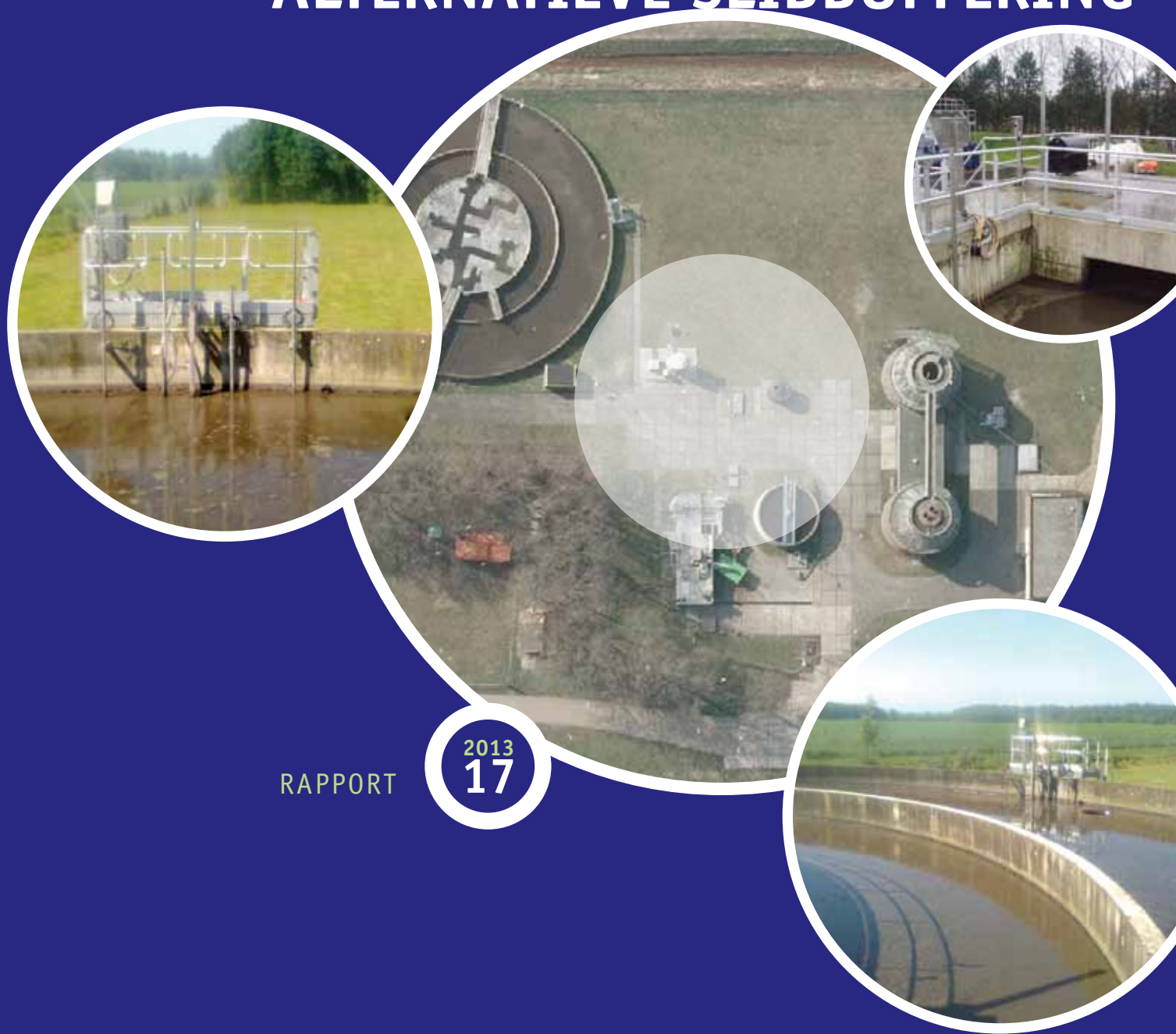


VOORKOMEN VAN SLIBUITSPOELING UIT NABEZINKTANKS DOOR ALTERNATIEVE SLIBBUFFERING



RAPPORT

2013
17

VOORKOMEN VAN SLIBUITSPOELING UIT NABEZINKTANKS
DOOR ALTERNATIEVE SLIBBUFFERING

RAPPORT

2013

17

ISBN 978.90.5773.611.17



COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEURS

Ir. A.G.N. van Bentem, Royal HaskoningDHV
Ir. E.J.H. van Dijk, Royal HaskoningDHV

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Ing. A.H.M. Sengers, Hoogheemraadschap van Schieland en Krimpenerwaard
Ing. O.B. Kluiving, Waterschap Hunze en Aa's
Ir. S.B. Gaastra, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
P.H.M. van Otten, Waterschap Regge en Dinkel
Ing. R. van Dalen, Waterschap Vallei en Veluwe
Ir. P.G. Piekema, Waternet
Drs. H.G. Rekswinkel MSc, Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden
Ir. C.A. Uijterlinde, STOWA

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau
STOWA STOWA 2013-17
ISBN 978.90.5773.611.17

COPYRIGHT De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

DISCLAIMER Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

SAMENVATTING

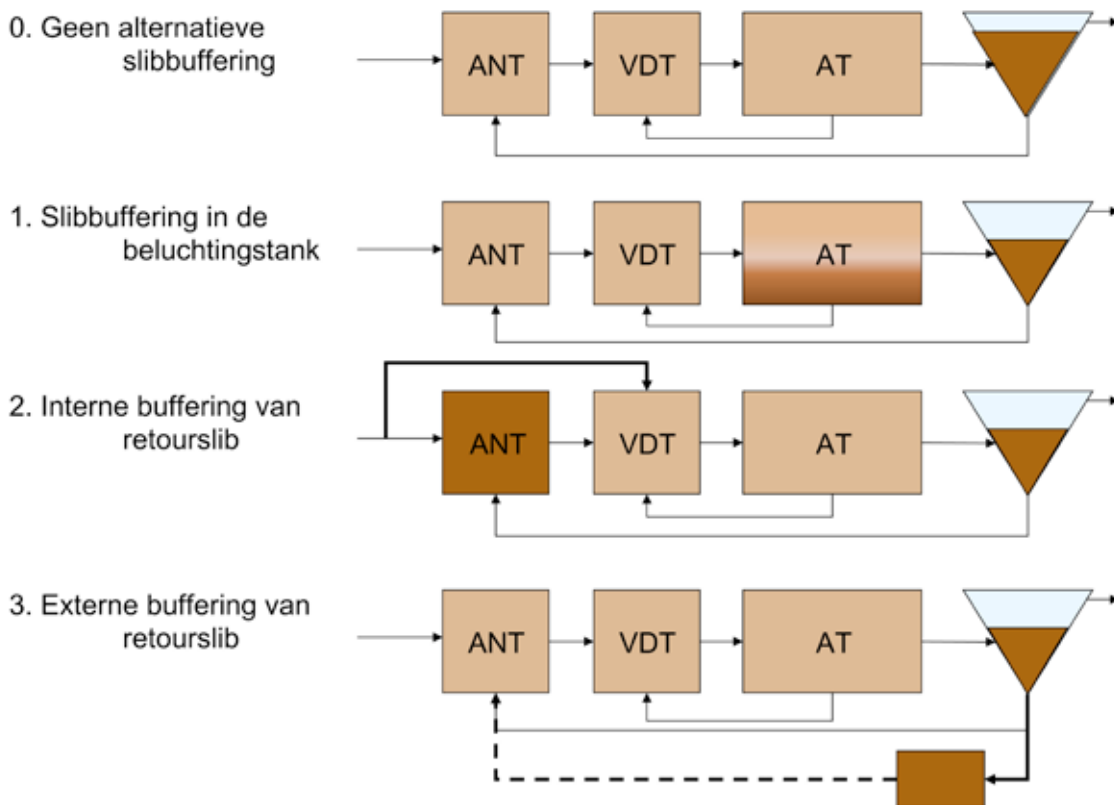
Een goed werkend nabezinkproces is cruciaal voor de effectiviteit van het actiefslibproces en het behalen van de effluenteisen. Bij RWA wordt een deel van het slib in de nabezinktank(s) gebufferd, en wordt het maximale van het nabezinkproces gevraagd. Juist deze slibbuffering is in bestaande situaties vaak een knelpunt, of bij nieuwbouw van nabezinktanks maatgevend. De slibbuffering in de nabezinktanks tijdens RWA kan worden verminderd door het toepassen van slibbuffering in andere delen van de rwzi. Verschillende principes van deze “alternatieve slibbuffering” zijn mogelijk. Zo kan slib tijdens RWA tijdelijk in bijvoorbeeld de anaerobe tank, de beluchtingstank of in een externe slibbuffer worden gebufferd.

Alternatieve slibbuffering leidt tot een hogere toelaatbare belasting op de nabezinktanks en daarmee een hogere hydraulische verwerkingscapaciteit van de rwzi. In het geval van nieuwbouw leidt het tot kleinere nabezinktanks of een meer robuust zuiveringsproces. Ook kan slibbuffering periodiek worden ingezet, als het echt nodig is, bijvoorbeeld in situaties van tijdelijk verminderde slibbezinkingseigenschappen.

De belangrijkste varianten voor alternatieve slibbuffering op een rwzi zijn (zie Afbeelding 1):

- 1 Slibbuffering in de beluchtingstank; buffering van slib in de beluchtingstank door het uitschakelen van beluchters en/of mengers;
- 2 Interne buffering van retourslib; buffering van retourslib in (bijvoorbeeld) de anaerobe tank door het bypassen van (een deel van) het influent langs deze tank;
- 3 Externe buffering van retourslib; buffering van retourslib in een externe slibbuffertank.

AFBEELDING 1 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE VARIANTEN VOOR ALTERNATIEVE SLIBBUFFERING



Het doel van het onderzoek betreft het inventariseren en uitwerken van de mogelijkheden voor alternatieve slibbuffering op communale zuiveringsinstallaties onder Nederlandse omstandigheden. Allereerst is hiertoe een inventarisatie gedaan van de in Nederland aanwezige rwzi's met alternatieve slibbuffering. Op basis van de inventarisatie is vastgesteld dat het grootste deel van de waterschappen gebruik maakt van een vorm van alternatieve slibbuffering. Alternatieve slibbuffering vindt plaats op ruim 10% van de rwzi's. Slibbuffering in de beluchtingstank wordt het meest toegepast. Externe buffering van retourslib wordt alleen bij het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (rwzi Katwoude) toegepast. Interne buffering van retourslib wordt op 11 rwzi's toegepast. Op basis van de inventarisatie zijn drie praktijkcases geselecteerd die nader zijn geanalyseerd. Dit betreft de rwzi Ter Apel (slibbuffering in de beluchtingstank), rwzi Nieuwegein (interne retourslibbuffering) en rwzi Katwoude (externe retourslibbuffering).

Met behulp van verschillende rekenmodellen is de werking van alternatieve slibbuffering onderzocht. Op basis van de resultaten met het statisch model van de slibbalans kan worden aangetoond dat voor alle drie de varianten de slibbuffering een groot effect op de belasting van de nabezinktank heeft. Alternatieve slibbuffering biedt extra ruimte voor de verhoging van het drogestofgehalte, de SVI of de hydraulische belasting van een RWZI. Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat met buffering in de beluchtingstank het grootste effect wordt bereikt. Ook blijkt hierbij dat bij een relatief korte tijd niet-beluchten het effect op de slibvolumebelasting van de nabezintanks al groot kan zijn.

De verschillende methoden voor alternatieve slibbuffering zijn ook met elkaar vergeleken met behulp van een dynamisch model in SIMBA. Hiervoor is een model van de rwzi Nieuwegein als uitgangspunt gebruikt. Het model is gebruikt om de invloed van de verschillende methoden op de effluentkwaliteit te bepalen. Hierbij is met name de invloed van de alternatieve slibbuffering op de stikstof- en fosfaatverwijdering bekeken. Hierbij is gebleken dat interne of externe retourslibbuffering een geringe invloed heeft op de effluentkwaliteit van de rwzi. Bij slibbuffering in de beluchtingstank neemt volgens het model zowel het ammonium- als het fosfaatgehalte van het effluent toe. De mate van verslechtering van de effluentkwaliteit is sterk afhankelijk van de instellingen van de intermitterende beluchterregeling.

Bij slibbuffering in de beluchtingstank is een opvallend groot verschil tussen de praktijkresultaten op rwzi Ter Apel en de modelresultaten. In de praktijk is geen invloed op de fosfaatverwijdering waarneembaar terwijl het model (gebaseerd op de influentsamenstelling en configuratie van de rwzi Nieuwegein) een sterke toename van het effluent-fosfaatgehalte laat zien. Uit een nadere analyse kan worden geconcludeerd dat de mate waarin slibbuffering in de beluchtingstank doorwerkt in het fosfaat-effluentgehalte sterk kan variëren per rwzi. Factoren die hierbij een rol spelen zijn onder andere; de influentsamenstelling, de slibbelasting, de duur en samenstelling van de RWA, de instellingen van de intermitterende beluchterregeling en de systeemconfiguratie.

Er zijn twee situaties waarin alternatieve slibbuffering op een rwzi kan worden toegepast; in het ontwerp van een nieuwe of uit te breiden rwzi of als (nood)oplossing bij een overbelaste rwzi. Als onderdeel in het ontwerp van een nieuwe of uit te breiden rwzi biedt alternatieve slibbuffering een extra ontwerpvrijheid. Hierdoor kan in het ontwerp bijvoorbeeld worden uitgegaan van een hogere hydraulische belasting, een hoger slibgehalte of een kleiner nabezinktankoppervlak. Bij een overbelaste rwzi kan de inpassing van alternatieve slibbuffering een relatief eenvoudige en goedkope maatregel zijn om de hydraulische en/of biologische capaciteit van de rwzi te vergroten, of om problemen met slibuitspoeling op te lossen. Voor

deze situatie zal het toepassen van slibbuffering in de beluchtingstank het eenvoudigst te realiseren zijn. De invloed op de effluentkwaliteit is echter het grootst, maar is sterk afhankelijk van de instelling van de intermitterende beluchterregeling. Deze instelling dient per rwzi te worden geoptimaliseerd, waarbij de invloed daarvan op zowel de slibbezinking en de effluentkwaliteit dient te worden beoordeeld. Hiervoor is een stappenplan opgesteld.

Indien alternatieve slibbuffering wordt ingepast in een bestaande rwzi met overbelaste nabezinktanks heeft dit een directe positieve invloed op de effluentkwaliteit, omdat slibuitspoeling wordt voorkomen. Door het verminderen van slibuitspoeling wordt niet alleen het jaargemiddeld effluent zwevende-stofgehalte verlaagd, maar ook de daaraan gerelateerde CZV, N- en P-gehalten. Voor een rwzi van 100.000 v.e. die op rijkswater loost kan dit leiden tot een besparing van ordegrrootte € 40.000 per jaar.

DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen en de provincies.

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van inventarisaties van de behoefte bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n 6,5 miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 033 - 460 32 00.

Ons adres luidt: STOWA, Postbus 2180, 3800 CD Amersfoort.

Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl

VOORKOMEN VAN SLIBUITSPOELING UIT NABEZINKTANKS DOOR ALTERNATIEVE SLIBBUFFERING

INHOUD

	COLOFON	
	SAMENVATTING	
1	INLEIDING	1
2	ACHTERGRONDEN EN OPZET VAN HET ONDERZOEK	3
2.1	Inleiding	3
2.2	Varianten alternatieve slibbuffering	3
2.3	Doel van het onderzoek	4
2.4	Opzet van het onderzoek	4
3	INVENTARISATIE	6
3.1	Inleiding	6
3.2	Enquête	6
3.3	Resultaten	6
3.4	Selectie praktijkcases	7

4	RWZI TER APEL: SLIBBUFFERING IN DE BELUCHTINGSTANK	9
4.1	Inleiding	9
4.2	Beschrijving alternatieve slibbuffering	10
4.3	Bedrijfsgegevens	11
4.4	Resultaten	12
4.4.1	Inleiding	12
4.4.2	Slibbufferregeling actief	12
4.4.3	Slibbufferregeling niet actief	14
4.5	Evaluatie	15
4.5.1	Inleiding	15
4.5.2	Drogestofbalans	15
4.5.3	Effluentkwaliteit - Stikstof	16
4.5.4	Effluentkwaliteit - Fosfaat	17
4.6	Conclusies	19
5	RWZI NIEUWEGEIN: INTERNE BUFFERING VAN RETOURSLIB	20
5.1	Inleiding	20
5.2	Beschrijving alternatieve slibbuffering	21
5.3	Bedrijfsgegevens	23
5.4	Resultaten	23
5.4.1	Inleiding	23
5.4.2	Resultaten december 2012	24
5.5	Conclusies	25
6	RWZI KATWOUDE: EXTERNE BUFFERING VAN RETOURSLIB	26
6.1	Inleiding	26
6.2	Beschrijving alternatieve slibbuffering	27
6.2.1	Ontwerpgegevens	27
6.2.2	Uitvoering	28
6.3	Bedrijfsgegevens	29
6.4	Resultaten	30
6.4.1	Inleiding	30
6.4.2	Test 1: 12 oktober 2012	30
6.4.3	Test 2: 18 december 2012	32
6.5	Conclusies	34
7	STATISCHE MODELLERING SLIBBALANS	35
7.1	Inleiding	35
7.2	Opzet model	35
7.3	Gevoeligheidsanalyse interne en externe buffering van retourslib	38
7.4	Gevoeligheidsanalyse buffering in de beluchtingstank	40
7.5	Conclusies	41
8	DYNAMISCHE MODELLERING SLIBBALANS	42
8.1	Inleiding	42
8.2	RWZI Ter Apel	42
8.3	RWZI Nieuwegein	43
8.4	RWZI Katwoude	44
8.5	Conclusies	45

9	DYNAMISCHE MODELLERING EFFLUENTKWALITEIT	46
9.1	Inleiding	46
9.2	Opzet model	46
9.3	Resultaten	47
9.3.1	Inleiding	47
9.3.2	Referentievariant	48
9.3.3	Slibbuffering in de beluchtingstank	49
9.3.4	Interne retourslibbuffering	49
9.3.5	Externe retourslibbuffering	50
9.3.6	Vergelijking van de varianten	50
9.4	Gevoeligheidsanalyse	51
9.4.1	Inleiding	51
9.4.2	Instelling intermitterende beluchting	51
9.4.3	Duur van RWA en first-flush	52
9.5	Conclusies	53
10	EVALUATIE	54
10.1	Inleiding	54
10.2	Effluentkwaliteit	54
10.3	Biologische fosfaatverwijdering	55
10.3.1	Inleiding	55
10.3.2	Verschillen tussen rwzi Nieuwegein en rwzi Ter Apel	55
10.3.3	Aanvullende meting rwzi Ter Apel	56
10.3.4	Analyse fosfaatpieken	57
10.3.5	RWZI Katwoude	58
10.3.6	Conclusies	58
10.4	Voorkomen van slibuitspoeling	59
11	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	61
11.1	Conclusies	61
11.1.1	Praktijkresultaten	61
11.1.2	Modelresultaten	61
11.1.3	Toepassing alternatieve slibbuffering	62
11.2	Aanbevelingen	63
12	REFERENTIES	65
	BIJLAGEN	
1	Correctie drogestofmeting rwzi Ter Apel	66
2	Praktijkresultaten rwzi Ter Apel	68
3	Modellering effluentkwaliteit – Referentievariant	72
4	Modellering effluentkwaliteit – Slibbuffering in de beluchtingstank	74
5	Modellering effluentkwaliteit – Interne buffering van retourslib	76
6	Modellering effluentkwaliteit – Externe buffering van retourslib	78

1

INLEIDING

Een goed werkend nabezinkproces is cruciaal voor de werking van het actiefslibproces en het behalen van de effluenteisen. Bij RWA wordt een deel van het slib in de nabezinktank(s) gebufferd, en wordt het maximale van het nabezinkproces gevraagd. Juist deze slibbuffering is in bestaande situaties vaak een knelpunt, of is bij nieuwbouw van nabezinktanks vaak maatgevend. De slibbuffering in de nabezinktanks tijdens RWA kan worden verminderd door het toepassen van slibbuffering in andere delen van de rwzi. Verschillende principes van deze 'alternatieve slibbuffering' zijn mogelijk. Zo kan slib tijdens RWA tijdelijk in de anaerobe tank, de voordenitrificatietank, de beluchtingstank of in een externe slibbuffer worden gebufferd.

Alternatieve slibbuffering leidt tot een hogere toelaatbare belasting op de nabezinktanks en daarmee een hogere hydraulische verwerkingscapaciteit van de rwzi. In het geval van nieuwbouw leidt het tot kleinere nabezinktanks of een meer robuust zuiveringsproces. Ook kan slibbuffering periodiek worden ingezet, als het echt nodig is, bijvoorbeeld in situaties van tijdelijk verminderde slibbezinkingseigenschappen.

AFBEELDING 2

ALTERNATIEVE SLIBBUFFERING OP DE RWZI KATWOUDE



In dit rapport zijn de mogelijkheden voor alternatieve slibbuffering op communale zuiveringsinstallaties onder Nederlandse omstandigheden onderzocht. In hoofdstuk 2 is beschreven welke uitvoeringsvormen in Nederland worden toegepast en is nader ingegaan op de doelstellingen en opzet van het onderzoek. De eerste stap van het onderzoek was een enquête onder de waterschappen. De opzet en resultaten van deze inventarisatie zijn beschreven in hoofdstuk 3. Voor verschillende uitvoeringsvormen is de werking van alternatieve slibbuffering op drie praktijkinstallaties onderzocht. Dit betreft achtereenvolgens de rwzi Ter Apel (hoofdstuk 4), de rwzi Nieuwegein (hoofdstuk 5) en de rwzi Katwoude (hoofdstuk 6). Vervolgens is met behulp van modellen de invloed van alternatieve slibbuffering op de slibbalans (hoofdstuk 7 en 8) en de effluentkwaliteit (hoofdstuk 9) geanalyseerd. De resultaten van deze studie zijn in hoofdstuk 10 nader geëvalueerd. De belangrijkste conclusies en aanbevelingen zijn in hoofdstuk 11 weergegeven.

2

ACHTERGRONDEN EN OPZET VAN HET ONDERZOEK

2.1 INLEIDING

Alternatieve slibbuffering kan op verschillende manieren worden toegepast. In paragraaf 2.2 zijn de verschillende varianten toegelicht en zijn de voor- en nadelen van alternatieve slibbuffering beschreven. In paragraaf 2.3 zijn de doelstellingen van het onderzoek nader toegelicht. De opzet van het onderzoek is uiteengezet in paragraaf 2.4.

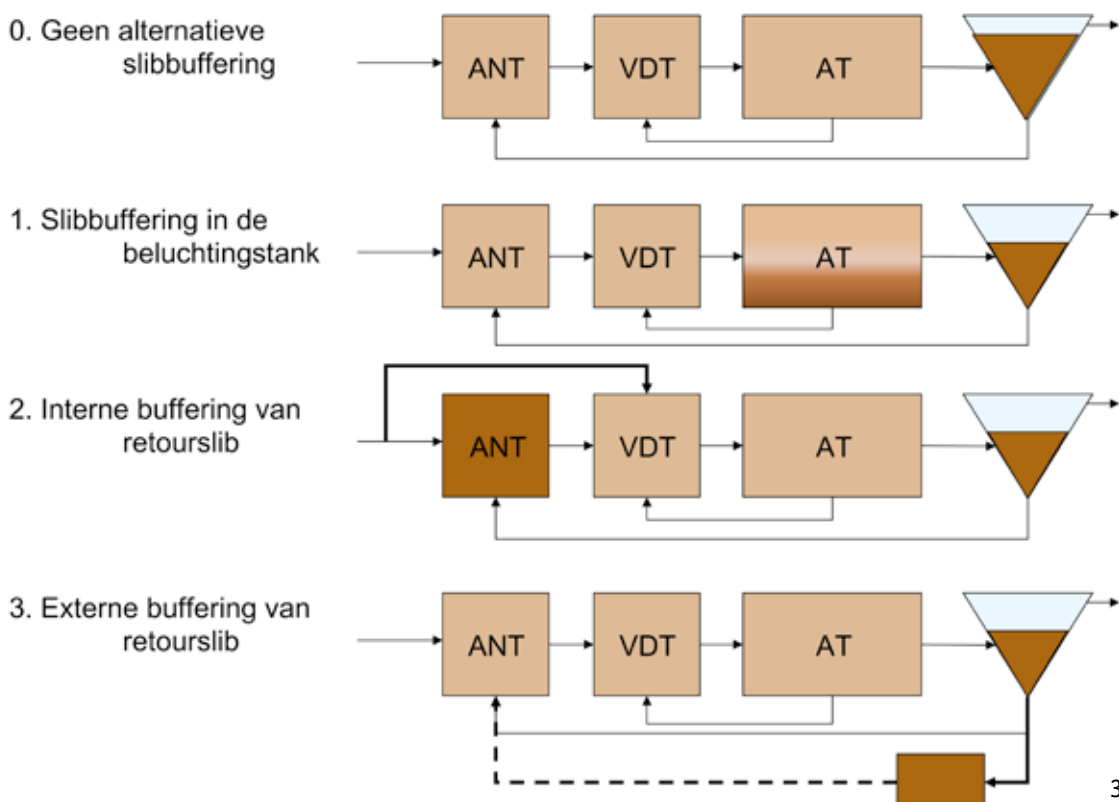
2.2 VARIANTEN ALTERNATIEVE SLIBBUFFERING

De belangrijkste varianten voor alternatieve slibbuffering op een rwzi zijn:

- 1 Slibbuffering in de beluchtingstank; buffering van slib in de beluchtingstank door het uitschakelen van beluchters en/of mengers;
- 2 Interne buffering van retourslib; buffering van retourslib in (bijvoorbeeld) de anaërobe tank door het bypassen van (een deel van) het influent langs deze tank;
- 3 Externe buffering van retourslib; buffering van retourslib in een externe slibbuffertank.

De verschillende varianten zijn schematisch weergegeven in Afbeelding 3

AFBEELDING 3 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE VARIANTEN VOOR ALTERNATIEVE SLIBBUFFERING



Alternatieve slibbuffering op rwzi's vertaalt zich in potentiële voordelen voor de rwzi én de waterketen als geheel:

- Het verwerken van meer regenwater in een bestaande installatie. Hiermee kunnen bijv. investeringen in de riolering (bergbassins) worden voorkómen.
- Een verbeterde effluentkwaliteit als gevolg van een verminderd risico op slibuitspoeling, of een verminderde overstort vanuit een regenwaterbassin.
- Indien het actiefslib zodanig variërende bezinkingseigenschappen (SVI) kent waardoor periodiek niet de maximale aanvoer kan worden verwerkt, of het slibgehalte omlaag gebracht moet worden, kunnen deze ongewenste maatregelen, door het inschakelen van de alternatieve slibbuffering, worden voorkómen.
- Bij goede slibbezinkingseigenschappen is bij toepassing van alternatieve slibbuffering een bedrijfsvoering bij een hoger slibgehalte mogelijk. Dit resulteert vervolgens weer in een verbeterde effluentkwaliteit.
- Ook bij het uitbreiden van de rwzi met nageschakelde effluentfiltratie zijn er potentiële voordelen te noemen, zoals de mogelijkheid om het spoelwater te verwerken zonder het bijbouwen van nabezinkcapaciteit, en minder risico's ten aanzien van een verhoogde drogestofbelasting voor de filters.

Bovengenoemde voordelen vertalen zich in lagere kosten (investering en/of operationele) voor de waterketen en/of de rwzi.

2.3 DOEL VAN HET ONDERZOEK

Het doel van het onderzoek betreft het inventariseren en uitwerken van de mogelijkheden voor alternatieve slibbuffering op communale zuiveringsinstallaties onder Nederlandse omstandigheden. Deze doelstelling kan worden vertaald in de volgende elementen:

- Het kwalitatief en kwantitatief inzicht geven in de verschillende principes van alternatieve slibbuffering bij rwzi's.
- Het bepalen van de potentie van alternatieve slibbuffering voor de rwzi, met betrekking tot:
 - de verbetering van de effluentkwaliteit (toepassen van hoger slibgehalte);
 - het verwerken van meer regenwater (o.a. minder overstorten);
 - het verbruik van minder chemicaliën (ten behoeve van de bestrijding van een hoge SVI en/of in nageschakelde filtratie);
 - het voorkomen van kritische situaties met betrekking tot zwevendestof-uitspoeling.

2.4 OPZET VAN HET ONDERZOEK

De invloed van alternatieve slibbuffering op de werking van de rwzi kan op verschillende manieren worden beoordeeld. Allereerst is er de invloed op de slibbalans, met name de wijze waarop tijdens RWA het slib wordt gebufferd. De slibbalans kan bij interne en externe retour-slibbuffering theoretisch worden berekend en empirisch relatief eenvoudig worden vastgesteld. Bij slibbuffering in de beluchtingstank is de theoretische berekening minder goed mogelijk. De slibbalans bij de verschillende varianten is daarom zowel in de praktijk als met een statisch slibbalansmodel onderzocht.

Daarnaast heeft alternatieve slibbuffering invloed op de effluentkwaliteit. Deze invloed is niet eenduidig in de praktijk vast te stellen. Vaak is geen referentiesituatie aanwezig en ook de vergelijking tussen de verschillende methoden van alternatieve slibbuffering is lastig. De invloed van alternatieve slibbuffering is daarom met behulp van dynamische simulatie vastgesteld

Het project is opgedeeld in vier activiteiten, die hieronder zijn toegelicht.

Activiteit 1: Inventarisatie

Allereerst is een inventarisatie gedaan van de in Nederland aanwezige rwzi's met alternatieve slibbuffering. Dit heeft plaatsgevonden door middel van een e-mail aan de procestechnologen van de Waterschappen. De opzet en de resultaten van deze inventarisatie zijn beschreven in hoofdstuk 3.

Activiteit 2: Werking praktijkinstallaties

Op basis van de inventarisatie is een goed beeld verkregen van de in Nederland aanwezige rwzi's die gebruik maken van alternatieve slibbuffering. Ook is een indruk verkregen van de ervaringen van de betrokken waterschappen met deze methoden. Op basis hiervan zijn drie praktijkcases geselecteerd die nader zijn geanalyseerd. De werking van de alternatieve slibbuffering is gemonitord. Hierbij is zoveel mogelijk relevante informatie verzameld om de werking van de alternatieve slibbuffering te kunnen beoordelen. De selectie van de drie praktijkcases is beschreven in paragraaf 3.4. In hoofdstuk 4, 5 en 6 zijn de drie praktijkcases beschreven.

Activiteit 3: Drogestofbalans en gevoeligheidsanalyse

Met het simulatieprogramma Matlab is voor elke praktijkcase een drogestofbalansmodel opgesteld. Enerzijds zijn deze modellen gebruikt om de werking van de alternatieve slibbuffering in de praktijkcases te analyseren en verifiëren. Daarnaast is voor elk type slibbuffering een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Hierbij wordt bijvoorbeeld de invloed van de grootte van de slibbuffertank, het slibgehalte en de SVI berekend. Op basis van deze gevoeligheidsanalyse wordt een indruk verkregen van de mogelijkheden en grenzen van elke methode, en kunnen de methoden met elkaar worden vergeleken. De opzet en resultaten van activiteit 3 zijn beschreven in hoofdstuk 7 en 8.

Activiteit 4: Vergelijking alternatieven (m.b.t. effluentkwaliteit)

De verschillende methoden voor alternatieve slibbuffering zijn met elkaar vergeleken met behulp van een dynamisch model in SIMBA. Hiervoor is een model van de rwzi Nieuwegein als uitgangspunt gebruikt. Het model is gebruikt om de invloed van de verschillende methoden op de effluentkwaliteit te bepalen. Hierbij is met name de invloed van de alternatieve slibbuffering op de stikstof- en fosfaatverwijdering bekeken. De opzet en resultaten van activiteit 4 zijn beschreven in hoofdstuk 9.

3

INVENTARISATIE

3.1 INLEIDING

In mei 2012 is een enquête gehouden onder alle waterschappen. Het doel van de enquête was om inzicht te krijgen in welke waterschappen alternatieve slibbuffering toepassen, op welke wijze zij dit doen en op welke rwzi's. De opzet van de enquête is beschreven in paragraaf 3.2. De resultaten zijn in paragraaf 3.3 gepresenteerd. Op basis van de inventarisatie zijn drie rwzi's geselecteerd die in het vervolg van dit rapport zijn beschreven en geanalyseerd. De selectie van deze rwzi's is in paragraaf 3.4 beschreven.

