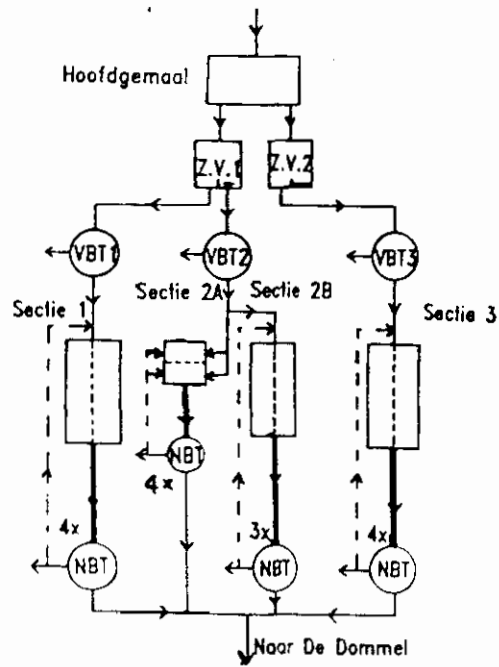
Sectie 1 en 3 bestaan elk uit twee rechthoekige beluchtingsruimten (elke sectie: 2*4.500 m³). Sectie 2b is wat betreft de configuratie gelijk aan sectie 1 en 3, het volume is 2*2.880 m³. Sectie 1 en 2b hebben puntbeluchting, sectie 3 puntbeluchting en fijnblazige bellenbeluchting. Sectie 2a (totaal 2.760 m³) is voorzien van Inka-beluchting en Brandolbeluchting.

De verdeling van het afvalwater is als volgt:

sectie 1	33 %	
sectie 2a	8 %, waarvan Inka:	3 %
		Brandol: 5 %
sectie 2b	25%	
sectie 3	33 %	

De zuiveringsresultaten en enkele technologische kengetallen van 1990 zijn opgenomen in bijlage 1

Figuur 1
Schematische weergave rwzi Eindhoven



———— waterlijn
 - - - - - slijblijn

2 Theorie

2.1 Licht slib

2.1.1 Algemeen

Licht slib is een verschijnsel dat vaak voorkomt in aërobe zuiveringsprocessen. Er treedt dan een langzame bezinking van actief slib op. Men spreekt van licht slib indien de slibvolume-index (SVI), de arbitraire waarde van 150 ml/g droge stof (d.s.) overschrijdt.

Bij hoge SVI treedt een slechte scheiding op tussen effluent en actief slib, waardoor er slib met het effluent vooral tijdens rwa-condities kan uitspoelen. Dit laatste kan negatieve gevolgen voor het ontvangend oppervlaktewater veroorzaken. De belangrijkste veroorzakers voor het ontstaan van licht slib zijn diverse groepen draadvormende bacteriën. Zij vergroten het volume van de slibvlok, doordat ze uit de vlok steken of in de vloeistoffase tussen de vlokken aanwezig zijn, zodat conglomeratievorming mogelijk is.

Verschillende oorzaken voor het ontstaan van licht slib zijn in de afgelopen jaren naar voren gebracht, onder andere influentkwaliteit, overbelasting, onderbelasting, hoge- /lage O_2 -concentraties, slibbelasting en temperatuur. Ook blijkt dat het voedingspatroon van een rwzi een bepalende invloed kan hebben op het ontstaan van licht slib.

2.1.2 Voorkomen/bestrijden van licht slib

Draadvormende bacteriën kunnen op diverse manieren worden bestreden. De filosofie van de GTD is erop gericht om structurele oplossingen te vinden. Deze vereisen omstandigheden waarbij het grootste gedeelte van het beschikbare substraat (CZV) in het influent (circa 70 %) wordt opgenomen door vlokvormende bacteriën. Dit kan in de praktijk gerealiseerd worden door het influent met het retourslib, in een bepaalde verhouding, in een fysisch gescheiden ruimte, selector, te mengen. Afhankelijk van de effectiviteit zal de vereiste contacttijd variëren van 5 tot 90 minuten. Introductie van propstroming in de selector kan bijdragen tot een verhoging van de stabiliteit. De verhouding influent/retourslib wordt de vlokbelading genoemd. Deze moet meestal in het traject van 50-150 mg CZV/g d.s. liggen om een goede stabiele SVI te creëren. Het substraat adsorbeert aan de slibvlok. Hier is nog geen

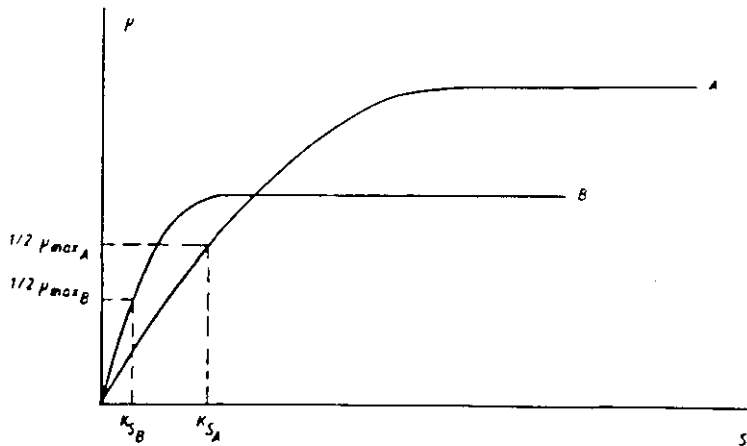
sprake van voedselopname, maar van een fysisch-biochemisch proces waarbij voedingsstoffen zich vasthechten aan de celwanden van de bacteriën en/of als reservestof opgeslagen worden in de cel. Het slibwatermengsel wordt vervolgens in de eigenlijke beluchtingsruimte gebracht waar oxidatie plaatsvindt.

Bij deze procesvoering worden bacteriën periodiek geconfronteerd met een hoog substraatniveau, gevolgd door een periode zonder nieuw voedsel. Een extra voorwaarde is wel dat het actief slib voldoende gerege-nerend is om een maximale hoeveelheid substraat in de selector op te nemen.

De groeikinetiek van draadvormers en vlokformers is afgebeeld in figuur 2. Met behulp van de klassieke Monodvergelijking en de figuur kan verklaard worden waarom vlokformers bij een hoge substraatconcentratie, dus in de selector, sneller groeien dan draadvormers. Dit leidt tot een selectie van vlokvormende bacteriën.

Figuur 2

Competitiemodel ter verklaring van de dominantie van draadvormende organismen bij lage voedselconcentraties (5)



a: vlokvormend organisme

b: draadvormend organisme

Waarin μ	= $\mu_{\max} S / (K_s + S)$
μ	= werkelijke groeisnelheid
μ_{\max}	= maximale groeisnelheid
S	= concentratie groeibeperkende substraat
K_s	= substraataffiniteit (half-waarde concentratie)

Draadvormers bezitten een lagere K_s -waarde (= hogere substraataffiniteit) dan vlokvormers.

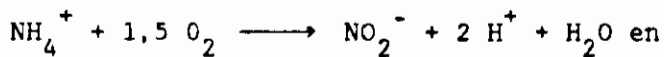
2.2 Stikstofverwijdering

2.2.1 Nitrificatie

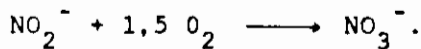
De biologische verwijdering van stikstofverbindingen gaat via de volgende stappen: ammonificatie, nitrificatie en denitrificatie.

Bij de ammonificatie wordt organisch gebonden stikstof omgezet in de ammoniumvorm door bacteriën. De ammoniumverbindingen worden bij de nitrificatie omgezet in nitriet respectievelijk nitraat. Alleen de volgende bacteriegroepen spelen een rol:

Nitrosomonas bij de oxidatie van ammonium tot nitriet:



Nitrobacter bij de oxidatie van nitriet tot nitraat:



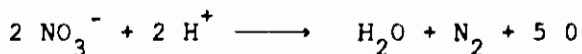
Hoewel nitrificeerders obligaat aëroob zijn, kunnen zij lange tijd anaërobe periodes overleven zonder dat de activiteit achteruitgaat.

Aangezien nitrificeerders langzame groeiers zijn mag de slibbelasting maximaal 0,2 kg BZV/kg d.s. d zijn (bij 20 °C). Andere factoren die de nitrificatie beïnvloeden, zijn onder andere O_2 -gehalte en de aanwezigheid van toxische componenten.

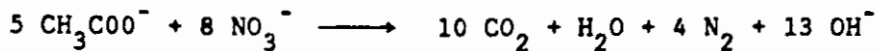
2.2 Denitrificatie

Bij de denitrificatie worden nitraat en nitriet in een anoxische milieu omgezet in stikstofgas, dat uit de waterfase ontwijkt. Een groot aantal soorten heterotrofe facultatieve anaërobe bacteriën zijn hier toe in staat.

Bij deze organismen neemt nitraat of nitriet in zuurstofarme milieu's de taak van zuurstof als electronenacceptor over. Het denitrificatie proces kan worden weergegeven door de volgende reactievergelijking.



Voor acetaat als koolstofbron luidt de reactie:



Men dient zich te realiseren dat voor het doen verlopen van de denitrificatie en groei van de bacteriën een C-bron noodzakelijk is

(BZV/N ~ 3 à 4).

2.3 Biologische defosfatering

2.3.1 Algemeen

Het principe van biologische defosfatering in een actief-slibstelsel berust op het feit, dat diverse bacteriën (onder andere Acinetobacter) meer fosfaat kunnen opnemen dan voor hun groei noodzakelijk is. Dit proces wordt "luxury uptake" genoemd. Een continue afwisseling van aërobe en anaërobe condities is hierbij noodzakelijk. In de aërobe fase wordt fosfaat opgenomen, in de anaërobe fase fosfaat afgestaan. Door de bovengenoemde omstandigheden kan een extra netto fosfaatopname worden bereikt ten opzichte van het conventionele zuiveringsproces. De anaërobe periode heeft een tweetal functies, ten eerste het scheppen van een gunstig milieu voor de vorming van lagere vetzuren en ten tweede de groei van de andere aërobe bacteriën af te remmen. Defosfaterende bacteriën prefereren als substraat lagere vetzuren. Deze verbindingen worden in de anaërobe zone door de facultatief anaërobe bacteriën uit hoog-moleculaire verbindingen geproduceerd. Bij onvoldoende lagere vetzuren kan dosering ervan in de vorm van supernatant van primair slib of acetaat het biologisch defosfateringsproces enorm stimuleren.