3.2 ENQUÊTE

In de enquête zijn de volgende zes vragen gesteld:

- 1 Wordt alternatieve slibbuffering toegepast binnen uw waterschap en zo ja, op welke manier? Graag de naam van de waterzuiveringsinstallatie opnemen bij de toepassing.
- 2 Wat was de aanleiding om alternatieve slibbuffering toe te passen?
- 3 Kunt u per case aangeven (orde van grootte) wat de vergroting van de hydraulische capaciteit is door toepassing van alternatieve slibbuffering?
- 4 Kunt u per case kort aangeven of en op welke wijze de effluentkwaliteit is veranderd door toepassing van alternatieve slibbuffering?
- 5 Kunt u per case aangeven welke regeling u toepast voor de alternatieve slibbuffering? Bijvoorbeeld regeling op basis van slibdekenhoogte in de nabezinktanks of op basis van aanvoerdebit?
- 6 In dit STOWA onderzoek gaan wij een aantal praktijkcases analyseren om een beter beeld te verkrijgen van het effect van alternatieve slibbuffering. Is er binnen uw waterschap een waterzuiveringsinstallatie aanwezig die hiervoor in aanmerking komt?

3.3 RESULTATEN

Op basis van de inventarisatie is vastgesteld dat het grootste deel van de waterschappen gebruik maakt van een vorm van alternatieve slibbuffering. Van de 24 waterschappen hebben 19 waterschappen een reactie gegeven. Hiervan passen 14 waterschappen een vorm van alternatieve slibbuffering toe. De gegevens hiervan zijn samengevat in Tabel 1.

Alternatieve slibbuffering vindt plaats op ruim 10% van de rwzi's. In de tabel zijn de volgende methoden van alternatieve slibbuffering onderscheiden:

- AT : Slibbuffering in de beluchtingstank;
- RS Intern : Interne buffering van retourslib;
- RS Extern : Externe buffering van retourslib.

Slibbuffering in de beluchtingstank wordt het meest toegepast. Externe buffering van retourslib wordt alleen bij het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (rwzi Katwoude) toe-

gepast. Interne buffering van retourslib wordt op 11 rwzi's toegepast. De reden om dit toe te passen is niet altijd het ontlasten van de nabezinktanks. Bij Waternet wordt binnenkort op enkele rwzi's een gedeeltelijke by-pass bij RWA toegepast om de stabiliteit van de biologische fosfaatverwijdering te waarborgen. Ook bij Aa en Maas zijn er rwzi's waarbij de anaërobe tank / selector nooit meer dan DWA krijgt aangeboden. De reden hiervoor is SVI-beheersing.

TABEL 1

RESULTATEN INVENTARISATIE

Nr.	Waterschap	Type	Rwzi's	Opmerkingen
1	Aa en Maas	RS Intern ¹	Asten, Vinkel, Dinther	Reden: SVI beheersing
2	De Dommel	AT	St. Oedenrode	Nog niet in praktijk
3	Fryslan	AT	Kleinere rwzi's (12 van de 28)	Noodmaatregel bij hoge slibdeken
4	Hollandse Delta	RS Intern	Ridderkerk	Sinds 2004
5	Hollands Noorderkwartier	RS Extern	Katwoude	
		AT	Wieringermeer, Wieringen	
6	Hunze en Aa's	AT	Alle 13 rwzi's	Standaardregeling
7	Noorderzijvest	AT	Gaarkeuken	
8	Regge en Dinkel	AT	Almelo-Sumpel, Vriezeveen, Vroomshoop	
9	Rijn en IJssel	AT	Zutphen	Testfase
10	Scheldestromen	AT	Oostburg, Breskens	
11	Stichtse Rijnlanden	RS Intern	Nieuwegein, Woerden, Zeist	
12	Velt en Vecht	AT	Sleen, Coevorden	
13	Veluwe	AT	Hatterwijk, Harderwijk	
14	Waternet	RS Intern ¹	Hilversum, Horstermeer	Reden: bio-P Nog niet in praktijk

1 Het influent wordt bij RWA deels gebypast

3.4 SELECTIE PRAKTIJKCASES

Naar aanleiding van de inventarisatie zijn drie praktijkcases geselecteerd welke nader zijn onderzocht. In overleg met de begeleidingscommissie is besloten om van de drie varianten voor alternatieve slibbuffering één representant te selecteren. Bij de selectie van de praktijkcases was de aanwezigheid van on-line meetapparatuur een belangrijke randvoorwaarde. Dit betreft enerzijds drogestofmeters en slibspiegelmetingen om de slibbalans te kunnen monitoren, en anderzijds kwaliteitsmetingen (NH_4 , NO_3 , PO_4) om de invloed op de effluentkwaliteit te kunnen beoordelen.

De geselecteerde rwzi's zijn weergegeven in Tabel 2.

TABEL 2

SELECTIE PRAKTIJKCASES ALTERNATIEVE SLIBBUFFERING

Nr.	Type	Rwzi	Waterschap	Hoofdstuk
1	Slibbuffering in de beluchtingstank	Ter Apel	WS Hunze en Aa's	4
2	Interne buffering van retourslib	Nieuwegein	HH de Stichtse Rijnlanden	5
3	Externe buffering van retourslib	Katwoude	HH Hollands Noorderkwartier	6

Praktijkcase 1: Slibbuffering in de beluchtingstank

Het Waterschap Hunze en Aa's heeft een standaardregeling voor slibbuffering in de beluchtingstank op alle rwzi's. Het is een regeling die relatief vaak (bijna elke RWA) in werking treedt, zodat veel data beschikbaar zijn. De rwzi Ter Apel is een m-UCT-proces met één straat en één nabezinktank. Er zijn analysers (NH_4 , NO_3 , drogestofgehalte AT en slibspiegel), maar geen PO_4 -analyser.

Praktijkcase 2: Interne buffering van retourslib

De rwzi's Ridderkerk en Nieuwegein zijn de enige rwzi's waarop bij RWA een volledige bypass van de anaërobe en/of voordennitrificatietank plaatsvindt. Op de rwzi Ridderkerk is geen enkele on-line analyser aanwezig, waardoor deze niet in aanmerking komt. Op de rwzi Nieuwegein zijn veel analysers aanwezig (NH_4 , NO_3 , PO_4 en slibspiegel). Ten behoeve van het onderzoek is een drogestofmeter voor de beluchtingstank aangeschaft. Tevens is tijdelijk een drogestofmeter in de anaërobe tank geplaatst.

Praktijkcase 3: Externe buffering van retourslib

De rwzi Katwoude is de enige rwzi in Nederland waar dit principe wordt toegepast. Op de rwzi zijn alle relevante analysers aanwezig.

4

RWZI TER APEL: SLIBBUFFERING IN DE BELUCHTINGSTANK

4.1 INLEIDING

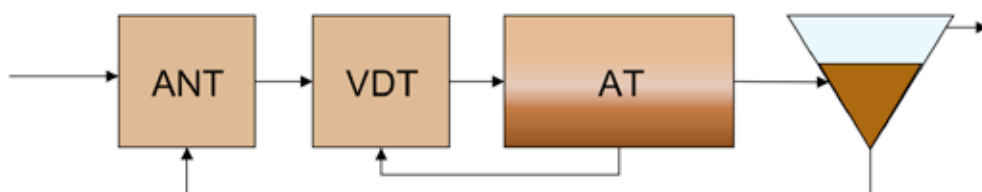
De rwzi Ter Apel van het Waterschap Hunze en Aa's is in 2005 uitgebreid en aangepast. De rwzi is een m-UCT systeem met achtereenvolgens een anaërobe tank / selector, een voordentrificatietank, een beluchtingstank en een nabezinktank. Fosfaatverwijdering vindt volledig biologisch plaats. Het slib wordt gravitair ingedikt en vervolgens afgevoerd voor verdere verwerking. De oude slibgistingstanks (zie Afbeelding 4) zijn omgebouwd tot slibbuffertanks.

AFBEELDING 4 LUCHTFOTO VAN DE RWZI TER APEL



In dit hoofdstuk is de werking van de alternatieve slibbuffering op de rwzi Ter Apel beschreven en geanalyseerd. Op de rwzi Ter Apel wordt slibbuffering in de beluchtingstank toegepast (zie Afbeelding 5). In paragraaf 4.2 is de opzet en regeling van de alternatieve slibbuffering toegelicht. De resultaten van de alternatieve slibbuffering zijn beschreven in paragraaf 4.4. In paragraaf 4.5 zijn de resultaten geëvalueerd. De conclusies zijn weergegeven in paragraaf 4.6.

AFBEELDING 5 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN SLIBBUFFERING IN DE BELUCHTINGSTANK



4.2 BESCHRIJVING ALTERNATIEVE SLIBBUFFERING

De ontwerpcapaciteit van de rwzi bedraagt 28.330 i.e. (à 150 g TZV per dag) met een RWA van 875 m³/h. Hierbij is uitgegaan van een toekomstig bedrijventerrein, wat echter nog niet is gerealiseerd. Hierdoor is de actuele belasting 23.070 i.e. (à 150 g TZV per dag) en bedraagt de RWA 695 m³/h. De oppervlaktebelasting van de nabezinktank is hierbij maximaal 0,70 m³/(m².h). In Tabel 3 zijn de ontwerpgegevens van de nabezinktank, en de invloed hierop van de alternatieve slibbuffering, weergegeven. De volgens de STORA-richtlijn [ref. 1] toepasbare oppervlaktebelasting is grafisch weergegeven in Afbeelding 6. Volgens de STORA-richtlijn is bij de actuele procesomstandigheden (DS-gehalte bij DWA van 3,7 g/l en een SVI 120 ml/g) een oppervlaktebelasting van 0,85 m³/(m².h) toegestaan. Dit betekent dat de rwzi momenteel zowel biologisch als hydraulisch onderbelast is.

TABEL 3

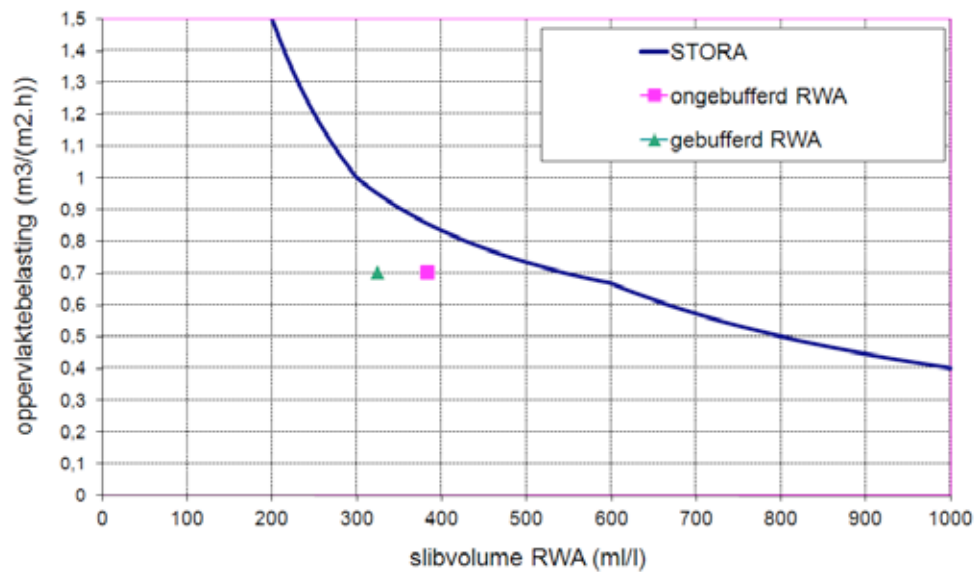
INVLOED VAN DE ALTERNATIEVE SLIBBUFFERING OP DE PROCESOMSTANDIGHEDEN

Parameter	Eenheid	Zonder slibbuffering	Met slibbuffering
RWA-debiet	m ³ /h	695	695 (vanaf 500)
Nabezinktankoppervlak	m ²	990	990
Drogestofgehalte DWA	kg DS/m ³	3,7	3,7
Drogestofgehalte RWA	kg DS/m ³	3,2	2,7 (gemiddeld)
SVI	ml/g	120	120
Slibvolume RWA	ml/l	384	324
Toelaatbare oppervlaktebelasting	m ³ /(m ² .h)	0,85	0,95
Actuele oppervlaktebelasting	m ³ /(m ² .h)	0,70	0,70

Eén van de redenen dat op de rwzi Ter Apel, ondanks de onderbelasting van de nabezinktanks, alternatieve slibbuffering wordt toegepast is dat de slibeigenschappen niet altijd goed lijken te zijn. In 2007 is er een slibuitspoeling geweest bij een verhoogd slibgehalte. Een nadere analyse [ref. 2] heeft uitgewezen dat de indikbaarheid van het slib in die periode minder goed was dan op basis van de SVI zou mogen worden verwacht. Dit had tot gevolg dat het retourslibgehalte lager was dan verwacht. Mogelijk dat een gedeeltelijke kortsluitstroom bij de retourslibonttrekking dit effect verder heeft vergroot.

Op de rwzi Ter Apel is, net als op alle 13 rwzi's van het waterschap Hunze en Aa's, gekozen voor een slibbufferregeling die op basis van het influentdebiet wordt geactiveerd. Indien het influentdebiet gedurende een instelbare tijd (b.v. 60 minuten) hoger is dan een instelbare waarde (op rwzi Ter Apel: 500 m³/h), wordt de beluchting en de voortstuwing in de beluchtingstank uitgeschakeld. Om anaërobe omstandigheden, en daarmee het risico op fosfaat-afgifte, tegen te gaan, wordt de beluchting af en toe aangezet. Op de rwzi Ter Apel wordt de beluchting na 40 minuten stilstand telkens 10 minuten aangezet. Als het influentdebiet gedurende een instelbare tijd (b.v. 60 minuten) weer onder de ingestelde waarde komt, dan neemt de normale beluchterregeling het weer over en worden ook de voortstuwingswaaier weer aangezet.

AFBEELDING 6 NABEZINKTANKBELASTING OP DE RWZI TER APEL VOLGENS DE STORA-RICHTLIJN



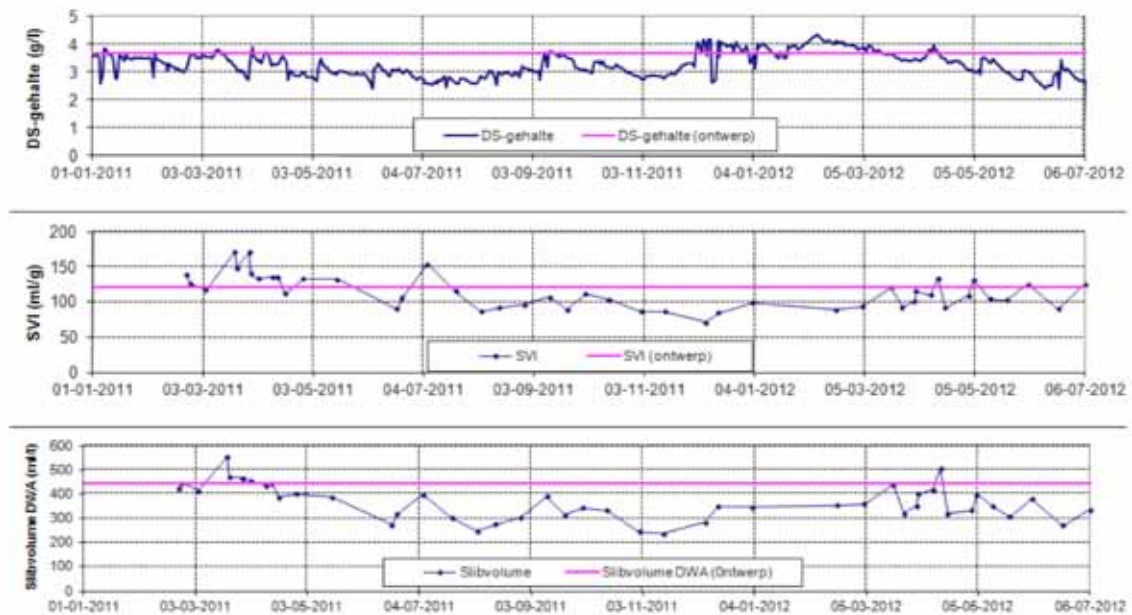
De reden dat het Waterschap Hunze en Aa's voor deze regeling heeft gekozen is de eenvoud en robuustheid. Doordat er geen gebruik wordt gemaakt van drogestofanalysers en/of slibspiegelmetingen is er geen onderhoud nodig. Het waterschap heeft standaard software ontwikkeld welke op elke rwzi wordt toegepast.

Door de opzet van de slibbufferregeling is deze bij elke RWA-situatie, die gedurende meer dan één uur leidt tot een influentdebiet groter dan 500 m³/h, actief. Dit betekent dat de regeling vaak in komt. Doordat hierbij niet wordt gekeken naar het actuele drogestofgehalte, de slibspiegel en/of de SVI, kan het zo zijn dat het inschakelen van de regeling niet nodig was geweest. De instellingsparameters (RWA-debiet, tijdsinstellingen) zijn gebaseerd op praktijkervaringen op de rwzi.