Een van de modellen met betrekking tot de luxury uptake van fosfaat, die in brede kring is geaccepteerd, is het model van onder andere Arvin (2). Dit gaat uit van de volgende hypothese:

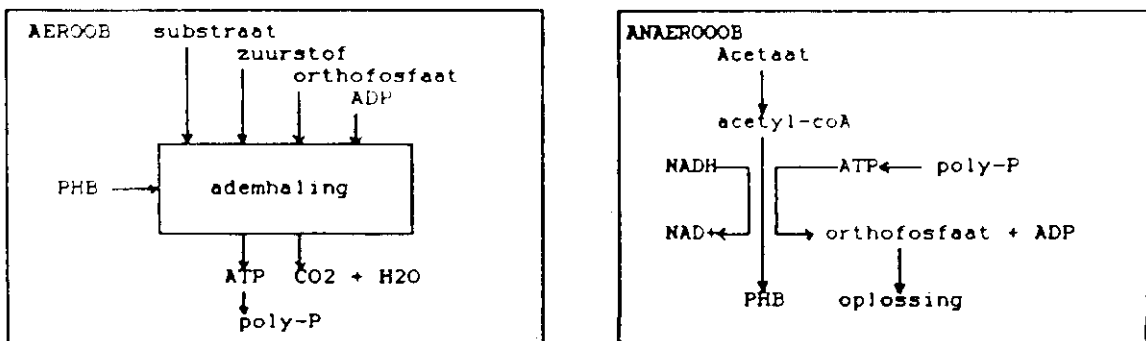
Onder aërobe omstandigheden vindt normale ademhaling plaats (figuur 3). Substraat en dan vooral lagere vetzuren worden met zuurstof geoxideerd. De hierbij vrijgekomen energie wordt vastgelegd in de vorm van ATP. Hierbij vindt opname van orthofosfaat plaats uit de oplossing. Ook de reservestof polyhydroxyboterzuur (PHB) wordt omgezet in energie ten behoeve van de groei. Hierbij kan met behulp van fosfaat grote hoeveelheden ATP worden gevormd. Een normale verbranding van substraat levert ca. 3-4 ATP. Met de omzetting van PHB erbij stijgt dit naar 11 ATP, dus energetisch erg gunstig. Daarbij wordt extra fosfaat opgeno-

men. Strikt aërobe bacterien kunnen onder anaërobe omstandigheden niet assimileren. Wel zijn ze in staat om met behulp van lagere vetzuren de reservestof PHB op te bouwen om zulke perioden te overleven. De opbouw van deze stof kost energie. Hierbij wordt ATP omgezet in ADP onder afsplitsing van fosfaat, wat in de oplossing gaat. Komt de bacterie weer in een aëroob milieu dan kan deze meteen energie halen uit z'n reservestof en hoeft zich niet eerst te adapteren aan de nieuwe situatie.

Aanwezigheid van nitraat in de anaërobe zone kan de fosfaatrelease storen, met als gevolg dat biologische fosfaatverwijdering negatief wordt beïnvloed. De verklaring is, dat bij aanwezigheid van nitraat de redoxpotentiaal niet laag genoeg is, waardoor de vorming van lagere vetzuren wordt tegengegaan (16). Ook kunnen bacteriën, die in staat zijn tot denitrificeren, door het gebruik van substraat (ook lagere vetzuren) de fosfaatrelease remmen, waardoor de concurrentiepositie van defosfaterende bacteriën nadelig wordt beïnvloed.

Figuur 3

Model aërobe en anaërobe stofwisseling bij luxury uptake van fosfaat.

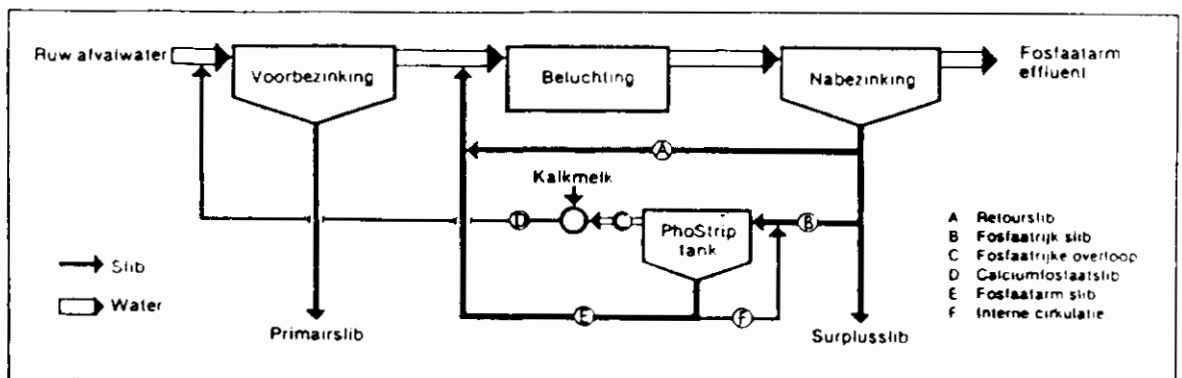


2.3.2 Phostriproces

Er zijn de afgelopen jaren diverse processen ontwikkeld, die gebaseerd zijn op de biologische verwijdering van fosfaat. Deze processen zijn onder andere het Bardenphopproces (3), het A/O-proces (12) en het Phostrip-proces (14). Elk proces heeft zo zijn eigen varianten. Voor rwzi Eindhoven komt het Phostriproces, zie figuur 4, het meest in aanmerking. Bij het Phostriproces is de aërobe zone in de waterlijn en de anaërobe zone in de sliblijn. Een gedeelte van het retourslib wordt over de stripperlijn geleid. In de aëratietank kan het slib fosfaat opnemen. Het retourslib laat fosfaat los in de strippertank. In de indikker wordt het fosfaatrijke water gescheiden van het fosfaatarme slib, dit wordt teruggevoerd naar het eerste aërobe compartiment van de aëratietank. Het Phostriproces is niet voor 100 % een biologisch proces, omdat de geconcentreerde fosfaatstroom met chemicaliën zoals $\text{Ca}(\text{OH})_2$ of FeCl_3 wordt neergeslagen of met behulp van recente ontwikkelingen, zoals de korrelreactor of magnetische defosfatering wordt behandeld.

Naar gelang de afzetmogelijkheden van het chemisch slib kan het apart of via de voorbezinktank worden verwerkt.

Figuur 4
Het Phostriproces



3 Uitvoering

3.1 Pilot-plant

De waterlijn van de pilot-plant bestaat uit een voorbezinktank ($V = 440$ l), een beluchtingstank ($V = 1.500$ l), een nabezinktank met slibruimer ($V = 700$ l) en de nodige pompen en roerders. Beluchting geschiedt door middel van fijnblazige bellenbeluchting.

Als selector is een rechthoekig vat met 4 tot 6 compartimenten gebruikt, waarin het slibmengsel door bellenbeluchting in suspensie wordt gehouden. De streefwaarde van het droge-stofgehalte is 4 g/l. De zuurstofconcentratie in een van de compartimenten van de aëratietank is met behulp van een zuurstofregelaar, gekoppeld aan een zuurstofelectrode en een (lucht)magneetklep, geregeld tussen 10 en 20 %. De andere aërobe compartimenten worden continu belucht.

De influentpomp draait continu met een vast debiet (aanvoer rwzi is ook vrijwel continu 20 h/24 h).

Tijdens de periode met regenweerdebiet (rwa) is een tweede influentpomp met een vast debiet gekoppeld aan de influent-pompen van de rwzi, zodanig dat een verdubbeling van het influent is verkregen. Om slibuitspoeling uit de nabezinktank te voorkomen is tevens gebruik gemaakt van een extra retourslibpomp, die geschakeld is aan de rwa-pomp.

De Phostriplijn bestaat uit een strippertank met roerder en een indiktank, waarin het gestripte slib gescheiden wordt van het fosfaatrijke effluent.

De fosfaten worden met behulp van $\text{Ca}(\text{OH})_2$ of FeCl_3 neergeslagen in een precipitatievatje met roerder, met een verblijftijd van 1 minuut. Het neerslag kan bezinken in een indiktank of in de voorbezinktank samen met het primair slib (integrale lijn).

Het slib, waarmee de pilot-plant is opgestart, is afkomstig van sectie 3 van de rwzi. De pilot-plant is gevoed met afvalwater uit de zandvanger. De samenstelling van het afvalwater, na de voorbezinktank van de pilot-plant, is weergegeven in tabel 3.

In de winterperiode is de pilot-plant overdekt met een boogtent.

Tabel 3
Sanenstelling van het voorbezonken afvalwater

Parameters	Fasen									
	1	2.1	2.2	3.1	3.2	4.1	4.2	5	6	
CVV (mg/l)	315	290	230	245	270	330	395	360	335	
N-Kj (mg/l)	38	37	29	30	35	37	44	39	37	
P-totaal (mg/l)	7,7	6,2	5,5	6,1	7,2	7,0	9,6	8,1	7,1	
z.s. (mg/l)	120	60	70	70	50	120	110	100	80	
pH (-)	7,5	7,9	7,7	7,7	7,6	7,9	7,9	7,8	7,8	
NH ₄ -N (mg/l)			25	(0,65 N-Kj)						
PO ₄ -P			4-6	(0,65 P-totaal)						
blijvende (*D)			11							
hardheid										
Ca (mg/l)			70							
Mg (mg/l)			8							
m-getal (mmol/l)			5-8							
K (mg/l)			25							
Mn (mg/l)			0,2							
Fe (mg/l)			2							
Al (mg/l)			1							
Vl. vetz. (mg/l)			40							

3.2 Opzet van het onderzoek

Het onderzoeksprogramma met de procescondities en processchema's zijn per fase weergegeven in tabel 4. De fases 2, 3 en 4 zijn gesplitst in subfasen met onderling verschillende condities. Het onderzoek is opgestart in week 9 van 1989 en gestopt in week 30 van 1990. De duur van elke fase in weken, is vermeld bij de resultaten in de figuren 5 t/m 10.

3.3 Bemonstering en analyses

Elke dag is een steekmonster van het slibwatermengsel uit compartiment 4 van de AT genomen. Hiervan is 2 x per week de SVI en droge-stofgehalte bepaald. De droge stof is dagelijks met een droge-stofmeter gecontroleerd. Een keer per week zijn steekmonsters actief-, retour- en gestript slib op het P-gehalte onderzocht. Slib van de pilot-plant is wekelijks met het slib van de rwzi vergeleken op basis van het microscopisch onderzoek volgens de methode Eikelboom.