4.3 BEDRIJFSGEGEVENS

Het verloop van het drogestofgehalte en de SVI in de periode van 2011 tot augustus 2012 is weergegeven in Afbeelding 7. Op de rwzi Ter Apel wordt een sibleeftijdregeling toegepast. Dat wil zeggen dat het slibgehalte in de zomer wordt verlaagd. Het slibgehalte neemt in de zomer af tot ruim onder de 3 g/l. In de winter van 2011/2012 is het slibgehalte enkele maanden iets boven de 4 g/l geweest. Hierbij was de SVI echter relatief laag met 100 ml/g. De SVI varieert grofweg tussen 90 en 150 ml/g. Het ontwerp-slibvolume bij DWA bedraagt 120 ml/g x 3,7 g/l = 444 ml/l. Het slibvolume bij DWA is in deze periode alleen gedurende zeer korte periodes boven deze waarde gekomen. Het grootste deel van de tijd ligt het DWA-slibvolume tussen 300 en 400 ml/l.

AFBEELDING 7 HET VERLOOP VAN HET DROGESTOFGEHALTE EN DE SVI OP DE RWZI TER APEL



4.4 RESULTATEN

4.4.1 INLEIDING

In een jaar tijd (augustus 2011 tot en met juli 2012) is de regeling op 48 dagen actief geweest. Dit betekent dat in dat jaar op circa 13% van de dagen de regeling actief was. De gemiddelde tijdsduur dat de regeling actief was bedroeg ruim 6 uur per dag. In totaal is de regeling in een jaar tijd ruim 300 uur in bedrijf geweest. Dit is circa 3,5% van de tijd. Dit betekent dat ten gevolge van de regeling de beluchting circa 240 uur per jaar wordt uitgeschakeld.

Aangezien de nabezinktank onderbelast is, is het mogelijk om de regeling uit te zetten. Gedurende een periode van bijna 3 maanden is de regeling uitgezet, ten behoeve van dit STOWA-onderzoek. Hierdoor is het mogelijk om het effect van de regeling op de drogestofbalans en de effluentkwaliteit te beoordelen.

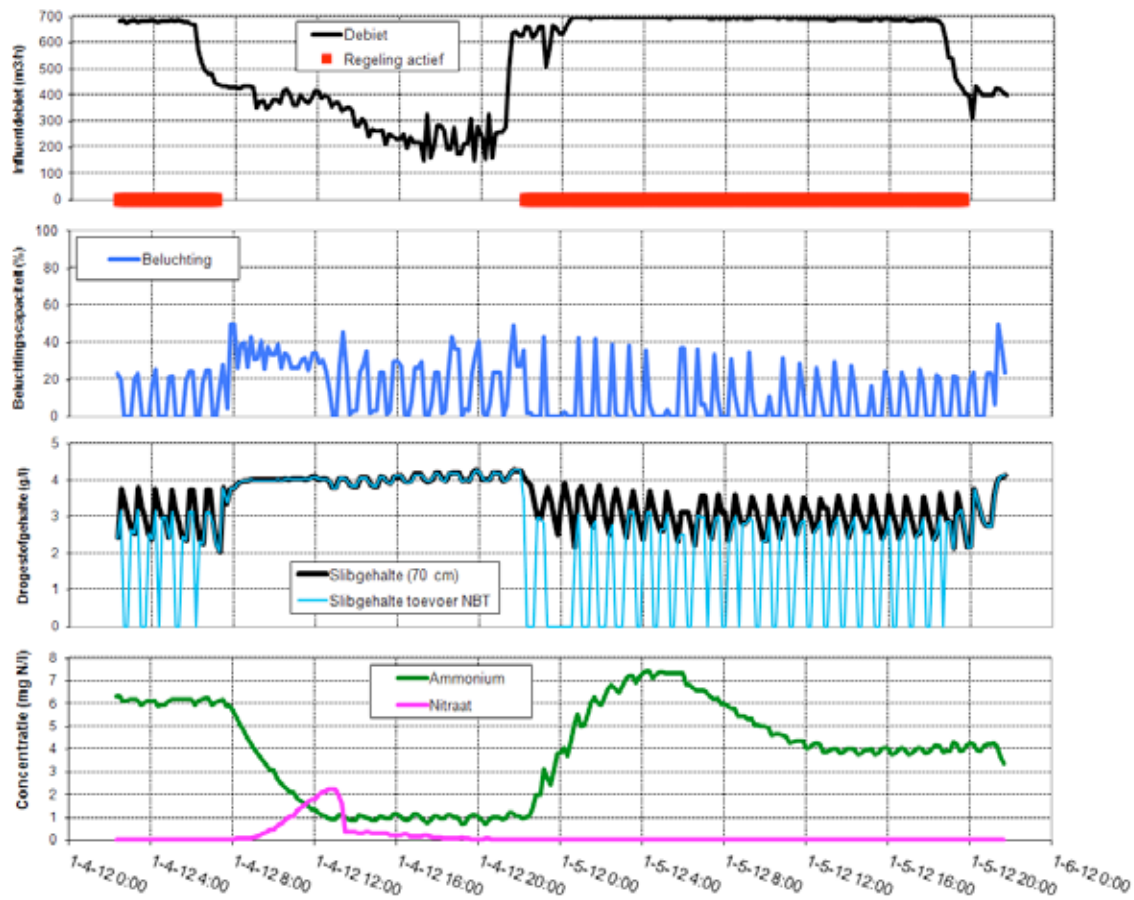
4.4.2 SLIBBUFFERREGELING ACTIEF

Op 5 januari 2012 was de slibbufferregeling 17 uur actief. Dit is de maximale tijd dat de regeling op één dag actief is geweest. Op deze dag is de beluchting 26 keer ingeschakeld. De resultaten van deze dag zijn grafisch weergegeven in Afbeelding 8. In deze afbeelding zijn achtereenvolgens het influentdebiet, de beluchtingscapaciteit, het drogestofgehalte, het ammonium- en nitraatgehalte weergegeven. In de bovenste grafiek is tevens aangegeven of de slibbufferregeling actief was¹.

Zoals blijkt uit de bovenste grafiek is de slibbufferregeling het grootste deel van de dag actief geweest. De beluchting (2^e grafiek) is hierbij intermitterend. Opvallend is dat ook als de slibbufferregeling niet actief is, de beluchting intermitterend kan zijn. De beluchting wordt aangestuurd door een NH_4/O_2 -cascaderegeling. Bij een onderschrijding van de ammoniumwaarde kan de beluchting worden uitgeschakeld. In de praktijk gebeurt dit vaak.

¹ De tag "slibbufferregeling actief" is niet beschikbaar. Of de regeling actief was is bepaald op basis van het influentdebiet. Dit kan betekenen dat deze in de grafiek niet exact overeenkomt met de werkelijke situatie.

AFBEELDING 8 DE WERKING VAN DE SLIBBUFFERREGELING OP 4 EN 5 JANUARI 2012



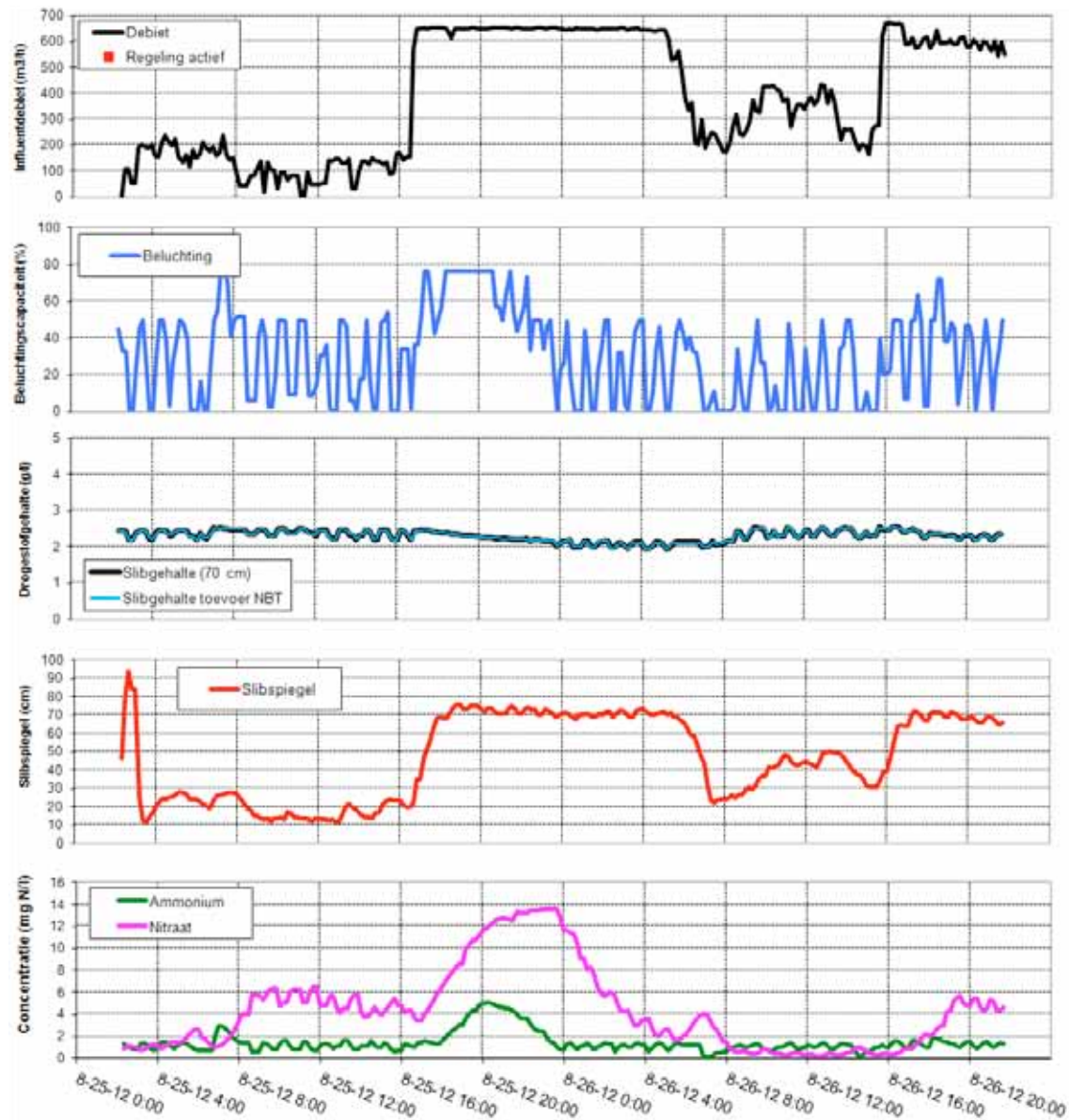
In de derde grafiek van Afbeelding 8 is het slibgehalte tweemaal weergegeven. De eerste lijn betreft de werkelijke drogestofmeting. Deze hangt echter op circa 70 cm diepte, waardoor de meetwaarde niet representatief is voor het slibgehalte in de afvoer naar de nabezinktank. De tweede lijn is een gecorrigeerd drogestofgehalte, en zou bij benadering het slibgehalte moeten zijn bij de overstort naar de nabezinktank. De correctie is beschreven in bijlage 1. Uit de derde grafiek van Afbeelding 8 blijkt dat het slibgehalte in de beluchtingstank bij DWA circa 4,0 g/l bedraagt. Nadat de slibbufferregeling actief wordt daalt het slibgehalte in de toevoer naar de nabezinktank, en fluctueert het tussen 0 en circa 3 g/l. Het gemiddelde slibgehalte bij RWA bedraagt circa 1,5 g/l. Nadat de beluchting weer is ingeschakeld stijgt het slibgehalte onmiddellijk naar het DWA niveau van 4,0 g/l. Dit betekent dat er nauwelijks slib in de nabezinktank is gebufferd. Door de regeling wordt de drogestofbelasting van de nabezinktank met meer dan 50% verlaagd.

In de vierde grafiek van Afbeelding 8 is de ammonium- en nitraatconcentratie weergegeven. Op het moment dat de slibbufferregeling actief wordt stijgt het ammoniumgehalte naar ruim 7 mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$. Het nitraatgehalte daalt naar 0 mg $\text{NO}_3\text{-N/l}$. Op het moment dat de beluchting weer aan wordt geschakeld neemt het nitraatgehalte over het algemeen sterk toe doordat de ammoniumvrucht in de beluchtingstank hoog is. Dit laatste is niet in Afbeelding 8 te zien omdat de regeling bijna continu aan staat.

4.4.3 SLIBBUFFERREGELING NIET ACTIEF

Ten behoeve van dit onderzoek is de slibbufferregeling bijna 3 maanden (van 20 augustus tot 14 november 2012) buiten bedrijf gesteld. In deze periode zijn bij RWA de beluchting en de voortstuwers in bedrijf gebleven. Er treedt bij RWA geen slibbezinking op de beluchtingstank. In Afbeelding 9 is de werking van de rwzi Ter Apel getoond voor deze situatie.

AFBEELDING 9 DE WERKING ZONDER SLIBBUFFERREGELING OP 25 EN 26 AUGUSTUS 2012



Als vierde plaatje is de slibspiegelmeting toegevoegd, welke vanaf augustus 2012 ook beschikbaar is. De slibdeken stijgt ten gevolge van de RWA van circa 15 naar 70 cm, dus ruim een halve meter.

Een belangrijk verschil met de situatie waarin de regeling wel actief is, is de invloed op de stikstofconcentraties. In dit geval is er een beperkte stijging van het ammoniumgehalte en een sterke stijging van het nitraatgehalte.

4.5 EVALUATIE

4.5.1 INLEIDING

Op de rwzi Ter Apel komt de slibbufferregeling bij elke RWA boven een bepaald debiet (500 m³/h) in bedrijf. Dit heeft tot gevolg dat de beluchting in de beluchtingstank vaak uit staat en dat er veel gegevens beschikbaar zijn. In deze paragraaf zijn de resultaten nader geëvalueerd en uitgewerkt. In bijlage 2 is een aantal grafieken opgenomen die dezelfde opbouw hebben als Afbeelding 8. In de grafieken wordt over een periode van 2 dagen het verloop van het influent-debiet, de beluchtingscapaciteit, het slibgehalte en het ammonium-, en nitraatgehalte weer-gegeven. Deze grafieken dienen ter ondersteuning van de evaluatie van de resultaten.

4.5.2 DROGESTOFBALANS

De invloed van de uitspoelregeling op de slibbalans kan worden vastgesteld met behulp van de drogestofsensor in de beluchtingstank. De insteekdiepte van deze sensor is circa 70 cm. Op de foto's van Afbeelding 10 is de meetopstelling van de ammonium-, nitraat-, drogestof-, en zuurstofmeting te zien. Tevens is op deze foto de aflatkoker in de beluchtingstank te zien, van waaruit het slib naar de nabezinktank stroomt. De drogestofsensor hangt vlak bij deze aflatkoker. Aangezien de drogestofsensor dieper hangt dan de overlaat naar de aflatkoker, zal tijdens RWA het gemeten drogestofgehalte hoger zijn dan het drogestofgehalte dat naar de nabezinktanks stroomt. Op basis van een aantal metingen is de relatie tussen het gemeten drogestofgehalte (op 70 cm diepte) en het drogestofgehalte in de toevoer naar de nabezinktank vastgesteld. De resultaten hiervan zijn in bijlage 1 weergegeven.

AFBEELDING 10 AFLAATKOKER EN ON-LINE METINGEN OP DE RWZI TER APEL



Zoals weergegeven in Afbeelding 8 neemt het slibgehalte in de beluchtingstank af tijdens de periode dat er niet wordt belucht. Doordat bij RWA intermitterend wordt belucht vertoont het drogestofgehalte een zaagtandprofiel. Het gevolg is dat het gemiddelde drogestofgehalte in de aanvoer naar de nabezinktank daalt.

In Tabel 4 is voor een aantal langdurige RWA-situaties uit 2012 de invloed op het drogestofgehalte weergegeven. Hierbij is zowel gekeken naar situaties met en zonder slibbufferregeling. Op basis van deze gegevens blijkt dat het drogestofgehalte bij RWA bij toepassing van de slibbufferregeling daalt met 1,4-2,5 kg DS/m³ of 47-61%. Wanneer de slibbufferregeling niet wordt toegepast daalt het slibgehalte met 10-20%. Gemiddeld kan worden gesteld dat door het toepassen van de regeling de slibbuffering stijgt van 15% naar 50%. De toevoer van slib naar de nabezinktank bij RWA daalt dus van 85% van de DWA-concentratie naar 50% van de DWA-concentratie. Er wordt ten gevolge van de regeling circa 40% minder slib naar de nabezinktank afgevoerd.

Over het algemeen stijgt het drogestofgehalte direct nadat de beluchting weer is ingeschakeld. Dit betekent dat er voldoende voortstuwing en menging in de beluchtingstank aanwezig is.

TABEL 4 DROGESTOFGEHALTE TIJDENS RWA OP RWZI TER APEL

Datum	Duur RWA	Slibgehalte DWA	Slibgehalte RWA	Daling slibgehalte	
[-]	[uur]	[kg DS/m ³]	[kg DS/m ³]	[kg DS/m ³]	[%]
Met slibbufferregeling					
18 juli 2012	7	3,4	1,7	1,7	50
22 juni 2012	13	3,0	1,6	1,4	47
22 januari 2012	7	3,9	2,0	1,9	49
5 januari 2012	21	4,1	1,6	2,5	61
3 januari 2012	20	4,0	1,7	2,3	58
Zonder slibbufferregeling					
26 augustus 2012	7	2,6	2,3	0,3	12
31 augustus 2012	7	2,0	1,8	0,2	10
24 september 2012	14	2,3	1,8	0,5	21

Het toepassen van de slibbufferregeling heeft invloed op de slibbalans in de installatie. Er gaat minder slib naar de nabezinktank, en de verwachting is daarom dat er ook minder slib in de nabezinktank gebufferd zal worden. Dit zou betekenen dat de slibspiegel ook minder stijgt. Tijdens de periode waarin de slibbufferregeling uit stond varieerde het slibgehalte tussen 1,7 en 3,2 g/l. In de periode daarna (waarvan slibspiegelmetinggegevens beschikbaar zijn) liep het slibgehalte snel op naar 3,5 – 4,5 g/l. Het vergelijken van de slibspiegelstijging bij RWA met en zonder slibbufferregeling is daarom niet goed mogelijk.

4.5.3 EFFLUENTKWALITEIT - STIKSTOF

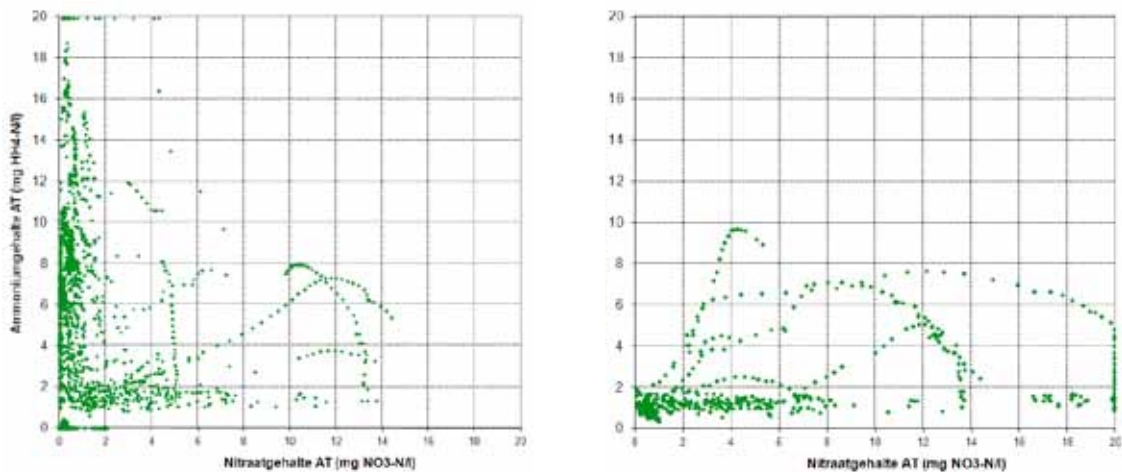
De slibbufferregeling heeft direct invloed op de stikstofverwijdering, zoals blijkt uit Afbeelding 8. Het ammoniumgehalte neemt toe en het nitraatgehalte daalt tot een zeer laag niveau. Een extremer voorbeeld van deze situatie is te zien in figuur 2.2. in bijlage 2. Hierbij wordt een hoge ammoniumpiek (tot 18 mg N/l) opgevolgd door een hoge nitraatpiek (eveneens 18 mg N/l). Dit komt doordat het hoge ammoniumgehalte er voor zorgt dat de beluchting maximaal aan gaat.

Indien de slibbufferregeling niet aan staat is er juist een hogere nitraatpiek te zien (zie Afbeelding 9). Een extremer voorbeeld van deze situatie is te zien in figuur 2.3 in bijlage 2. Hierbij wordt een ammoniumpiek (tot 7 mg N/l) opgevolgd door een zeer hoge nitraatpiek (> 20 mg N/l).

In Afbeelding 11 is voor een periode met en zonder slibbufferregeling voor alle periodes met een influentdebiet groter dan 500 m³/h (grenswaarde waarbij de regeling wordt geactiveerd), het ammoniumgehalte tegen het nitraatgehalte uitgezet. Elk punt in de grafiek vertegenwoordigt een combinatie van een NH₄⁻ en een NO₃-meetwaarde. De grafiek is gebaseerd op 10-minuten waarden van de analysers. De periode met buffering bedraagt 9 maanden en loopt van 27 oktober 2011 tot 27 juli 2012. De periode zonder slibbuffering betreft de volledige 3 maanden zonder regeling (20 augustus tot 14 november 2012).

In Afbeelding 11 is te zien dat het toepassen van de slibbufferregeling leidt tot met name verhoogde ammoniumgehalten. Indien de regeling niet wordt toegepast blijft ammonium over het algemeen lager maar stijgt het nitraatgehalte.

AFBEELDING 11 AMMONIUM- EN NITRAATGEHALTES BIJ RWA, MET (LINKS) EN ZONDER (RECHTS) REGULERING

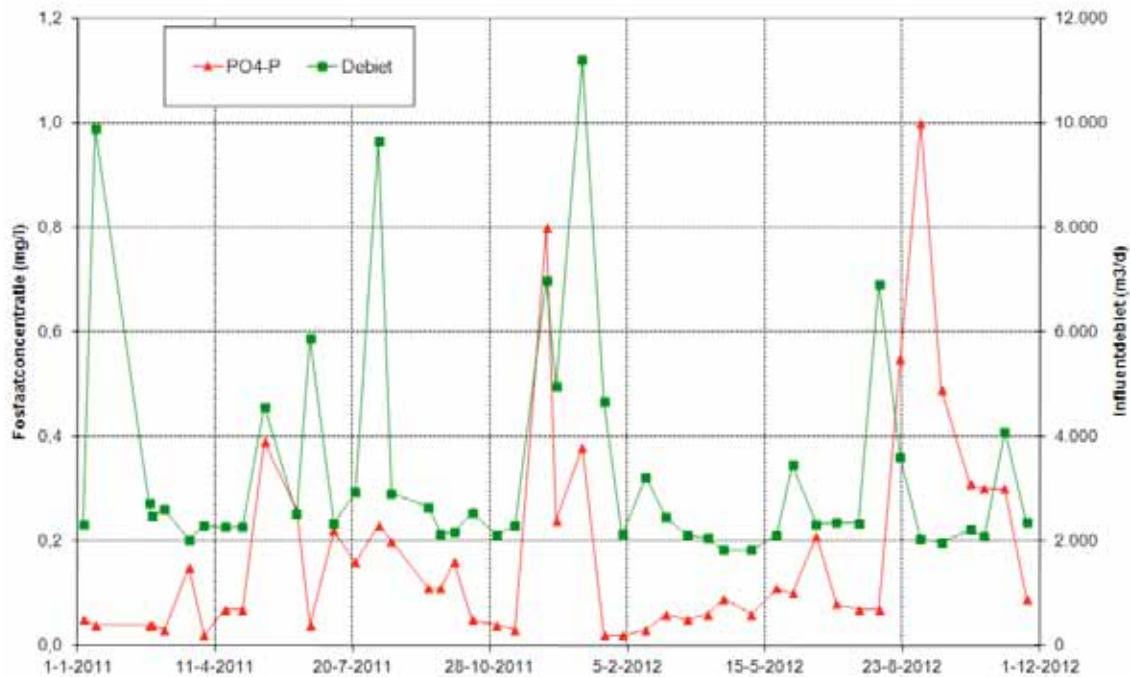


4.5.4 EFFLUENTKWALITEIT - FOSFAAT

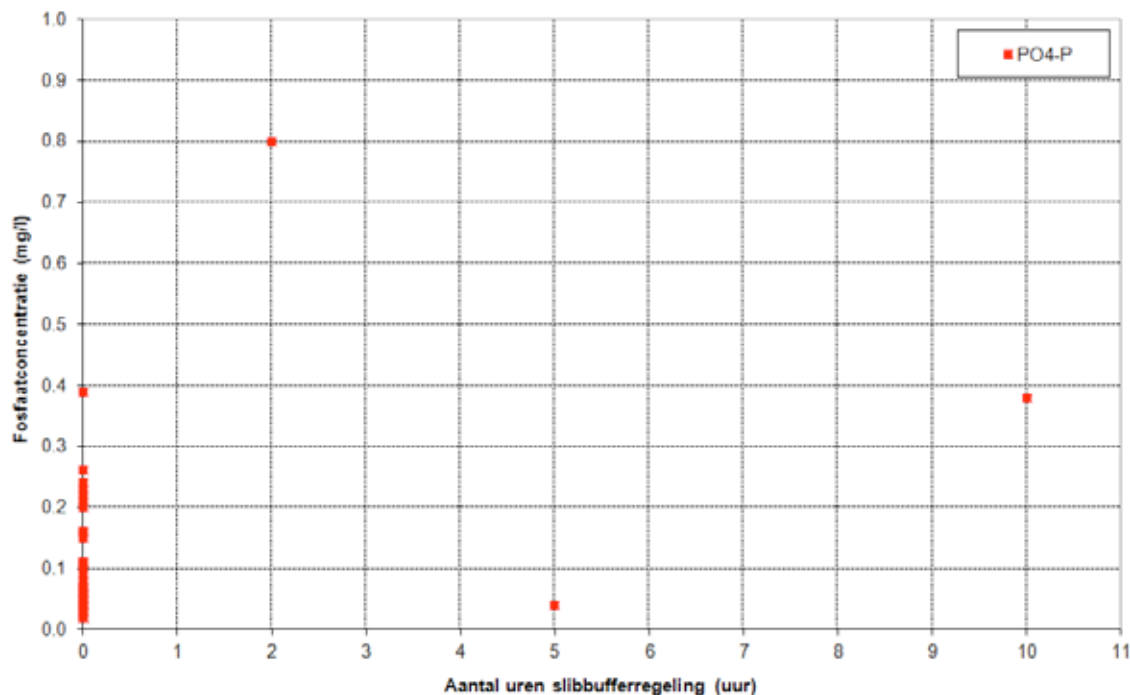
Op de rwzi Ter Apel vindt de fosfaatverwijdering geheel biologisch plaats. Door de intermitterende beluchting tijdens RWA bestaat het risico dat er fosfaatafgifte in de beluchtingstank plaatsvindt. Omdat er geen on-line fosfaatanalyser aanwezig is, is de invloed van de slibbufferregeling op de biologische fosfaatverwijdering niet goed te bepalen. In Afbeelding 12 is het verloop van het daggemiddelde fosfaatgehalte weergegeven over een periode van bijna 2 jaar.

Uit deze afbeelding blijkt dat het fosfaatgehalte de limiet van 1 mg P/l nooit heeft overschreden. In de periode van 1 januari 2011 tot 29 juli 2012 is op een drietal bemonsteringsdagen de RWA-regeling actief geweest. In Afbeelding 13 is het aantal uren dat de RWA-regeling actief is geweest uitgezet tegen het fosfaatgehalte. Hoewel het aantal bemonsteringen op RWA-dagen beperkt is (3 van de 38 bemonsteringen), kan worden geconcludeerd dat ook op RWA-dagen waarop de regeling aan staat, het fosfaat niet stijgt. Het punt waarbij de regeling 10 uur actief was betreft 3 januari 2012. De grafieken van deze dag zijn opgenomen in figuur 2.1. van bijlage 2. Hoewel het ammoniumgehalte tijdens RWA stijgt (tot 9 mg N/l), blijft het fosfaatgehalte laag.

AFBEELDING 12 VERLOOP VAN HET FOSFAATGEHALTE OP DE RWZI TER APEL



AFBEELDING 13 DE INVLOED VAN DE SLIBBUFFERREGELING OP HET FOSFAATGEHALTE OP DE RWZI TER APEL



4.6 CONCLUSIES

Op basis van de resultaten kan worden geconcludeerd dat het toepassen van slibbuffering in de beluchtingstank op de rwzi Ter Apel leidt tot:

- Een aanzienlijke verlaging van de drogestofbelasting van de nabezinktanks.
- Een verhoging van het effluent NH_4 -gehalte tijdens RWA.
- Een verlaging van het effluent NO_3 -gehalte tijdens RWA.

De invloed van de regeling op de fosfaatverwijdering is lastig te bepalen aangezien er geen on-line fosfaatanalyser aanwezig is. Op basis van de drie bemonsteringen tijdens RWA lijkt het fosfaatgehalte niet tot nauwelijks door de regeling te worden beïnvloedt.

5

RWZI NIEUWEGEIN: INTERNE BUFFERING VAN RETOURLIB

5.1 INLEIDING

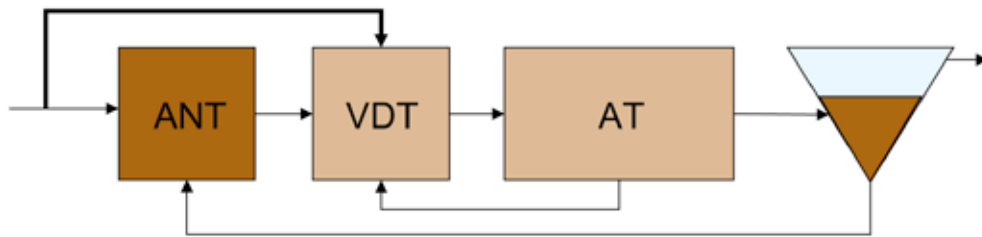
De waterlijn van de rwzi Nieuwegein van het Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden (HDSR) bestaat uit een voorbezinktank en een Carrousel met drie nabezinktanks. In 2010 is de waterlijn uitgebreid met een anaërobe tank en een voordenitrificatietank. Daarnaast is een constructie voor interne retourslibbuffering geïntroduceerd. Fosfaatverwijdering vindt deels biologisch en deels chemisch plaats.

AFBEELDING 14 LUCHTFOTO VAN DE RWZI NIEUWEGEIN



In dit hoofdstuk is de werking van de alternatieve slibbuffering op de rwzi Nieuwegein beschreven en geanalyseerd. Op de rwzi Nieuwegein wordt interne retourslibbuffering toegepast (zie Afbeelding 15). In paragraaf 5.2 is de opzet en regeling van de alternatieve slibbuffering toegelicht. De resultaten van de alternatieve slibbuffering zijn beschreven in paragraaf 5.4. De conclusies zijn weergegeven in paragraaf 5.5.

AFBEELDING 15 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN INTERNE RETOURSLIBBUFFERING

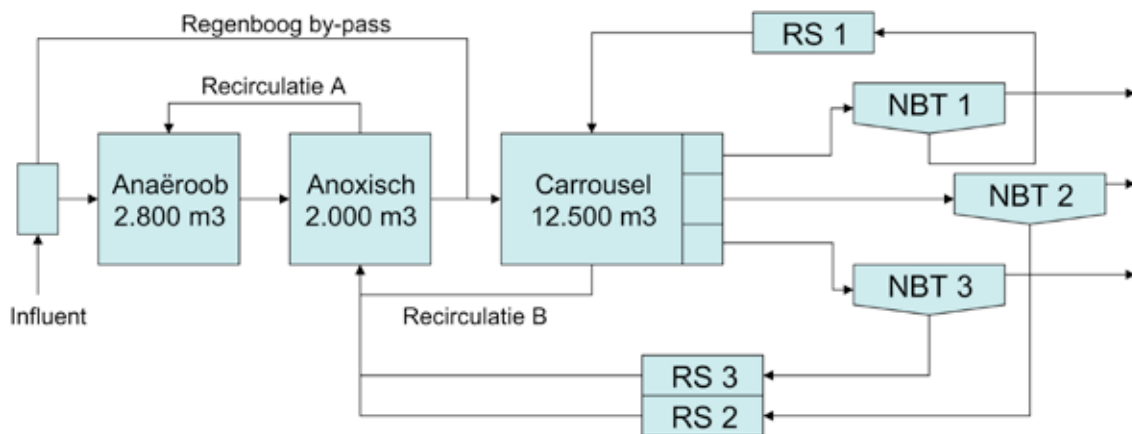


5.2 BESCHRIJVING ALTERNATIEVE SLIBBUFFERING

Voor de ombouw in 2010 waren de nabezinktanks van de rwzi Nieuwegein al kritisch belast. Door de vergroting van de hydraulische capaciteit, de bouw van een anaërobe en anoxische tank en een verhoging van het drogestofgehalte zou een overbelasting van de nabezinktanks ontstaan. Om te voorkomen dat een extra nabezinktank gebouwd moest worden, is er voor gekozen om het alternatieve slibbuffering toe te passen. Omdat sprake is van nieuwe anaërobe en anoxische tanks was het relatief eenvoudig om op dit te realiseren.