Van de afloop VBT, effluent en afloop stripperlijn is elke week een 24-uurs-monster genomen; afloop VBT is met een Buhlerapparaat om het kwartier bemonsterd en de beide effluenten met continu draaiende slan-

Tabel 4
Onderzoeksprogramma met proefcondities

Fase	Flowschema	Verblijftijd		
		Selector (min) ($[O_2]$)	Aeratie tank aerob (h)	anaerob (h)
1. Referentie waterlijn met selector		21 0,5-1,5	2,7	0,9
2.1. Introductie stripperlijn geen nitrificatie		24 0,5-1,5	3,3	1,1
2.2. Stripperlijn wel nitrificatie		23 0,5-1,5	3,1 -> 2,1	1,0 -> 0,5
3.1. Acetaatdosering in stripperlijn		22 0,5-1,5	2,0	2,0
3.2. Acetaatdosering in stripperlijn vermindering behandelde retourstroom		24 0-0,5	4,0	0
4.1. Optimalisering N-verwijdering en kalkbehandeling stripperlijn		22 0,5-5	5,6	1,9
4.2. Integrale lijn met kalkbehandeling		43 0-0,5	5,6	1,9
5. Dwa/rwa-samvoer integrale lijn met kalk of $FeCl_3$ -behandeling		42 0,5-5	5,6	1,9
6. Referentie waterlijn zonder selector, zonder stripperlijn		- 0,24 kg O_2 /kg z.s. d.	5,6	1,9

stripper tank (h)	indik-tank (h)	Perc. rs naar stripp. (%)	Perc. effl. 2 t.o.v. (%)	Doseringen			Slibbelasting AT		Vlokbelading in selector (mg CEV/g z.s.)
				acetaat (mg Ac/ g z.s.)	kalk (g Ca/ g P)	Ferri (Fe/ g P)	zonder Ac (kg CEV/kg z.s. d.)	met Ac	
-	-	-	-	-	-	-	0,52	-	125
18 -> 14	11	23	15	-	-	-	0,35	-	95
8	11	21	14	-	-	-	0,27	-	75
8 6,5 zie ook	11 11 4,5 4.1.4.	22	13	32	-	-	0,36	0,45	90
5	4	13	7	39	-	-	0,46	0,52	135
7	7	14	8	19	8,8	-	0,22	0,24	110
7	8	13	5	36	3,9	-	0,28	0,31	130
7	8	11	8	38	2,2	2,5	0,28	0,31	115

Verklaring afkortingen:

A = Voorbezinktank

B = Selector

C = Aeratietank

D = Nabezinktank

E = Strippertank(s)

F = Indiktank

G = Acetaatvat

H = kalk/ferrivat

I = Precipitatievatje

J = Calciumfosfaatindikker

- Getallen flowschema

hebben betrekking op
debieten in l/h- Temp. vermeld bij
grafieken

genpompjes. De analyses zijn volgens de NEN-voorschriften uitgevoerd. Een overzicht van de verrichte analyses is gegeven in tabel 5. De temperatuur van het water in de AT en de O_2 -concentratie in het tweede of vierde compartiment zijn continu gemeten en geregistreerd met een recorder.

Tabel 5
Analyses

analyse	influent	effluent	afloop stripperlijn	slib AT, RT en gestript
CZV	x	x	x	
NKj	x	x	x	
NH ₄	i	i	i	
NO ₃		x	i	
Pt ³	x	x	x	x
P-o	i	i	i	x
z.s.	x	x	x	x
pH	x	x	x	i
gloeirest				x

x = wekelijks
i = incidenteel

3.4 Aanvullend onderzoek

Naast het onderzoek met de pilot-plant zijn ondersteunende batch-experimenten uitgevoerd met betrekking tot de invloed van het toevoegen van acetaat danwel centrifugaat van primair slib en/of nitraat op de P-release in de stripperlijn. Bij een hoeveelheid retourslib in een batchpot zijn eenmalig bovengenoemde stoffen in bepaalde doseringen toegevoegd. Gedurende 7 à 8 h is elk uur een monster genomen en gefiltreerd. Het filtraat is geanalyseerd op het ortho-P-gehalte.

4 Resultaten en discussie

4.1 Pilot-plant

De belangrijkste resultaten van het onderzoek zijn weergegeven in de figuren 5 t/m 10. De eerste grafiek laat het verloop van de SVI zien. De laatste twee grafieken van elke fase geven de effluentconcentraties van de belangrijkste parameters weer. Ter oriëntering zijn de essentiële procescondities per fase vermeld, waarbij meerdere getallen per parameter duiden op de verschillende subfasen.

Ter volledigheid wordt vermeld dat het CZV-rendement bij alle proefcondities 85-90 % bedroeg. Het zwevende-stofgehalte van het effluent is gemiddeld 5 mg/l (range 2 - 18 mg/l).

In bijlage 2 zijn de fosfaatgehalten van het actief slib, gestripte slib en de gloeirest weergegeven.

4.1.1 Fase 1

Referentie waterlijn met selector

Slibbezinking

De volume-index van het actief slib is circa 140 ml/g, waarbij als dominante draadvormers *M. Parvicella* in de categorie 2/3 is waargenomen.

Stikstof

Gedurende deze fase heeft geen nitrificatie plaatsgevonden, vanwege de hoge slibbelasting van 0,52 kg CZV/kg d.s. d.

Deze hoge slibbelasting is een direct gevolg van de toegenomen inkomende vuillast en van de aanpassing van de procesvoering van de rwzi, waardoor in 1989 een 15 % hogere totale belasting en een 45 % hogere CZV van het voorbezonden afvalwater is verkregen ten opzichte van 1988. Er is getracht nitrificatie te bereiken door de influentstroom te verlagen van aanvankelijk 440 naar uiteindelijk 350 l/h; dit is echter niet gelukt.

Ook de vrij lage temperatuur van 13 - 17 °C en de waarschijnlijk te korte beluchtingstijd hebben hun negatieve invloed op de nitrificatie.

Fosfaat

Het fosfaatverwijderingsrendement over de AT bedraagt 64 %, hetgeen vrij hoog is vergeleken met de rwzi, waar het rendement 30 - 50 % is. Een onbeluchte compartiment in de aëratietank blijkt de biologische fosfaatverwijdering te stimuleren. Dit resulteert in P-totaal-gehalten in effluent van 2 tot 4 mg/l. Dit fosfaat bestaat voor circa 85 % uit ortho-fosfaat.

4.1.2 Fase 2.1

Introductie stripperlijn, geen nitrificatie

Slibbezinking

Tijdens deze fase is de slibindex gedaald van 150 naar 130 ml/g. De categorie draadvormers is nog steeds 2/3 met als dominante draadvormers *M. Parvicella*. Evenmin als in fase 1, is de fosfaatbacterie *Acinetobacter* niet gesignaleerd.

Stikstof

Ondanks de lagere slibbelasting (0,35 kg CZV/kg d.s. d), en de hogere temperatuur van ongeveer 18 °C, is de nitrificatie nog niet op gang gekomen. Blijkbaar is de slibleeftijd en beluchtingstijd nog te kort.

Fosfaat

Reeds vanaf het begin van introductie van de stripperlijn is het fosfaatgehalte in het effluent van de waterlijn (effluent 1) drastisch gedaald tot gemiddeld 0,4 mg/l. Dit bestaat voornamelijk uit di- en tri-fosfaten en eventueel uit organisch P: het aandeel ortho-P is maar 35 %. Het afloopwater van de stripperlijn (effluent 2) bevat circa 15 mg P/l, dat voor 95 % uit ortho-fosfaat bestaat.

4.1.3 Fase 2.2

Stripperlijn, wel nitrificatie

Slibbezinking

Ondanks de vrij lage vlokbelading van circa 75 mg CZV/g d.s., stabiliseert de slibindex zich op de acceptabele waarde van ongeveer 130 ml/g. De categorie draadvormers is gemiddeld 3, waarbij naast M. Parvicella ook type 0092 meer dominant wordt. Hierbij dient opgemerkt te worden, dat gedurende de zomerperiode van 1989 de slibindex van de rwzi Eindhoven uitzonderlijk goed te noemen is (typen 0092 en 021N). (Zie evaluatie 5.1).

Stikstof

Door een aanpassing in de waterlijn (verduunning van het influent, waarbij de verblijftijd in de AT gelijk gebleven is) is de slibbelasting aanzienlijk verlaagd, zodat nitrificatie is bewerkstelligd. Tevens is het niveau van zuurstofsturing verhoogd van 10 - 20 % naar 20 - 30 % van de verzadigingswaarde. Om de groei van de fosfaatbacterie Acinetobacter te stimuleren, is later in deze fase de anaërobe ruimte in de AT vergroot door in een kleiner deel te beluchten. Dit ging echter weer ten koste van de nitrificatie.

Fosfaat

Afgezien van enkele hoge waarden, veroorzaakt door hoge droge-stofgehalten, is het P-totaal-gehalte in effluent 1 lager dan 1,0 mg/l. Evenals in fase 2.1. wordt in de stripperlijn door het slib ongeveer 3 mg P/g d.s. afgestaan, hetgeen resulteert in gestript slib met ongeveer 3 % P op gewichtsbasis.

4.1.4 Fase 3.1

Acetaatdosering in stripperlijn

Slibbezinking

De slibindex is gedurende deze fase geleidelijk gestegen van 110 tot 160 mg/l, waarbij een categorie van doorgaans 2/3 is gevonden met als dominante draadvormers *M. Parvicella* en type 0092. De vlokbelading in de aërobe selector is aan de lage kant (circa 90 mg CZV/g d.s.). Ook de rwzi vertoont in deze periode stijgende slibindexen. Sinds deze fase wordt in het actief slib *Acinetobacter* individueel, in groepen of in grote colonies aangetroffen. Zoals te verwachten is, stimuleert de acetaat-toevoeging de groei van deze bacteriën.

Stikstof

De nitrificatie is in de loop van deze fase verslechterd. Als oorzaken kunnen worden genoemd:

- de hoge slibbelasting ten gevolg van de acetaatdosering: er is aan de relatief grote RS-stroom naar de stripperlijn van 22 % ongeveer 30 mg AC/g d.s. toegevoegd, waardoor de slibbelasting 25 % hoger wordt (indien al het toegevoegde acetaat wordt meegerekend),
- de beluchtingstijd in de AT is lager ten opzichte van fase 2.2 (eerste helft),
- de afnemende temperatuur in het najaar.

Fosfaat

Uit de batch-experimenten (zie 4.2) is gebleken dat de strippertijd tot acceptabele waarden van circa 5 - 10 h kan worden verkort als 30 mg acetaat/g d.s. in de strippertank wordt gedoseerd. In de pilot-plant wordt dit bevestigd.

Het P-totaal-gehalte in effluent 1 is steeds lager geweest dan de grenswaarde van 1 mg/l, met uitzondering van week 37 toen de acetaat-dosering stagneerde.

Tevens is onderzocht of het mogelijk is het strippen van het fosfaat en het scheiden van het slibwatermengsel te combineren in een tank, al dan niet met recirculatie over deze tank.

Het resultaat van dit onderzoek is samengevat in tabel 6.

Tabel 6

Samenvatting van onderzoek met betrekking tot gecombineerde stripper en indiktank

Deelfase	Week nr	Fosfaatgehalten (mg/l)		Quotient 1 / 2
		Filtraat gestript slib 1	Effluent (= afloop indikker) 2	
A (aparte tanks)	32	23	21	1,1
	33	32	19	1,7
	34	28	22	1,3
	35	23	15	1,5
B (één tank geen recirc.)	36	67	6,6	10
	37	36	7,3	4,9
	38	54	8,9	6,1
C (één tank recirc. 50 l/h)	39	49	18	2,7
D (één tank recirc. 100 l/h)	40	10	13	0,8
	41	25	18	1,4

Hieruit blijkt, dat een gecombineerde tank met een totale verblijftijd van 11 uur niet tot het gewenste resultaat leidt: het afgegeven fosfaat blijft rond de vlok van het (gestripte) slib hangen, gezien de hoge verhouding van P in filtraat gestript slib ten opzichte van effluent 2. Tevens treedt een oplaad-effect van totaal fosfaat op in het actief slib (stijging P-gehalte van 26 naar 33 mg P/g d.s.) (zie bijlage 2), hetgeen duidt op geringere afgifte in de gecombineerde stripper/indiktank. Als de recirculatie over deze tank tot 100 l/h wordt opgevoerd, hetgeen een factor 2 is ten opzichte van het terug te voeren gestripte slib, worden betere resultaten verkregen.

Uit oogpunt van bedrijfszekerheid (onder andere ook voor betere menging van acetaat met het slib) is het "concept" gecombineerde stripper/indiktank verlaten en weer gebruik gemaakt van twee aparte tanks, temeer daar door de hoge recirculatie-verhouding schuim en drijfslagen zijn geconstateerd, die de kwaliteit van het fosfaatrijke effluent nadelig beïnvloeden.

4.1.5 Fase 3.2

Acetaatdosering in stripperlijn, vermindering behandelde retourstroom

Slibbezinking

Op het eind van Fase 3.1. is de slibindex tot boven de 150 ml/g gestegen. Debet hieraan zou kunnen zijn:

- temperatuur; er wordt niet voldoende CZV geadsorbeerd in de selector.
- lage O_2 -concentraties in de selector; een O_2 -arme selector met korte verblijftijd is normaliter minder succesvol voor handhaving van een goede stabiele SVI.

Ondanks verhoging van de slibindex verbetert de slibcategorie 2/3 naar 1/2. Er komen meer T092 en T021N naar voren. De dominantie van M. Parvicella neemt af.

Stikstof

Het nitrificatierendement valt terug van 60 naar 40 %. Dit is te wijten aan de verhoging van de slibbelasting. Een hogere slibbelasting impliceert een lagere slibleeftijd; deze daalt van 10 naar 6 dagen. De nitrificeerders spoelen vrijwel allen uit. Wat ook van invloed is, is de lage watertemperatuur van 11 - 14 °C. Extra O_2 in het eerste compartiment van de AT ten opzichte van fase 3.1 heeft geen effect. De slibleeftijd en de temperatuur lijken bepalend.

Fosfaat

Na een instelperiode van circa 3 weken worden ook lage P-totaal-gehalten bereikt van circa 1 mg/l. Bij vermindering van de behandelde slibstroom (22 - 13 %) is maar een geringe verhoging van de effluentconcentratie ten opzicht van fase 3.1 waargenomen. Dit is als volgt te verklaren:

Het slib heeft een bepaalde maximale opname capaciteit voor fosfaat. Deze wordt onder andere bepaald door de samenstelling van het slib en de fysieke gesteldheid van het slib.

Wanneer deze maximale capaciteit niet volledig wordt benut zal er nagenoeg volledige fosfaatopname plaatsvinden mits natuurlijk wordt voldaan aan de juiste omstandigheden.

In de nieuwe situatie wordt een kleinere droge-stofvracht over de stripperlijn geleid. Er zal in eerste instantie ook een kleinere fosfaatvracht ten opzichte van de vorige situatie afgestaan worden. Doordat er nu minder zwevende stof over de stripperlijn wordt gevoerd zal het fosfaatgehalte in het slib stijgen. Het slib kan tenslotte "zijn fosfaat" niet kwijt. Het fosfaatgehalte in het slib zal blijven stijgen totdat er een evenwicht wordt bereikt, waarbij evenveel fosfaat in de stripperlijn wordt afgestaan als door het slib in de aëratietank is opgenomen. De combinatie van een gehalveerde stroom en het hogere fosfaatgehalte in het slib resulteert in bijna een verdubbeling van de fosfaatconcentratie. Er is sprake van een opladingseffect. Het P-totaal gehalte van het slib in de stripperlijn daalt van 33 naar 26 mg/g d.s. en in plaats van 4 wordt circa 7 mg/g d.s. afgestaan. In de weken 50 t/m 52 is de invloed van extra recirculatie over de indikker van de stripperlijn gevolgd met betrekking tot het extra uitwassen van fosfaat. De resultaten staan vermeld in tabel. 7

Tabel 7
Invloed recirculatie over stripindikker

datum	O-PO ₄ ³⁻ (mg/l)				
	afloop stripper	overloop indikker	filtraat onderloop	(2)-(1)	(3)/(2)
	(1)	(2)	(3)		
15 dec	32	39	45	7	1,2
18 dec	31	32	35	1	1,1
20 dec	32	30	35	-2	1,2
24 dec	27	29	29	2	1,0
27 dec	29	32	33	3	1,0
31 dec	23	30	28	7	0,9
gemiddelde	29	32	34	3	1,1

In de indikker blijkt nauwelijks nog fosfaat in de oplossing te gaan. De strippermengtijd van circa 5 h lijkt voldoende, dus recirculatie heeft ook hier geen effect. Het veroorzaakt slibdrijfslagen wat een verhoogde droge-stofgehalte in de fosfaatrijke overloopstroom veroorzaakt. Dit kan negatieve gevolgen hebben voor de effectiviteit van de nabehandeling.

4.1.6 Fase 4.1

Optimalisering N-verwijdering en kalkbehandeling stripperlijn

Slibbezinking

Ondanks een aërobe selector met een contacttijd van circa 20 minuten stijgt de SVI bij een extra recirculatiefactor van 2 tot circa 200 ml/g. In de weekgemiddelden komt dit minder tot uiting. De propstroomconfiguratie van de AT wordt ondermijnd. Blijkbaar is niet alleen een selector voldoende maar is een verdere compartimentering van de AT essentieel voor het behouden van een stabiele SVI. De extra recirculatiefactor is halverwege verwijderd om de SVI te laten dalen. In het begin van fase 4.2 is een extra recirculatiefactor van 1 ingesteld. Het microscopisch beeld was categorie 2; *M. Parvicella* dominant en clusters van *Acinetobacter* zijn aanwezig.

Stikstof

Door het verlagen van het influentdebiet is de slibbelasting verlaagd tot circa 0,25 kg CZV/kg d.s. d. De nitrificatie stijgt naar 90 % en het N-totaal-rendement bedraagt circa 75 %. Aangezien de watertemperatuur door de afwezigheid in het begin van een overkapping van de pilot-plant circa 10 - 15 °C was, komt de nitrificatie op het eind van fase 4.1 goed op gang. De denitrificatie is door een "pseudo" anaërobe zone in de AT, ten gevolge van een te hoog O_2 -gehalte van de extra recirculatiestroom niet direct goed. Pas na O_2 -sturing op het vierde compartiment en een verlaging van de recirculatiefactor is 75 % haalbaar. Een denitrificatieruimte van 25 - 30 % van de AT blijkt voldoende om een effluentconcentratie van 10 mg/l te bewerkstelligen.

Fosfaat

De fosfaatconcentratie in fase 4.1 bedraagt circa 0,6 mg/l en is vrij stabiel. Het P-gehalte in het slib bedraagt circa 28 mg/g d.s. en het gestript slib 23 mg/g d.s. Aangezien minder P per tijdseenheid ten opzichte van fase 3 wordt aangevoerd zijn de gehalten vooral in de beginperiode van fase 4 een stuk lager. Het gehalte van circa 23 mg/g d.s. lijkt een minimum te zijn. Het overloopwater bevat 35 - 40 mg/l. Dit wordt behandeld met een kalkmelkoplossing in een vaatje met een

verblijftijd van circa 1 minuut. Het gevormde neerslag wordt apart afgelaten. De dosering is zodanig dat 1 - 3 mg/l vrij P in de oplossing blijft.

4.1.7 Fase 4.2

Integrale lijn met kalkbehandeling

Slibbezinking

De SVI blijft ondanks categorieverbetering van 3 naar 2 circa 150 ml/g. De invloed van een lange O₂-arme contacttijd blijkt minimaal te zijn. Er zijn redelijke hoeveelheden Acinetobacter waargenomen. De vlokform is vrij compact van structuur.

Stikstof

De totale N-verwijdering is uitstekend. N-totaal-gehalten < 10 mg/l zijn haalbaar. Ten gevolge van slibuitspoeling is op het eind van de periode het gehalte tot iets boven de 10 mg/l gestegen.

Fosfaat

In deze periode zijn constante lage P-totaal-effluentconcentraties bereikt van 0,8 mg/l. Op het eind van de periode komt het gehalte iets boven de 1 mg/l. Dit is te wijten aan een verhoging van het zwevende stofgehalte in het effluent. Het P-gehalte in het slib beweegt zich op een hoger niveau: 35 mg/g d.s. Gemiddeld wordt 7 mg/g d.s. gestript. Het verhoogde niveau in het slib is te verklaren door het bereiken van het opladingsniveau en de verhoogde P-totaal-concentratie in het effluent ten gevolge van een andere bedrijfsvoering van de rwzi: vermindering van de recirculatie-stroom.

Invloed integrale lijn

De invloed ten aanzien van N- en P-eliminatie is nauwelijks waarneembaar. De extra hoeveelheid vrij N (5 - 15 x zoveel ten opzichte van invoer stripperlijn), die ten gevolge van hydrolyse vrij komt, is ten opzicht van de influentvracht miniem: 5 - 10 %.

Carry-over van calcium is ook nauwelijks waarneembaar in de calcium-

concentraties in afloop voorbezinktank. Ook de P-ortho/P-totaal-verhouding verandert nauwelijks.

4.1.8 Fase 5

Dwa/rwa-aanvoer, integrale lijn met kalk of FeCl_3 -behandeling

Slibbezinking

De SVI daalt van 150 naar 110 ml/g. Dit kan te danken zijn aan; meer wisselende aanvoer, hogere watertemperaturen en een aërobe contactzone van 40 min. De vlokbelading is gemiddeld 115 mg CZV/g d.s. De slibcategorie verandert van 2/3 naar 1. Er is alleen sprake van een kwantitatieve verandering, waarbij de vlok een compactere vorm aannam. Acinetobacter is in redelijke mate vertegenwoordigd. Tijdens deze periode blijft de SVI van de referentiestraat van de rwzi op een constant hoog niveau; circa 150 ml/g.

Stikstof

Bij een slibbelasting van 0,28 CZV/kg d.s. d, 25 - 30 % denitrificatieruimte en een recirculatiefactor van 2, is het nitrificatie en denitrificatierendement respectievelijk 92 en 75 %.