De waterlijn van de rwzi Nieuwegein is schematisch weergegeven in Afbeelding 16. Tijdens regenweeraanvoer worden de anaërobe tank en de anoxische tank gebypast, en wordt het influent direct in de Carrousel gebracht. Daarnaast wordt de recirculatie B uitgezet. Dit heeft tot gevolg dat zich in de anaërobe en anoxische tank slib ophoopt met de concentratie van retourslib. Als gevolg hiervan zal het slibgehalte in de Carrousel extra snel dalen, waardoor de nabezinktanks worden ontzien. Als de aanvoer naar de rwzi vervolgens daalt, dan wordt het influent weer in de anaërobe tank gebracht en verspreidt het slib zich weer door de rwzi.

AFBEELDING 16 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE WATERLIJN VAN DE RWZI NIEUWEGEIN



In de linkerfoto van Afbeelding 17 zijn de anaërobe tank (afgedekt) en voordennitrificatietank te zien. Deze beide tanks fungeren als retourslibbuffer bij RWA. Op de rechterfoto is de afsluiter te zien die de toevoer van influent naar de anaërobe tank afsluit bij RWA.

AFBEELDING 17 BUFFERTANKS (LINKS) EN AFSLUITER VAN DE SLIBBUFFER

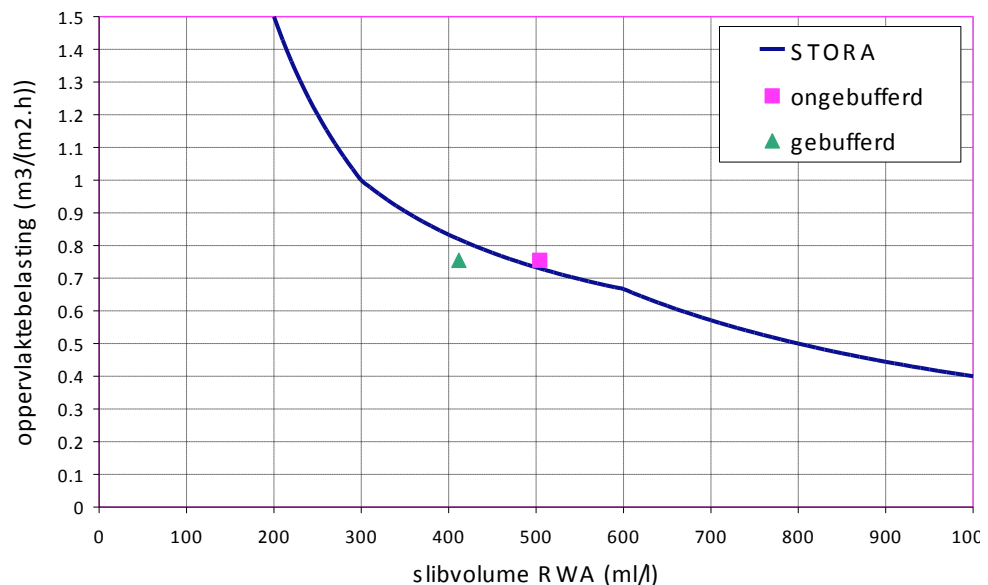


In Tabel 5 zijn de ontwerpgegevens van de nabezinktanks, en de invloed hierop van de alternatieve slibbuffering, weergegeven. De volgens de STORA-richtlijn toepasbare oppervlaktebelasting is grafisch weergegeven in Afbeelding 18. Volgens de STORA-richtlijn is bij de actuele procesomstandigheden (DS-gehalte 4,25 g/l en SVI 150 ml/g) een oppervlaktebelasting van $0,73 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ toegestaan. Dit betekent dat de rwzi hydraulisch licht overbelast is. Door het toepassen van interne retourslibbuffering neemt de toelaatbare oppervlaktebelasting toe tot $0,83 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ en is de nabezinktank onderbelast.

TABEL 5 INVLOED VAN DE ALTERNATIEVE SLIBBUFFERING OP DE PROCESOMSTANDIGHEDEN

Parameter	Eenheid	Zonder ASB	Met ASB
RWA-debiet	m^3/h	3.600	3.600
Nabezinktankoppervlak	m^2	4.470	4.470
Drogestofgehalte DWA	$\text{kg DS}/\text{m}^3$	4,25	4,25
Drogestofgehalte RWA	$\text{kg DS}/\text{m}^3$	3,36	2,74
SVI	ml/g	150	150
Slibvolume RWA	ml/l	504	412
Toelaatbare oppervlaktebelasting	$\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$	0,73	0,82
Actuele oppervlaktebelasting	$\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$	0,75	0,75

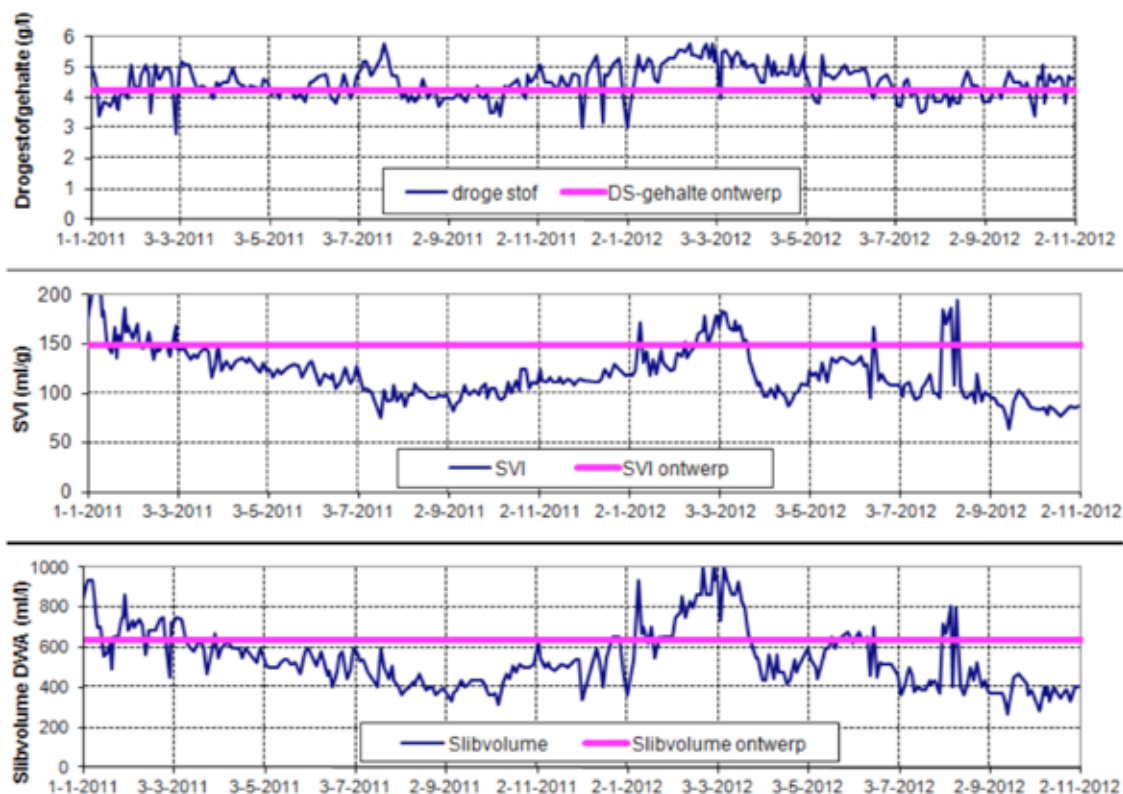
AFBEELDING 18 NABEZINKTANKBELASTING OP DE RWZI NIEUWEGEIN VOLGENS DE STORA-RICHTLIJN



5.3 BEDRIJFSGEGEVENS

Het verloop van het drogestofgehalte en de SVI in de periode van 2011 tot november 2012 is weergegeven in Afbeelding 19. Het slibgehalte is over het algemeen gelijk of hoger dan het ontwerp-slibgehalte van 4,25 g/l. De SVI is het grootste deel van het jaar ruim onder de ontwerpwaarde van 150 ml/g en varieert grofweg tussen 100 en 175 ml/g. Het ontwerp-slibvolume bij DWA bedraagt $150 \text{ ml/g} \times 4,25 \text{ g/l} = 637,5 \text{ ml/l}$. Het slibvolume bij DWA is in deze periode een aantal malen boven deze waarde uitgekomen. In het begin van 2012 was het slibvolume zelfs een maand lang hoger dan 800 ml/l.

AFBEELDING 19 HET VERLOOP VAN HET DROGESTOFGEHALTE EN DE SVI OP DE RWZI NIEUWEGEIN



5.4 RESULTATEN

5.4.1 INLEIDING

Op de rwzi Nieuwegein zijn sinds oktober 2012 drogestofmeters geplaatst in de Carrousel en in de voordennitrificatietank. Deze kunnen worden gebruikt om de slibbalans over de rwzi op te stellen. De voordennitrificatietank wordt, net als de anaërobe tank, als slibbuffer gebruikt. Medio september 2012 zijn op de rwzi Nieuwegein de puntbeluchters vervangen door bellenbeluchting. Door te geringe voortstuwing ligt een deel van het slib op de bodem van de Carrousel, waardoor het maken van een slibbalans niet goed mogelijk is. Omdat ook de beluchttingscapaciteit onvoldoende lijkt te zijn, is ook de effluentkwaliteit niet op het gewenste niveau. Van de periode met puntbeluchters zijn wel gegevens van de effluentkwaliteit beschikbaar. Het blijkt echter dat de on-line analysers over een lange periode nogal afwijken van de labgegevens. Op basis van de meetgegevens van de rwzi is het daarom niet mogelijk om de invloed van de slibbuffering op de slibbalans en de effluentkwaliteit goed te beoordelen.

In de Carrousel was één puntbeluchter nog niet verwijderd. Deze puntbeluchter kan handmatig worden ingeschakeld. Ten behoeve van het onderzoek is daarom in december 2012 de puntbeluchter handmatig ingeschakeld tijdens een periode met regenweeraanvoer. Hierdoor was geen sprake van slibbezinking op de bodem en kon de slibbalans goed worden opgesteld.

5.4.2 RESULTATEN DECEMBER 2012

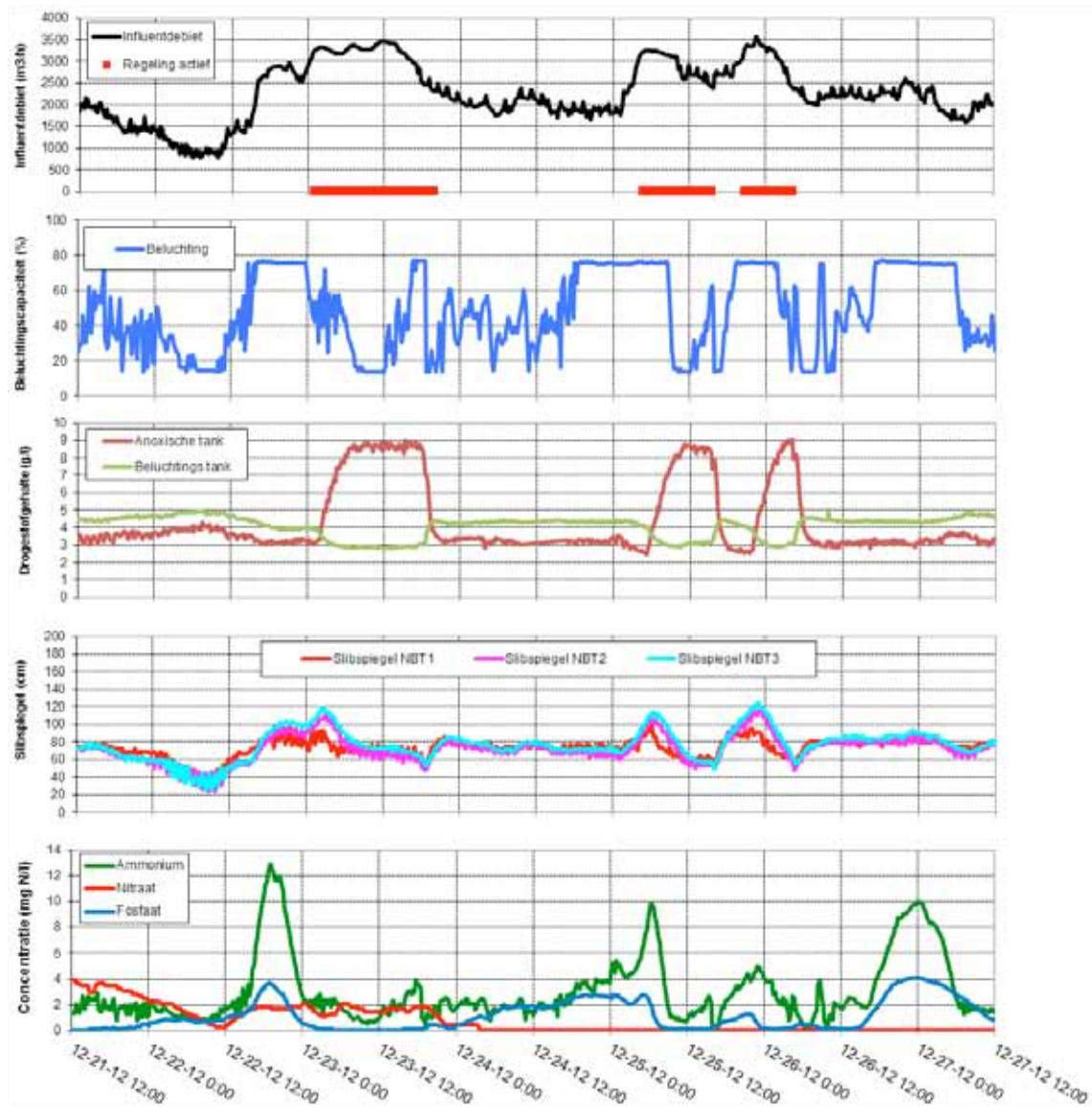
Eind december 2012 heeft het een aantal keren achter elkaar geregend. In deze periode stond de puntbeluchter aan zodat er voldoende menging in de Carrousel aanwezig was. Het verloop van het influentdebiet, de beluchtingscapaciteit, het drogestofgehalte in de beluchtingstank en de anoxische tank, het slibspiegelniveau en het ammonium- en nitraatgehalte, is weergegeven in Afbeelding 20.

Aan de hand van deze afbeelding kunnen de volgende karakteristieke periodes worden benoemd.