Fosfaat

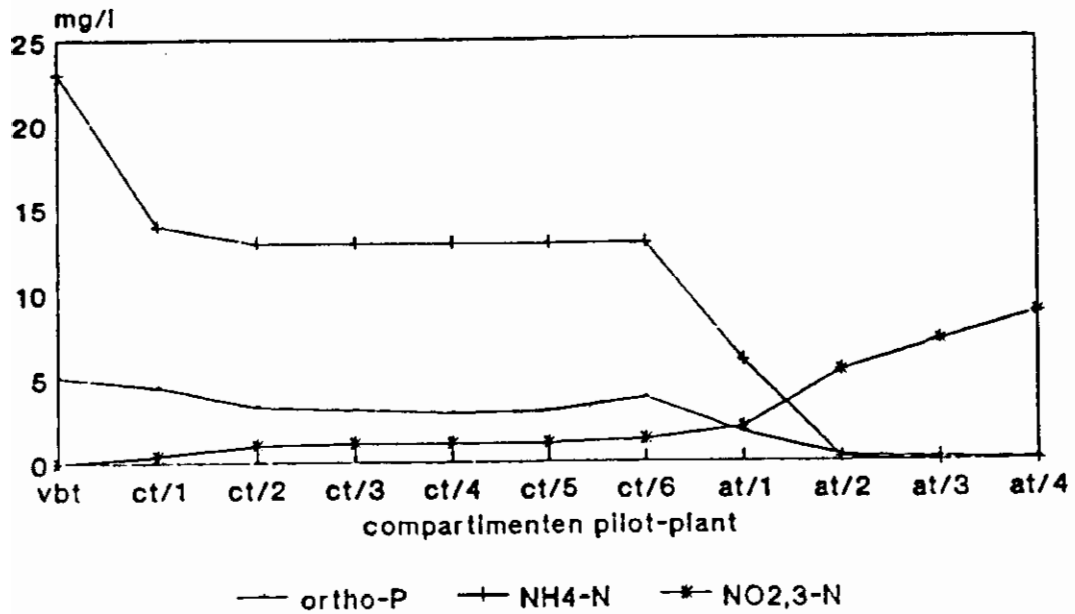
De P-effluentconcentratie blijft ondanks dwa/rwa-condities gemiddeld 0,9 mg/l. De buffercapaciteit van het slib zorgt ervoor dat meer aangevoerde fosfaat niet in het effluent tot uitdrukking komt. De P-gehalten in het actief en gestript slib zijn respectievelijk 33 en 28 mg/g d.s.

Profielmeting

Een karakteristieke profielmeting in fase 5 van enkele parameters in de pilot-plant zijn weergegeven in figuur 11. De metingen zijn verricht onder dwa-omstandigheden.

Figuur 11 Profielbepaling

DWA



In de selector vindt ondanks een goede zuurstofinbreng en een contacttijd van circa 40 minuten nauwelijks nitrificatie en biologische defosfatering plaats. Blijkbaar is de O_2 -inbreng in combinatie met de heersende hoge slibbelasting (reducerend milieu) niet toereikend om beide processen te laten verlopen. De O_2 is waarschijnlijk grotendeels voor de actieve opname van substraat nodig en kan niet binnen in de slibvlok dringen.

In het eerste compartiment van de selector wordt bij een vlokbelading van 80 mg CZV/g d.s. en een contacttijd van 7 minuten circa 80 % CZV geadsorbeerd. In het derde compartiment van de selector wordt al vrijwel de effluentconcentratie bereikt. Dit betekent dat de selector goed functioneert.

De daling van NH_4 -N en $o-PO_4$ -gehalte van CT 6 naar AT 1 is volledig te wijten aan verdunningseffecten door de slibretour- en recirculatiestroom.

In de aërobe AT 2 treedt vrijwel volledige nitrificatie en biologische defosfatering op. Het gevormde nitraat wordt in de anaërobe AT 1 voor het grootste gedeelte gedenitrificeerd.

4.1.9 Fase 6

Referentie waterlijn, zonder selector, zonder stripperlijn

Slibbezinking

Ondanks het verwijderen van de selector is de slibindex goed gebleven: gemiddeld 110 ml/g. Ook de categorie van de afwisselend dominante draadvormers typen 0041, 0092 en *M. Parvicella* blijft 1.

De slibindex van de rwzi gedurende deze periode is ook redelijk goed (< 150 ml/g).

Waarschijnlijk heeft deze fase te kort geduurd om het langdurig effect van het verwijderen van de selector op de slibindex te constateren.

Stikstof

De totale stikstofverwijdering bij de gemiddelde slibbelasting van 0,24 kg CZV/kg d.s. d. is ook gedurende deze fase weer uitstekend: het totaal-N-gehalte in effluent is circa 8 mg/l.

Fosfaat

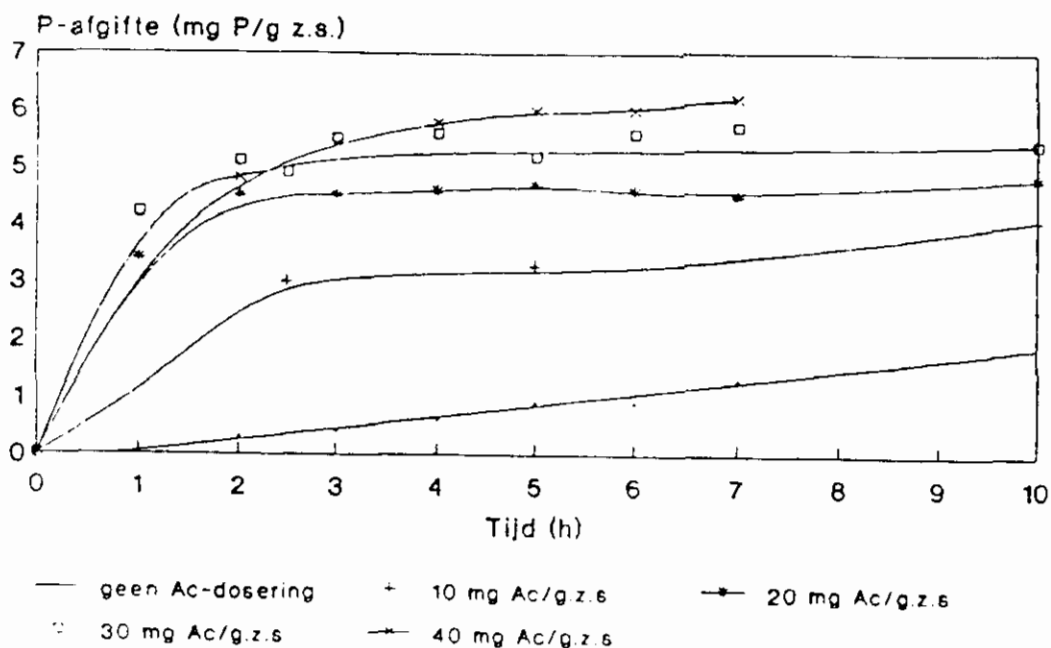
De fosfaatconcentratie in het effluent is hoger dan de eis van 1 mg/l, waarbij aan het einde van de fase een gehalte van circa 4 mg/l is gevonden, hetgeen vergelijkbaar is met fase 1. Op dat moment vindt doorslag van P naar de waterfase plaats, aangezien het maximaal P-gehalte in het actief slib van circa 38 mg P/g is bereikt en geen P meer wordt gestript.

4.2 Aanvullend onderzoek

Fosfaat-release proeven

In figuur 12 zijn de resultaten van de batchexperimenten samengevat. Hierbij zijn de verschillende experimenten gegroepeerd in klassen, zodat de vermelde doseringen aan acetaat de klasse-middens voorstellen (klasse-breedte is 10).

Figuur 12 P-release bij verschillende NaAc-dosering
Geen nitraat aanwezig



Uitzonderlijk lage P-afgiften, als gevolg van zeer lage fosfaat-gehalten in het uitgangsslib (< 25 mg P/g d.s.), zijn buiten beschouwing gelaten.

Invloed van natriumacetaat op de P-release

Uit figuur 12 blijkt, dat bij een hogere dosering van 30 mg Ac/g d.s. het fosfaat niet noemenswaardig sneller wordt afgegeven. Tevens is te zien, dat volstaan kan worden met een strip-tijd van circa 5 uur, hetgeen neerkomt op een afgiftesnelheid van ongeveer 1 mg P/g d.s. h.

Invloed van nitraat op de P-release

Om bij verschillende acetaatdoseringen het effect van nitraat op de P-afgifte te onderzoeken, is al dan niet extra nitraat in de vorm van natriumnitraat toegevoegd.

Uit de resultaten blijkt dat bij een dosering van 30 mg Ac/g d.s. nitraat-N in gehalten lager dan 30 mg/l geen negatief effect heeft op de P-release. Pas bij concentraties van 30 à 40 mg/l is sprake van enige remming. Echter in de praktijk zal bij het streven naar vergaande N-eliminatie deze hoge gehalten aan nitraat niet voorkomen.

Invloed van centrifugaat van primair slib op de P-release

Centrifugaat van primair slib biedt in principe een goed alternatief voor de natriumacetaat-dosering: zelfs bij nitraat-gehalten van 30 mg/l wordt een minstens even goede fosfaat-afgifte verkregen bij strip-pertijden van ongeveer 5 uur als bij de acetaat-toevoegingen.

Er zijn echter een aantal nadelen met betrekking tot dit alternatief:

- Door sterke fluctuaties in het gehalte aan vluchtige vetzuren in het centrifugaat, is een betrouwbare dosering per gewichtseenheid RS in de strippertank moeilijk te verwezenlijken. Voor de rwzi fluctueert het gehalte aan vluchtige vetzuren tussen 800 en 3.000 mg/l.
- Doordat relatief veel centrifugaat moet worden toegevoegd, dient de stripperlijn ongeveer 10 - 15 % groter gedimensioneerd te worden (bij een gemiddeld gehalte van 1.800 vluchtige vetzuren/l).

Gemeld dient te worden dat fermentatie van primair slib na 24 uur bij 33 °C een toename van circa 25 % aan vetzuren kan opleveren.

5 Evaluatie

5.1 Slibbezinking

De slibvolume-index van de pilot-plant is vrij stabiel gebleven. De SVI varieert van 110 tot 160 ml/g. Hoge waarden op het eind van fase 3 zijn voornamelijk te wijten aan een lage watertemperatuur en lage O_2 -concentraties in de selector. De lage temperatuur heeft invloed op het biosorptie en regeneratievermogen van het slib.

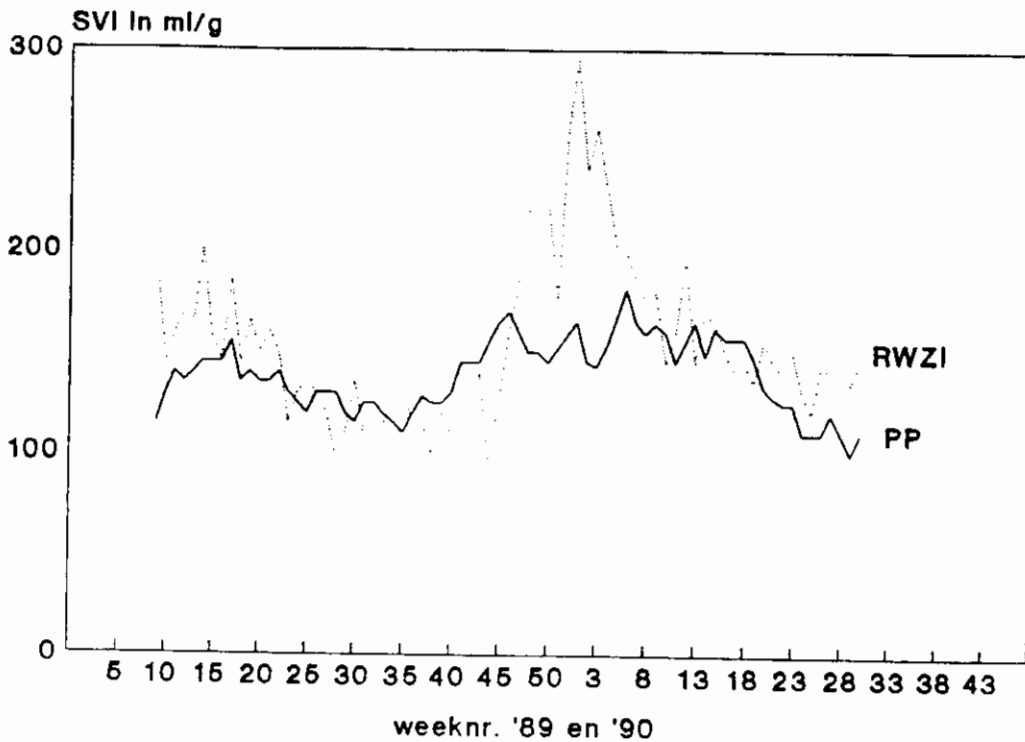
O_2 -arme condities in selector kunnen juist een gunstig milieu voor draadvormers zijn.

In fase 4.1 stijgt de SVI naar 200 ml/g, terwijl de SVI van de rwzi daalt (WK 3 t/m 8). Naast een gecompartmenteerde aërobe selector met een contacttijd van circa 20 minuten is het blijkbaar belangrijk dat de propstroming in de aëratietank niet door extra recirculatie ondermijnd mag worden. Het biosorptieniveau in de selector van circa 80 % is blijkbaar niet bepalend voor het behouden van een goede concurrentiepositie van vlokformers. De mate van verdunning achter de selector is mede bepalend. Wellicht is het meeste substraat (CZV) alleen fysisch-biochemisch aan het oppervlak van de slibvlok geadsorbeerd. Externe omzetting en opname binnen in de slibvlok vergt tijd. Als die te kort is kan een plotselinge substraat-concentratiedaling door verdunning in de aëratietank, als drijvende kracht, de opname door vlokformers ondermijnen. Reeds geadsorbeerd substraat kan wellicht weer resorberen en ten goede komen aan de in de periferie van de slibvlok voorkomende draadvormers.

Door de selector 2 x zo groot te maken wordt weer meer propstroming in begin van het systeem geïntroduceerd, hierdoor daalt de SVI naar 150 ml/g. Propstroming leidt tot een gunstige verblijftijdspreiding, waardoor de omzetting en opname van substraat wordt bevorderd.

Om de efficiëntie van de selector te beoordelen is in figuur 13 het verloop van de weekgemiddelde SVI van de pilot-plant en de referentie secie van rwzi met elkaar vergeleken.

Figuur 13 Vergelijk slibvolumeindex
PP en RWZI Eindhoven



Het verloop van de SVI in de pilot-plant is duidelijk minder fluctue- rend dan de SVI van de rwzi. Dit geldt vooral voor het maximum. De slibcategorie (methode Eikelboom) is 2 - 2,5 tegen 2 - 3 van de rwzi. Het kwalitatieve beeld bestaat voornamelijk uit *Microthrix Parvicella* en T092- *Acinetobacter* wordt pas bij acetaat dosering in de strip- perlijn in redelijke hoeveelheden waargenomen.

Ondanks dat de SVI en de slibcategorie niet spectaculair zijn gedaald, is de stabiliteit van de SVI door introductie van een selector verbe- terd.

Verder is het effect van de O_2 -conditie in selector op het biosorp- tieniveau en de SVI onderzocht. Uit laboratoriumonderzoek is gebleken, dat in het vlokbeladingstraject 40 - 160 mg CZV/g d.s. na een contact- tijd van 25 - 30 minuten een biosorptie wordt verkegen van 80 - 100%. Deze is onafhankelijk van de O_2 -concentratie (0 - 6 mg/l). Wel kan de momentane biosorptie bij een hogere vlokbelading en O_2 -inbreng iets hoger zijn (10 - 15 %). In het pilot-plant onderzoek zijn fasen met

O₂-arme en O₂-rijke condities in de selector. Verbetering of verslechtering van de SVI door genoemde condities zijn niet waar te nemen. Wel lijkt aannemelijk dat O₂-arme condities (0,5 - 1,5 mg/l) minder aantrekkelijk zijn voor de concurrentiepositie van de vlokvormers en daardoor minder zal bijdragen tot een eventuele verbetering van de SVI. In de praktijk zullen door variaties in de CZV-aanvoer altijd perioden van O₂-arme condities in de selector aanwezig zijn, tenzij er van O₂-sturing sprake is. Getracht moet worden voldoende compartimentering (= propstroom) in het systeem in te brengen, zodat deze factor bepalend is voor de SVI.

Aangezien bij het streven naar een denitrificatie in de aëratietank door extra recirculatie nauwelijks NO₃- zuurstof in de selector komt, lijkt het beter bij voorbezonken afvalwater het O₂-selectiemechanisme te hanteren.

In fase 5 lijkt dit selectiemechanisme een positieve invloed te hebben op de SVI. Deze daalt van 150 naar 110 terwijl de SVI van de rwzi constant blijft.

Een nadeel zou kunnen zijn dat de aanwezige lagere vetzuren in influent vervluchtigen wat ongunstig is voor het stimuleren van de groei van de defosfateerders. Aangezien echter de belangrijkste anaërobe tijd in de strippertank is, worden hier de eventuele extra vetzuren aangemaakt of gedoseerd, die bepalend zijn voor het aanwezig zijn van defosfateerders.

5.2. Stikstofverwijdering

In fase 2.2 is bij een slibbelasting < 0,3 CZV/kg d.s. (CZV/BZV = 2,4), een hydraulische verblijftijd van 4 uur, een anaërobe zone van 25 % een nitrificatie- en denitrificatierendement mogelijk van beide 80 %. Het N-totaalrendement bedraagt 65 - 70 %.

Aangezien bovenstaande stikstofverwijdering alleen door verdunning van het influent tot stand is gekomen zal het proces in de praktijk alleen bij langere hydraulische verblijftijden kunnen plaatsvinden. Het droge-stofgehalte in de aëratietank kan vanwege de slibvolumebelasting van de nabezinktanks nauwelijks omhoog. In fase 3 blijkt de slibbelasting 0,45 kg CZV/kg d.s. te hoog om een goed nitrificatierendement te bewerkstelligen (circa 40 - 60 %). Door een lage slibleeftijd zullen de meeste nitrificeerders zijn uitgespoeld. De lage watertemperatuur 11 - 14 °C zal ook van invloed zijn.

Vanaf fase 4 is door verlaging van de slibbelasting naar circa 0,25 kg CZV-kg d.s. d (CZV/BZV = 2), verhoging van de hydraulische verblijftijd naar circa 7,5 uur en een extra slibwaterrecirculatiefactor van 1 een stabiel nitrificatie- en denitrificatierendement mogelijk van respectievelijk 90 % van 80 %. Het N-totaal-gehalte in effluent bedraagt circa 10 mg/l.

De specifieke nitrificatie- en denitrificatiesnelheden bedragen 1,5 mg N/g d.s. h en 1,0 mg N/g d.s. h.

Op basis van de bovenstaande resultaten kan de totale aeratieruimte voor de rwzi worden gedimensioneerd. Deze dimensionering is weergegeven in bijlage 3.

5.3 Fosfaat

Gedurende fase 1 is, vergeleken met de rwzi, het relatief hoge fosfaatverwijderingsrendement van 65 % verkregen. Dit is mogelijk te verklaren door het optreden van (gedeeltelijke) biologische defosfatering vanwege anaërobe-anoxische condities in een van de vier compartimenten van de AT, waardoor accumulatie van fosfaat in het (spui)slib wordt gestimuleerd. Tijdens fasen 2.1 t/m 4.1 zijn naast de influentstroom de beide effluentstromen bemonsterd en geanalyseerd op fosfaat, zodat voor deze fasen fosfaatbalansen opgesteld kunnen worden.

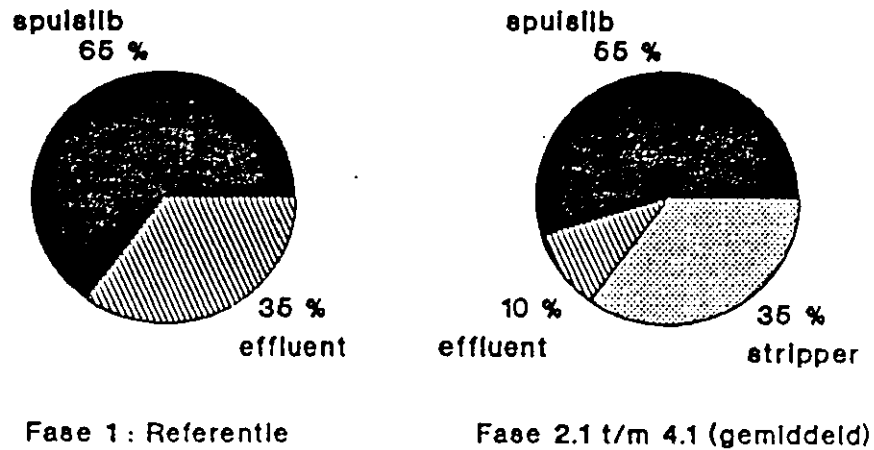
Een samenvatting hiervan is gegeven in onderstaande figuur; hierbij zijn de balansen kloppend gemaakt door de resterende P-hoeveelheid te beschouwen als zijnde gespuid met het spuislib. Tevens is de balans voor fase 1 als referentie weergegeven.

Het blijkt dat 35 % van de inkomende P-vracht via de stripperlijn en 55 % via het spuislib verdwijnt.

Circa 10 % verlaat de pilot-plant met het effluent, hetgeen resulteert in totaal-fosfaat-gehalten in effluent van 0,5 tot 1,0 mg/l.

De invloed van de temperatuur op de uptake en releasesnelheid van fosfaat is niet waargenomen.

Figuur 14 Samenvatting P- balansen



Ontwerp-grondslagen voor dimensionering van de stripperlijn

Met behulp van de gewenste extra te verwijderen fosfaat en de fosfaat-release (hier 5 - 7 mg P/g d.s.) is het mogelijk de te behandelen slibretourstroom over de Phostripperlijn te berekenen. Deze berekening is gegeven in bijlage 4.

Voor Eindhoven lijkt een minimale stroom van 10 % van het influent-debiet noodzakelijk. In de praktijk lijkt, afhankelijk van het drogestofgehalte in de slibretourstroom en een wisselende influent-P-vracht, 12,5 % een minimum om vrij stabiel lage P-gehalten te verkrijgen.

In het algemeen is het maximale P-oplaadniveau in het actief slib en de P-release in de stripperlijn bepalend voor de te behandelen slibstroom.