- In het tweede deel van 21 december is te zien dat het influentdebiet daalt. Er is daarvoor RWA geweest en daardoor daalt het slibspiegelniveau van circa 80 naar 40 cm. Het slibgehalte in de beluchtingstank stijgt enigszins van circa 4,3 tot 4,9 g/l. In de anoxische tank stijgt het slibgehalte in deze fase van circa 3,0 naar 4,0 g/l. Opvallend is dat het slibgehalte in de anoxische tank volgens de metingen circa 70-75% bedraagt van het slibgehalte in de beluchtingstank. Dit is een gevolg van het feit dat het retourslib van 2 van de 3 nabezinktanks naar de anoxische tank wordt gevoerd (zie Afbeelding 16). In principe zou het slibgehalte in de anoxische tank hierdoor 2/3 moeten zijn van het slibgehalte in de beluchtingstank. Dat het verschil tijdens de metingen minder groot is, komt mogelijk doordat de metingen niet helemaal correct zijn of doordat de retourslibdebieten van de verschillende tanks niet helemaal gelijk zijn.
- In de avond van 22 december neemt de aanvoer toe tot circa 3.000 m³/h. De beluchtingscapaciteit neemt in deze periode toe tot maximumcapaciteit, maar toch treedt een ammoniumpiek tot 13 mg NH₄-N/l op. Opvallend is dat de interne retourslibbuffering op dat moment nog niet in bedrijf was aangezien het RWA-debiet onder de 3.000 m³/h bleef. Het slibgehalte neemt in deze periode af van circa 4,8 naar 4,0 g/l en de slibdeken stijgt van gemiddeld 40 naar 90 cm.
- Vanaf circa 1:00 uur tot 17:00 uur op 23 december treedt de interne retourslibbuffer in werking. Het slibgehalte in de anoxische tank stijgt tot circa 8,5 g/l. In de beluchtingstank daalt het slibgehalte verder tot circa 2,8 g/l. De slibspiegel daalt enigszins tot circa 70 cm. Het ammoniumgehalte is laag en de beluchtingscapaciteit daalt tot minimumcapaciteit.
- Op 24 december blijft het influentdebiet relatief hoog (circa 2.000 m³/h), maar wordt de interne retourslibbuffering uitgeschakeld. Het slibgehalte in de beluchtingstank stijgt tot circa 4,3 g/l. Het slibgehalte in de anoxische tank daalt tot 3,1 g/l.
- Op 24 december gaat de nitraatmeting in de beluchtingstank in storting.
- Op 25 december treedt de interne retourslibbuffer wederom in werking. Ditmaal gedurende een periode van circa 10 uur (5:00 – 15:00 uur). De waarnemingen zijn vergelijkbaar met de hierboven beschreven effecten op het ammoniumgehalte en de slibbalans. Ook deze keer treedt een ammoniumpiek op voordat de regeling actief wordt. En ook deze keer stijgt aanvankelijk de slibdeken, waarna deze weer daalt nadat de regeling in werking is getreden.
- In de avond van 25 december treedt de interne retourslibbuffer voor de derde keer in korte tijd in werking. Ditmaal gedurende een kortere periode van circa 7 uur (21:00 – 4:00 uur). Het effect op de slibbalans is vergelijkbaar met de vorige twee keer, hoewel de slibdeken aanvankelijk iets hoger is (circa 120 cm in nabezinktank 2 en 3) dan bij de vorige keren.

Het feit dat de slibdeken in nabezinktank 1 bij RWA telkens iets lager is dan in nabezinktanks 2 en 3 is mogelijk een gevolg van een verschil in maximale retourlibcapaciteit van de verschillende gemalen.

AFBEELDING 20 HET VERLOOP VAN HET DROGESTOFGEHALTE IN DE ANOXISCHE EN BELUCHTINGSTANK



5.5 CONCLUSIES

Op basis van de meetresultaten van december 2012 kan worden geconcludeerd dat de interne retourlibbuffer werkt zoals mag worden verwacht. Tijdens RWA vindt buffering van retourlib plaats in de anoxische en anaerobe tank. Dit heeft tot gevolg dat de stijging van de slibspiegel in de nabezinktank beperkt blijft.

Het toepassen van de interne retourlibbuffering heeft geen negatieve invloed op de effluentkwaliteit. Ten gevolge van RWA treedt een piek op in de ammonium- en fosfaatconcentratie. Deze piek vindt echter plaats voordat de interne retourlibbufferregeling in werking treedt. In de tijd dat de buffer gevuld is, is zowel het ammonium- als het fosfaatgehalte laag.

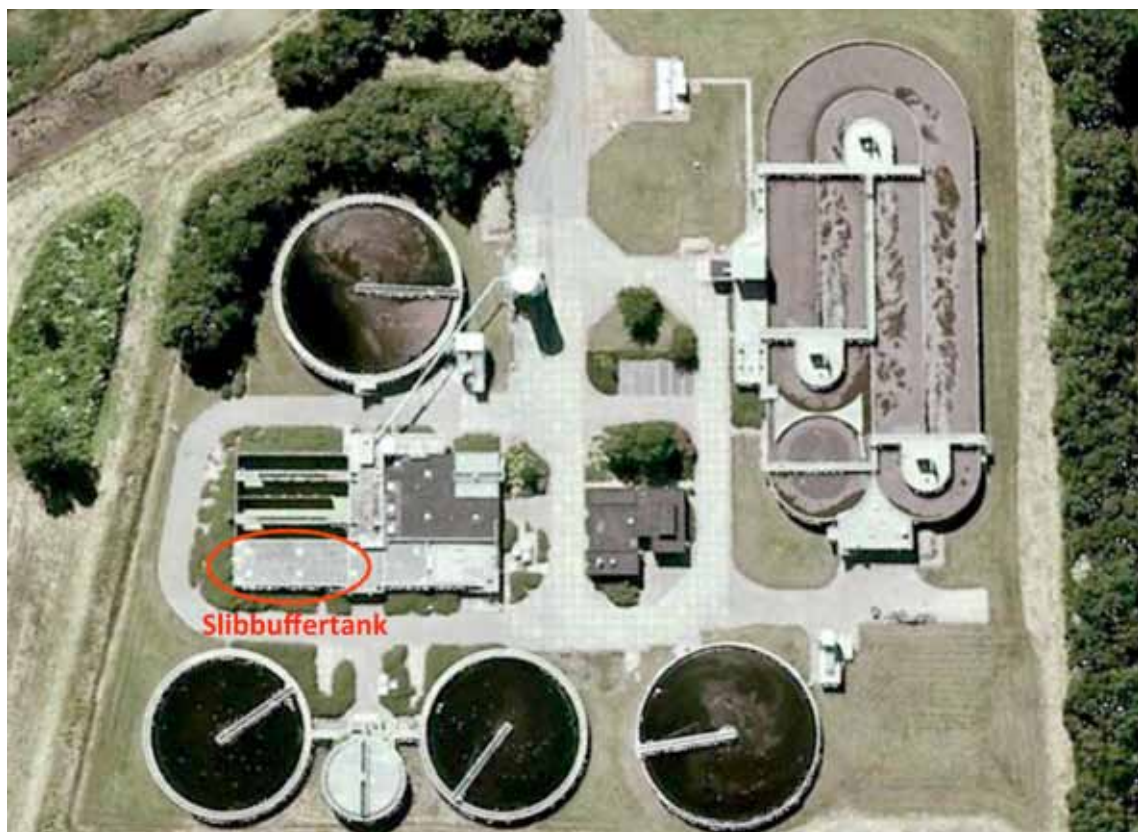
6

RWZI KATWOUDE: EXTERNE BUFFERING VAN RETOURLIB

6.1 INLEIDING

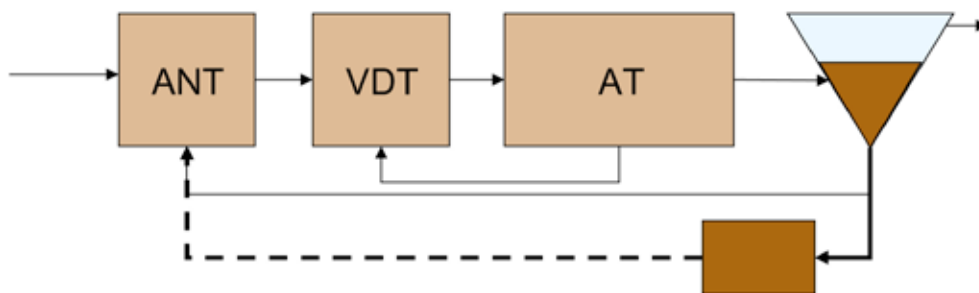
De rwzi Katwoude van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK) is in 2011 uitgebreid en aangepast. Het actiefslibstelsysteem bestaat uit een Carrousel 2000 met vier nabezinktanks. Het slib wordt gravitair ingedikt en ontwaterd met een centrifuge. Fosfaatverwijdering vindt deels biologisch en deels chemisch plaats.

AFBEELDING 21 LUCHTFOTO VAN DE RWZI KATWOUDE MET DE SLIBBUFFER (BRON: GOOGLE EARTH)



In dit hoofdstuk is de werking van de alternatieve slibbuffering op de rwzi Katwoude beschreven en geanalyseerd. Op de rwzi Katwoude wordt externe retourlibbuffering toegepast (zie Afbeelding 22). In paragraaf 6.2 zijn de opzet en regeling van de alternatieve slibbuffering toegelicht. De resultaten van de alternatieve slibbuffering zijn beschreven in paragraaf 6.4. De conclusies zijn weergegeven in paragraaf 6.5.

AFBEELDING 22 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN EXTERNE RETOURLIBBUFFERING



6.2 BESCHRIJVING ALTERNATIEVE SLIBBUFFERING

6.2.1 ONTWERPGEGEVENS

De ontwerpcapaciteit van de rwzi na de recente uitbreiding bedraagt 87.300 i.e. (à 150 g TZV) bij een RWA van 3.250 m³/h. De ontwerpcapaciteit uit 1991 was 78.300 i.e. (à 150 g TZV) bij een RWA van 2.050 m³/h. Met name de hydraulische capaciteit is aanzienlijk toegenomen. Door het toepassen van alternatieve slibbuffering was het echter mogelijk om deze capaciteit zonder het bijbouwen van nabezinktanks te realiseren. In het nieuwe ontwerp is daarnaast uitgegaan van een lagere SVI. Doordat chemische precipitatie van fosfaat plaatsvindt, is deze verlaagd tot 130 ml/g. In Tabel 6 zijn de ontwerpgegevens van de nabezinktanks, en de invloed hierop van de alternatieve slibbuffering, weergegeven.

TABEL 6 INVLOED VAN DE ALTERNATIEVE SLIBBUFFERING OP DE PROCESOMSTANDIGHEDEN

Parameter	Eenheid	Zonder ASB	Met ASB
RWA-debiet ontwerp	m ³ /h	3.250	3.250
Nabezinktankoppervlak	m ²	3.250	3.250
Drogestofgehalte DWA	kg DS/m ³	4,5	4,5
Drogestofgehalte RWA	kg DS/m ³	3,54	2,97
SVI	ml/g	130	130
Slibvolume RWA	ml/l	460	386
Toelaatbare oppervlaktebelasting	m ³ /(m ² .h)	0,77	0,85
Ontwerp oppervlaktebelasting	m ³ /(m ² .h)	1,00	1,00
Actuele oppervlaktebelasting ¹	m ³ /(m ² .h)	0,80	0,80

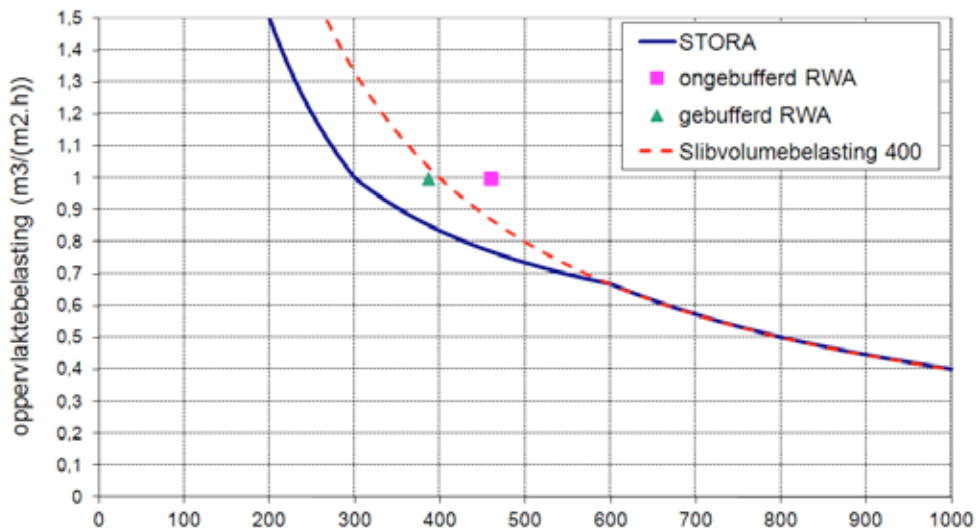
1 Het actuele RWA-debiet is lager dan het ontwerpdebiet (circa 2.600 m³/h, zie paragraaf 6.4)

De volgens de STORA-richtlijn toepasbare oppervlaktebelasting is grafisch weergegeven in Afbeelding 23. Daarnaast is ook de lijn weergegeven bij een slibvolumebelasting van 400 l/(m².h). Volgens de herziene STOWA richtlijn uit 2003 [ref. 3,4] kan onder bepaalde omstandigheden (b.v. bij aanwezigheid van een deflectieshot) een hogere slibvolumebelasting worden gehanteerd. Het optimale ontwerp kan hierbij met behulp van FAST2D worden onderzocht. Dit is voor de rwzi Katwoude gedaan.

Volgens de STORA-richtlijn is bij de ontwerp procesomstandigheden (DS-gehalte 4,5 g/l en SVI 130 ml/g) een oppervlaktebelasting van 0,77 m³/(m².h) toegestaan. Dit betekent dat de rwzi onder ontwerpomstandigheden hydraulisch sterk overbelast is. Door het toepassen van alternatieve slibbuffering stijgt de toelaatbare oppervlaktebelasting tot 0,85 m³/(m².h). Dit is nog steeds een stuk lager dan de ontwerpbelasting van 1,0 m³/(m².h). Op basis van FAST2D-berekeningen is vastgesteld dat de helderwaterzone echter tenminste 1 meter blijft. Dit is iets minder dan volgens de STORA-richtlijn is toegestaan (minimaal 1,2 meter), maar voor het ontwerp als voldoende beoordeeld.

In werkelijkheid blijkt de RWA-belasting lager te zijn dan de ontwerpwaarde (zie paragraaf 6.4). Bij het huidige RWA-debiet is de maximale oppervlaktebelasting $0,80 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$. Bij deze belasting is de toepassing van de externe slibbuffer minder urgent.

AFBEELDING 23 NABEZINKTANKBELASTING OP DE RWZI KATWOUDE



De reden dat HHNK voor dit type alternatieve slibbuffering heeft gekozen is dat er een slibbuffertank aanwezig was. HHNK had deze optie eerder voor de rwzi Beemster uitgewerkt en onderzocht [ref. 5].

6.2.2 UITVOERING

Bij de alternatieve slibbuffering wordt het retourslib van twee van de vier nabezinktanks tijdelijk in een externe slibbuffer gebracht. Dit betreft nabezinktank 3 en 4. Nabezinktank 3 is een omgebouwde voorbezinktank. Doordat het niveau van de tank hoger is dan van de beluchtingstank en de andere nabezinktanks, wordt deze nabezinktank met een toevoervijzel gevoed. In Afbeelding 24 is het vijzelgemaal, de nabezinktank 3 en de retourslibpompput getoond. Het vijzelgemaal bestaat uit de toevoervijzel en de retourslibvijzel.

AFBEELDING 24 DE RETOURSLIBPOMPPUT, HET VIJZELGEMAAL EN NABEZINKTANK 3



De alternatieve slibbuffering wordt in werking gesteld op basis van het influentdebiet of het slibspiegelniveau in de nabezinktank. Indien de regeling actief wordt, wordt een deel van het retourslib van nabezinktanks 3 en 4 via een pompput (zie Afbeelding 24) naar de externe

slibbuffertank geleid. De buffertank heeft een inhoud van 1.250 m³ en kan met de retour-slibpomp van 600 m³/h (volgens ontwerp) in circa 2 uur worden gevuld. De buffertank wordt gemengd en belucht door middel van vier ejectorpompen (zie rechterfoto in Afbeelding 25).