5.4 Extra slibproductie

In bijlage 5 zijn de berekeningen met betrekking tot de extra slibproductie ten gevolge van de precipitatie van fosfaten samengevat. Hieruit blijkt dat door een overdosering van calcium veel extra slib in de vorm van calciumcarbonaat wordt gevormd: het aandeel CaCO_3 in het neerslag is 50 - 65 % bij doseringen van ongeveer 9 g Ca/g P. Wordt de dosering teruggebracht tot ca 2 - 3 g Ca/g P, dan is de extra slibproductie ten gevolge van de precipitatie ongeveer 25 % ten opzichte van een secundaire spuislibproductie van 0,4 kg d.s./kg Δ CZV. De extra slibproductie ten opzichte van de totale slibproductie, inclusief primair slib, bedraagt 12,5 %. Het neerslag bestaat hierbij uit circa 40 % apatiet en 15 % calciumcarbonaat. Het resterend deel bestaat uit ingevangen CZV en andere (hydroxide)neerslagen ten gevolge van de pH-verhoging. Het is van belang er voor te zorgen, dat de overmaat calcium zo gering mogelijk is, daar de extra carbonaat-slibproductie door het "ontharden" van het fosfaatrijke water ongewenst is. Het probleem van "ontharden" van het water doet zich niet voor bij precipitatie van fosfaten door middel van ferrichloride. Bij een dosering van circa 3 g Fe/g P wordt ongeveer 15 % extra slib gevormd, dat voor 50 % uit ijzer(III)fosfaat en voor 30 % uit ijzer(III)hydroxide bestaat. Op de totale slibproductie is dit 7,5 %. Mogelijk kan de ijzerdosering nog iets omlaag, gezien het grote aandeel van ijzer(III)hydroxide, hetgeen duidt op een overmaat aan Fe. Door deze dosering zal in het ongunstigste geval de chlorideconcentratie in het effluent van de rwzi Eindhoven stijgen van 100 tot circa 115 mg/l. Extra spuislibproductie ten gevolge van acetaatdosering is niet aangetoond. Theoretisch zal dit circa 10 % ten opzichte van de secundaire slibproductie kunnen bedragen.

6 Conclusies

1. Introductie van een selector en compartimentering in de aëratietank bewerkstelligt een goede stabiele SVI; 110 - 150 ml/g; dit bij een vlokbelading van 100 - 150 mg CZV/g d.s. en een selectortijd van 20 - 40 minuten.
2. Extra recirculatie van slibwater ten behoeve van de denitrificatie, kan de slibbezinkingseigenschappen nadelig beïnvloeden.
3. Een goede nitrificatie/denitrificatie is mogelijk bij een slibbelasting van 0,25 - 0,30 kg CZV/kg d.s. d (HVT is 7,5 h), een anaërobe ruimte van 25 - 30 % van de totale aëratietank en een slibrecirculatie-factor van 2.
N-totaal-gehalten van < 10 mg/l in het effluent zijn haalbaar.
4. Door introductie van het Phostripperproces en behandeling van circa 12,5 % van de slibretourstroom zijn P-totaal-effluentgehalten van < 1 mg P/l haalbaar. Rwa-condities hebben geen negatieve invloed op de effluentconcentratie. Ongeveer 35 % van de P-influentvracht kan via de stripperlijn worden verwijderd.
5. Dosering van circa 30 mg acetaat/g d.s. stimuleert de groei van defosfaterende bacteriën. De P-release snelheid neemt toe, zodat de strippertijd kan worden teruggebracht van 18 h tot minimaal 5 h. De release snelheid bedraagt 1 - 1,5 mg P/g d.s. h. De P-release is onafhankelijk van de temperatuur in het traject 8 - 23 °C.
6. Een gescheiden stripper en indikker in de stripperlijn functioneren beter dan een gecombineerde tank.
7. De extra totale slibproductie ten gevolge van de fosfaatbehandeling bedraagt met kalk 12,5 % en FeCl_3 7,5 %. Ten opzichte van de secundaire slibproductie is dit 2 keer zoveel.

7 Aanbevelingen

Omdat de capaciteit van de pilot-plant circa 50 i.e. bedraagt is rechtstreekse opschaling van alle resultaten naar de rwzi Eindhoven met een capaciteit van 750.000 i.e. niet volledig betrouwbaar.

Op basis van de resultaten van de pilot-plant wordt aanbevolen een straat van de Brandolinrichting aan te passen, waarbij een borstelbeluchtingstank als Phostriplijn dienst kan doen. Omdat de inkomende fosfaatvracht drastisch is afgenomen, is ook een simultaan-defosfateringsproef op de referentiestraat van de Brandolinrichting aan te bevelen.

Een half jaar praktijkervaring met de gemodificeerde Brandolinrichting (ca 2 x 7.500 i.e.) zal definitief moeten uitwijzen of vergaand N- en P-verwijdering volgens het nitrificatie/denitrificatieproces en het Phostripproces, qua inpasbaarheid en kosten, op de rwzi Eindhoven mogelijk is (deel 4).

Literatuurlijst

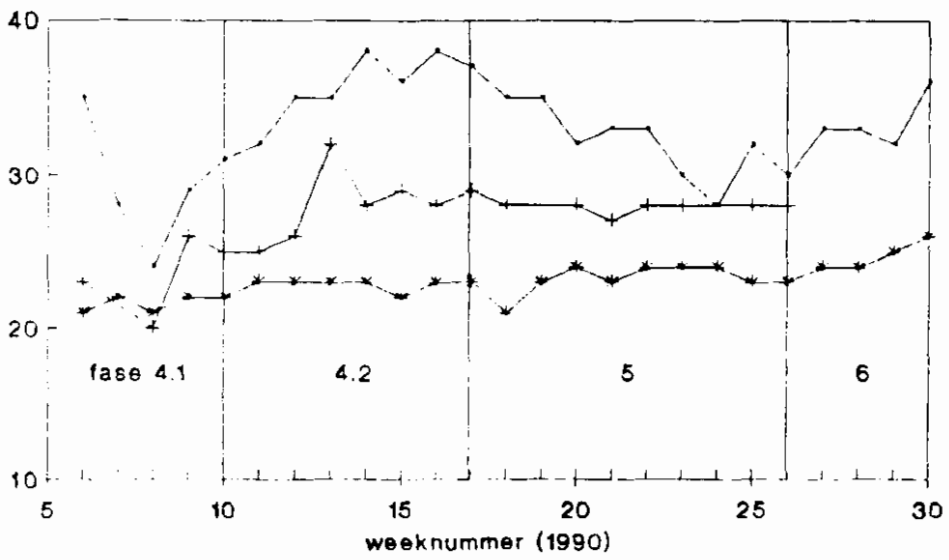
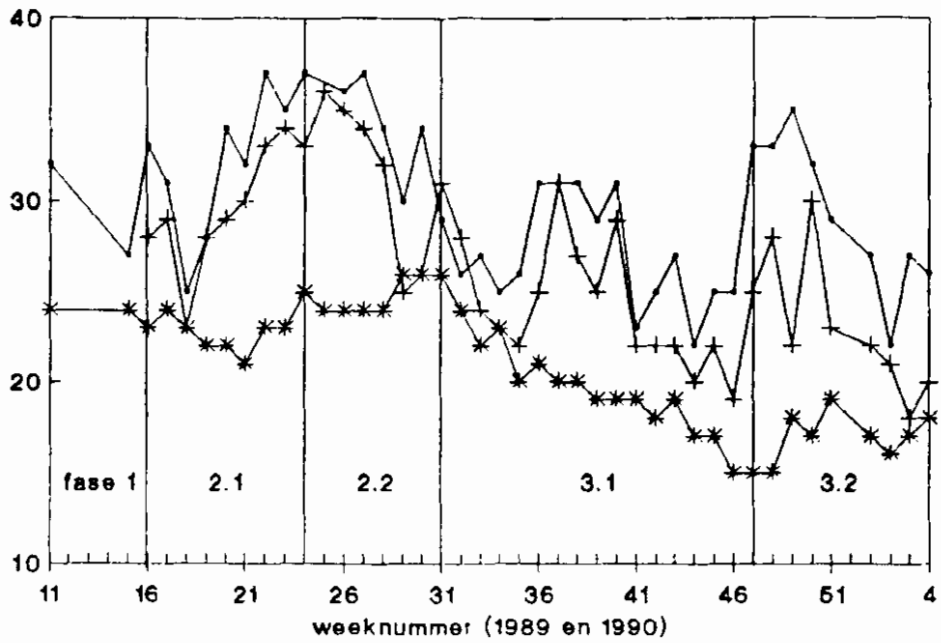
1. Anonymus, Handboek voorkomen en bestrijden van licht slib, Stora-rapport 88-03
2. Arvin, E., Phosphatfällung durch biologische Phosphoentfernung G.W.F.-wasser/abwasser, 126, 198, p. 250-256.
3. Barnard J.L., A review of biological phosphorus removal in the activated sludge process, Water S.A.. vol.2, no.3, 1976.
4. Beek, v, P. N- en P-eliminatie rwzi Eindhoven, verslagen serie nr. 4 GTD Oost-Brabant, 1989
5. Chudoba, J., et. al. Controle of activated sludge filamentous bulking II sepection of micro-organismen bij means of a selector. Water Research, 7, 1973, p. 1389-1406.
6. Faasen R., N- en P-eliminatie rwzi Eindhoven, verslagen serie nr. 6 GTD Oost-Brabant 1990.
7. Hennink M., Rensink, J.H. Onderzoek naar biologische defosfatering op bestaande nederlandse zuiveringsinrichtingen, rapport Vakgroep Waterzuivering LUW, 1988.
8. Holtvoort R., N- en P-eliminatie rwzi Eindhoven, verslagenserie nr. 3 GTD Oost-Brabant 1989.
9. Jansen P.J.M., Biologische defosfatering op de rwzi's Bunnik en Bunschoten, rapport Vakgroep Waterzuivering LUW, 1988.
10. Jong, de, J., Velde, v.d. O, Ontwikkelingen in het fosfaatbeleid, H₂O nr. 1 1988 p. 218 t/m 219.
11. Klok, v.d., G., N- en P-eliminatie rwzi Eindhoven, verslagenserie nr. 5 GTD Oost-Brabant 1990.
12. Krichten, D.J., et. al, Desing and start-up of several full-scale A/O plants. IAWPRC conf. Rome, 1987
13. Kruit, J. N- en P-eliminatie rwzi Eindhoven, verslagenserie nr. 2, GTD Oost-Brabant 1989.
14. Levin, G.V. Sala, U.D., Phostriproces, a viabele answer to eutrophication of lakes and coastal sea waters in in Italy, IAWPRC conf. Rome, 1987.
15. Mashlanka, J. Phosphat-elimination, Korrespondenz Abwasser 1989 nr. 8 882 t/m 888.
16. Nicholls, H.A., Kinetics of phosphorus transformations in aerobic and anaerobic environments; seminair of kinetics of unit process in biological and chemical treatment of wastewater, Kopenhage, 1979.

17. Rensink, ir. J.H. Vergaande P- en N-verwijdering uit huishoudelijk afvalwater met terugwinning van fosfaat H_2O , nummer 9 1988 p. 240 t/m 242.
18. Schönberger R, Hegemann. W, Biological phosphorus removal with and without sidestream precipitation, IAWPRC Conf. Rome 1987, P. 165-177.
19. Slijkhuis, H., Deinema, M.H. Effect of enviromental conditions on the occurence of *Microthrix parvicella* in activated sludge. Water Research, vol 22, no. 7 1988, p. 825-828.
20. Starckenburg W., Defosfateringsonderzoek in de toekomst H_2O , nr. 9, 1988 p. 243 t/m 245.
21. Wanner. J. et.al. Effectof anaerobic conditions on activated sludge filamentous bulking in laboratory systems Wat.Res. vol. 21, nr. 12, 1987, p. 1541-1546.
22. Wanner J., Ottawa V., and Grau, P., Effect of an anaerobic zone on settleability of activated sludge. In AIAWPRC congress Biological Phosphate removal from wastewaters, Rome 28-30 sept. 1987 p. 155-164.
23. Witteveen en Bos, DBW/RIZA, Knelpunten bij invoering van defosfatering. 1989
24. Wouda, T. Kruit, J. Jacobs L., Proefinstallatie verwijdert fosfaat in stripperlijn. Milieutechniek nr. 11 1989, p 105 t/m 107
25. Wylink H. van, Stikstof en fosfaateliminatie rwzi Eindhoven, verslagen serie nr. 1, GTD Oost-Brabant, 1989.

Bijlage 1

PERIODERAPPORT VAN 90-01-01 T/M 90-11-01										
ZUIVERINGSINRICHTING: R.W.Z.I. EINDHOVEN				TYPE: AKTIEF SLIB			AFVALWATER RECIRCULATIE			
VUILBELASTING:		HYDRAULISCHE BELASTING:		121.596/		22.019 M3/PER.DAG				
ONTWERPCAPACITEIT: 750.000 I.E. a 54 g BZVS		GEMIDDELD PER PER.DAG :		125.199/		18.017 M3/DEM.DAG				
GEMETEN BELASTING: 692.124 I.E. a 136 g CZV/N		TOTALE HOEVEELHEID:		38.185.820/		5.495.210 M3/PERIODE				
AANGEGEVOERDE VRACHTEN		67.449 KG CZV/D		32.466 KG BZVS/D		5.837 KG N-KJ/D		NEERSLAG 464,4 MM		
ANALYSERESULTATEN										
	CZV	BZVS	N-KJ	NH4-N	NO2-N	NO3-N	F-TOT	ZWEVENDE STOF	CHLORIDE	DETERGENTEN
INFLUENT...MG/L	554,7	267,0	48,0	31,9			8,9	118,7		
INFL+RECIR...MG/L	475,6	227,3	41,7	27,8			8,0	100,5		
AFL VBT 1 MG/L	297,7	138,7	36,9	29,2			5,7	35,2		
AFL VBT 2 MG/L	274,5	126,4	36,0	27,2			5,6	43,3		
AFL VBT 3 MG/L	267,4	124,9	35,7	26,8			5,7	65,1		
EFFLUENT...MG/L	66,0	8,0	7,0	4,9	9,4		2,8		92,6	0,3
RENIEMENT INF. X	49	51	24	14			36	59		
RENIEMENT INF.	88	97	85	85			69	59		
BIOLOGISCHE ZUIVERING										
		1	2A INRA	2A BRIV	2B		3.1		3.2	
INHOUD TANK	MG	9.050	1.380	1.380	5.850		4.500		4.500	
HYDRAULISCHE BELASTING	M3/	49.463	5.094	7.270	37.099		27.607		23.903	
VUILBELASTING	I.E	169.605	16.444	23.468	119.759		87.398		77.161	
FUINTE BELASTING	KG CZV/M3 ETM	1,64	1,01	1,45	1,74		1,64		1,46	
AKTIEF SLIB	KG ZW ST/M3	3,9	3,9	4,2	3,9		4,4		4,9	
SLIBINDEX (NORM)	ML/G	161	102	142	179		128		96	
ASBEST	X	22	20	21	22		23		22	
SLIBBELASTING	KG CZV/KGZW ST.D	0,42	0,26	0,35	0,45		0,37		0,30	
	KG BZVS/KGZW ST.D	0,19	0,12	0,16	0,21		0,18		0,14	
RETOURSLIB	KG ZW ST/M3	6,4	5,3	6,3	6,7		7,3		7,6	
SFUISLIB	M3/D	601	154	106	560		341		232	
	ZW ST/D	3.850	823	671	3.775		2.482		1.772	
SLIBFROUW TIE	KG ZW ST/KG B-CZV	0,34	0,77	0,44	0,49		0,45		0,36	
SLIBLEEFTYD	DAGEN	5	7	9	6		8		12	

Bijlage 2 P-analyses in slib



— Akt.slub —+— Gestr.slub —*— Gloelrest
 (mg P/g z.s) (%)

Dimensionering aeratieruimte rwzi te EindhovenUitgangspunten

CZV-vracht, afloop VBT	45.000 kg CZV/d
Maximale slibbelasting	0,25 kg CZV/kg d.s.
Z.s. aeratieruimte	4,5 kg/m ³

Dimensionering

Volume	$45.000 / (4,5 \times 0,25) = 40.000 \text{ m}^3$
Geïnstalleerd	26.520 m ³
Stel terrein sectie 2A gereserveerd voor stripperlijn	2.760 m ³
Over	23.760 m ³
Te installeren	16.240 m ³
toename	ca. 50 %

Dimensionering stripperlijn rwzi Eindhoven

Uitgangspunten

Influent, dwa	6.000 m ³ /h
P-effluentgehalte	3 mg/l
P-effluenteis	1 mg/l
P-release stripperlijn, gem. bij minimaal 5 h en 30 mg AC/g d.s.-dosering	5 g P/kg d.s.
D.s.-retourslib	7,5 kg/m ³
HVT stripperlijn, menger	6 h
indikker	5 h
Overloop/onderloop stripperlijn	3/2
n FeCl ₃ -dosering stripperlijn	90 %

Dimensionering

Extra eliminatie P-vracht	:	$(3-1) 6.000$	=	12 kg P/h
Te behandelen P-vracht	:	$5/(3 \times 0,9) \times 12$	=	22 kg P/h
Te behandelen slibretourstroom:	:	$22/(5 \cdot 10^{-3} \times 7,5)$		600 m ³ /h
Volume, menger	:	6 x 600	=	3.600 m ³
indikker	:	5 x 600	=	3.000 m ³

De te behandelende slibretourstroom is circa 10 % van het influentdebiet.

Extra slibproductie ten gevolge van precipitatie van fosfaten

• Precipitatie met kalk

Berekening fosfaatslib-productie uit calciumanalyses

Uit de calciumanalyses van het apart opgevangen kalkfosfaatslib (fase 4.1.) blijkt het calciumgehalte vrij constant en gemiddeld 310 mg Ca/g d.s. te zijn.

In onderstaande tabel zijn de gegevens en berekeningen met betrekking tot de slibproductie samengevat.

Calcium in waterfase Voor precip.	Calcium "Verlies" precip. aan Ca	Calcium dosering (g/d)	Neer- geslagen calcium (g/d)	Totale slibpro- duktie (g/d)	Neerge- slagen P (g/d)	Gevormd apatiet (g/d)	Gevormd calcium carbonaat (g/d)	Samenstelling apatiet (%)	CaCO ₃ (%)	neerslag CZV-invang + andere neerslagen (%)	
(mg Ca/l)	(mg Ca/l)	(g/d)	(g/d)	(g/d)	(g/d)	(g/d)	(g/d)	(%)	(%)	(%)	
80	95	7	115	110	350*	14	75	200	21	57	22
80	95	7	115	110	350	14	75	200	21	57	22
80	145	30	115	85	270	14	75	140	28	52	20
80	145	30	115	85	270	14	75	140	28	52	20
80	145	30	115	85	270	14	75	140	28	52	20
80	145	30	115	85	270	14	75	140	28	52	20
80	145	15	115	100	320	7,5	40	215	13	67	20
80	55	-7	65	70	230	7,5	40	140	17	61	22
80	55	-7	65	70	230	7,5	40	140	17	61	22
			gemidd.	280					15-30	50-65	20

* Het slib bevat 310 mg Ca/g d.s., dus totale slibproductie = $110/0.31 = 350$ g/d.

Het fosfaatrijke effluent bevat vóór precipitatie circa 125 mg d.s./l; bij een gemiddeld debiet van 15 l/h, wordt 45 g d.s./d naar het kalkvatje gevoerd.

De extra slibproductie ten gevolge van het neerslaan van het fosfaat is zodoende 235 g/d.

Op basis van de spuislibgegevens bedraagt de secundaire spuislibproductie 615 g/d.

De extra slibproductie is zodoende 38 %.

Tevens is in bovenstaande tabel een indruk gegeven van de samenstelling van het neerslag, waarbij is aangenomen dat al het neergeslagen fosfaat uit calciumhydroxylapatiet bestaat en het resterende calcium reageert tot calciumcarbonaat.

Het overgrote deel van het neerslag bestaat uit calciumcarbonaat; het aandeel apatiet bedraagt 15-30 % terwijl de rest bestaat uit CZV-invang en andere neerslagen ten gevolge van de pH-verhoging.

Berekening fosfaatslibproductie uit opvang van totale slibhoeveelheid

Gedurende 24 uur is een aantal malen in fase 4.2 het slibmengsel van het kalkvaatje opgevangen en geanalyseerd op droge stof.

Uit de resultaten blijkt, dat gemiddeld 145 g d.s./d extra wordt gevormd door precipitatie met kalk (spreiding: 125-160 g/d).

Gebaseerd op de gemiddelde spuislibproductie van 615 g/d betekent dit een extra productie van 24 %.

Tijdens deze fase is relatief weinig calcium gedoseerd in de vorm van een verzadigde calciumhydroxide-verbinding. Als daarom wordt aangenomen dat het Ca-gehalte in de waterfase voor en na precipitatie hetzelfde is, dan komen we tot de volgende massabalans.

Inkomend Ca	(g/d)	30
Neergeslagen P (aanname rend. 95 %)	(g/d)	10
Gevormd apatiet	(g/d)	55
Gevormd calciumcarbonaat (uit rest Ca)	(g/d)	20
Samenstelling neerslag:		
Apatiet	(%)	40
Calciumcarbonaat	(%)	15
CZV-invang en andere neerslagen	(%)	45

* Precipitatie met ferrichloride

Berekening fosfaatslibproductie uit opvang van totale slibhoeveelheid

Ook in de tweede helft van fase 5, na vervanging van de kalk door ferrichloride-dosering, is een aantal malen gedurende 24 uur het slibmengsel van het precipitatie-vaatje opgevangen en geanalyseerd op zwevende stof.

Uit de resultaten blijkt dat 100 g d.s./d extra wordt gevormd (spreiding 90-110 g/d).

Dit resulteert in een extra slibproductie van 16 % ten opzichte van de gemiddelde spui van 615 g/d.

Als aangenomen wordt, dat het ferri-ion reageert tot ferrifosfaat en het resterende ijzer tot ferrihydroxide dan wordt de massabalans:

Inkomend Fe	(g/d)	34
Neergeslagen P (aanname rend. 95 %)	(g/d)	10
Gevormd FePO ₄	(g/d)	50
Gevormd Fe(OH) ₃ (uit rest. Fe)	(g/d)	30
Samenstelling neerslag:		
FePO ₄	(%)	50
Fe(OH) ₃	(%)	30
CZV-invang en andere neerslagen	(%)	20