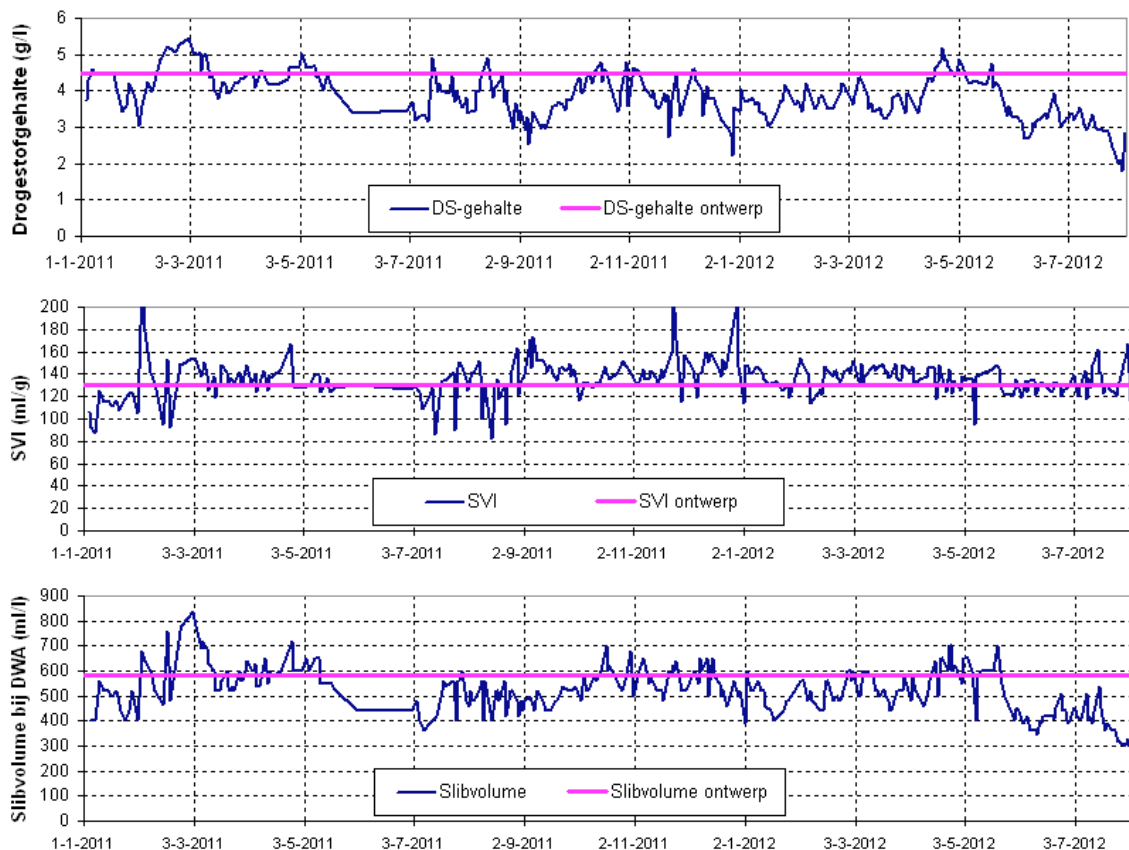
AFBEELDING 25 DE SLIBBUFFERTANK OP DE RWZI KATWOUDE



6.3 BEDRIJFSGEGEVENS

Het verloop van het drogestofgehalte en de SVI in de periode van 2011 tot augustus 2012 is weergegeven in Afbeelding 26. Het slibgehalte is over het algemeen gelijk of lager dan het ontwerp-slibgehalte van 4,5 g/l. De SVI is het grootste deel van het jaar gelijk of iets hoger dan de ontwerpwaarde van 130 ml/g. Het ontwerp-slibvolume bij DWA bedraagt 130 ml/g x 4,5 g/l = 585 ml/l. Het slibvolume bij DWA is over het algemeen gelijk of iets lager dan de ontwerpwaarde. Begin 2011 is het slibvolume een korte periode boven de ontwerpwaarde uitgekomen.

AFBEELDING 26 HET VERLOOP VAN HET DROGESTOFGEHALTE EN DE SVI OP DE RWZI KATWOUDE



6.4 RESULTATEN

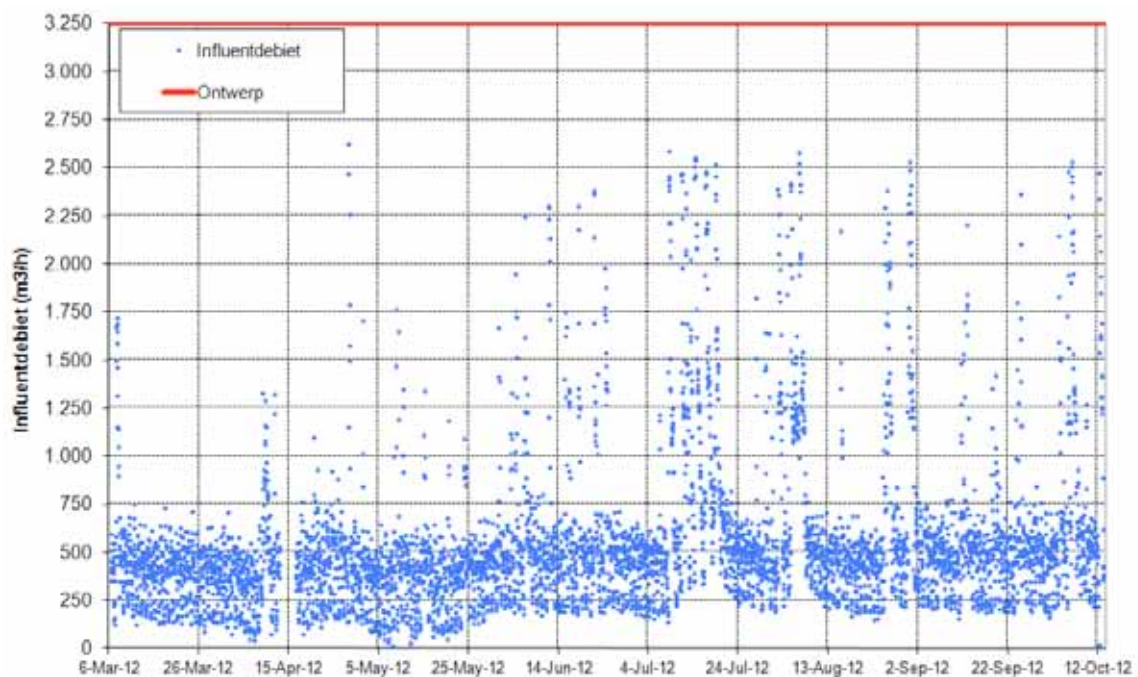
6.4.1 INLEIDING

In de praktijk blijkt de beoogde maximale aanvoer van 3.250 m³/h (nog) niet voor te komen. In Afbeelding 27 is het aanvoerdebiet van de rwzi Katwoude over een periode van ruim 7 maanden getoond. Het maximale debiet bedraagt ruim 2.600 m³/h. Het gevolg hiervan is dat de externe slibbuffertank (nog) niet wordt gebruikt. Ten behoeve van dit STOWA-onderzoek is de buffer tweemaal in bedrijf genomen. Het influentdebiet waarbij de buffertank wordt ingezet is hiertoe verlaagd van 3.000 naar 2.000 m³/h. Beide tests zijn beschreven in de paragrafen 6.4.2 en 6.4.3.

6.4.2 TEST 1: 12 OKTOBER 2012

De eerste keer dat de buffer in bedrijf is genomen was op 12 oktober 2012. Dit was een test om te zien of alle pompen, afsluiters en meetapparatuur goed functioneren. Hiertoe is 's morgens influent gespaard door de influentgemalen tijdelijk stop te zetten. Er is vervolgens een RWA-situatie gesimuleerd door de gemalen aan te zetten. Hierbij is een RWA-aanvoer met DWA-concentraties opgetreden. Tijdens deze test is een aantal operationele problemen geconstateerd en bleek een aantal regelingen net iets anders te werken dan gedacht.

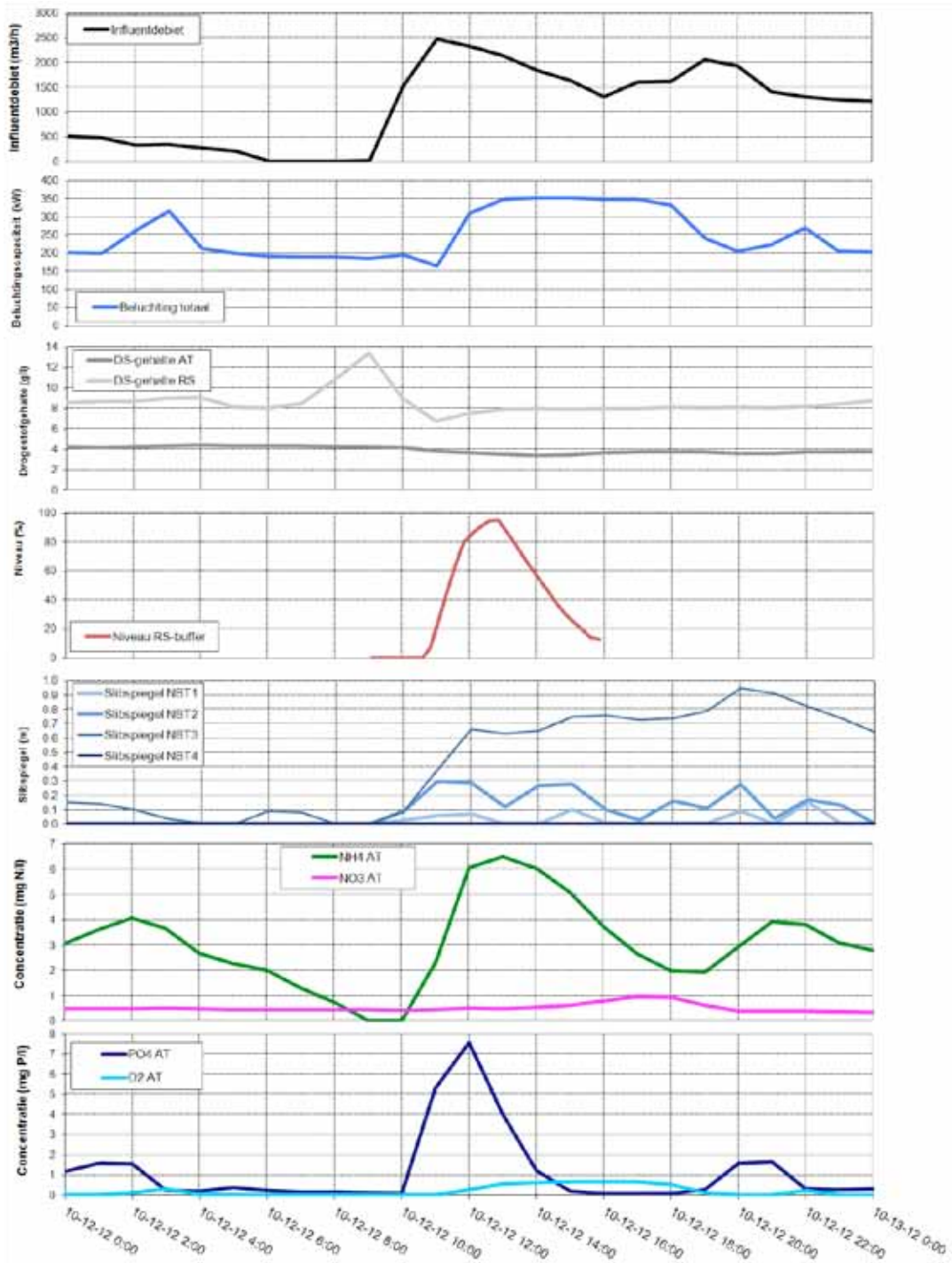
AFBEELDING 27 INFLUENTDEBIET OP DE RWZI KATWOUDE



De resultaten van deze test zijn weergegeven in Afbeelding 28. Uit de 1^e grafiek valt op te maken dat van 6:00 uur tot circa 9:00 uur het influentgemaal is stilgezet. Daarna neemt het influentdebiet toe tot de limiet van 2.000 m³/h om 10:40 uur. Op dat moment start het vullen van de externe slibbuffertank, zoals blijkt uit de 3^e grafiek. Ruim een uur later, om 12:50 uur, was de buffer gevuld tot circa 96%. Dit komt overeen met een vulniveau van circa 1.200 m³. In Tabel 7 zijn de ontwerpinstellingen van de externe slibbuffertank weergegeven en de actuele waarden tijdens de test (test 1).

TABEL 7 ONTWERP EN ACTUELE GEGEVENS VAN DE SLIBBUFFERREGELING OP RWZI KATWOUDE

Parameter	Eenheid	Ontwerp	Test 1	Test 2
Datum	-	-	12 oktober 2012	18 december 2012
Slibgehalte begin	g/l	4,5	4,2	4,3
Slibgehalte bij volle buffer	g/l	3,0	3,4	3,7
SVI	ml/g	130	149	119
Vuldebiet	m ³ /h	600	800	800
Benut buffervolume	m ³	1.250	1.200	1.175
Retourslibgehalte	g/l	8,8	7,6	6,6
Gebufferde slibmassa	kg DS	11.000	9.120	7.750

AFBEELDING 28 RESULTATEN VAN DE 1^E TEST MET DE EXTERNE SLIBBUFFERTANK (12 OKTOBER 2012)

Opvallend aan de resultaten van de test is:

- Met name de slibspiegel in nabezinktank 3 stijgt sterk, tot circa 95 cm. De slibspiegel in nabezinktank 2 steeg maar 30 cm en die in nabezinktank 1 maar 10 cm. De slibspiegelmeting in nabezinktank 4 bleek het niet te doen. De verschillen in slibspiegelstijging zijn opmerkelijk groot. Dit duidt mogelijk op een scheve verdeling van de toevoer naar de nabezinktanks. Mogelijk dat nabezinktank 3 meer toevoer ontvangt of dat de retourslibvijzel van nabezinktank 3 minder retourslib verpompt.
- Met name het fosfaatgehalte in de beluchtingstank stijgt sterk. Dit geldt in mindere mate ook voor het ammoniumgehalte. Dit is mogelijk een gevolg van de gehanteerde testmethode, waarbij gedurende droog weer geconcentreerd influent wordt gebufferd wat vervolgens met RWA-debiet wordt aangevoerd.

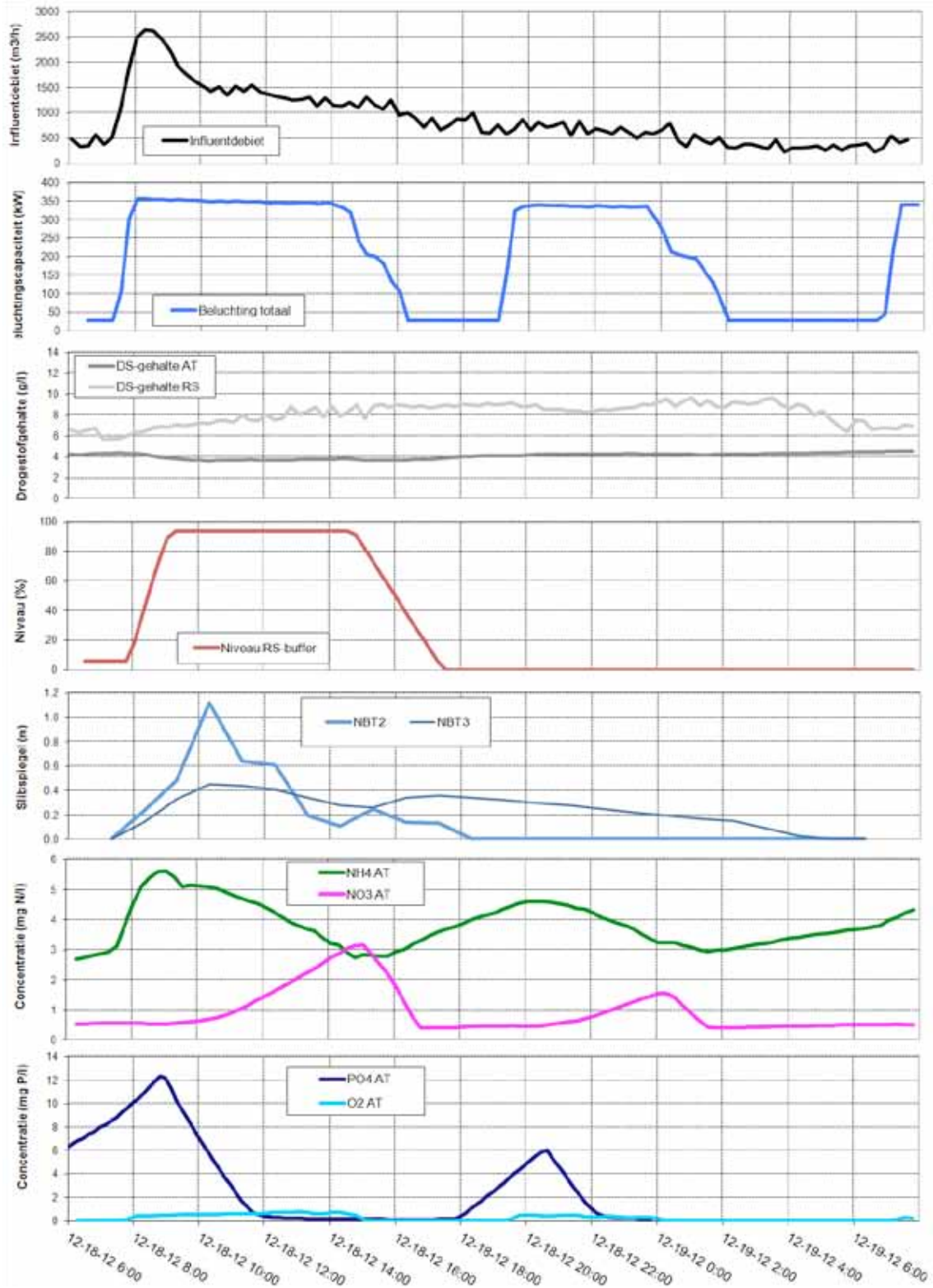
6.4.3 TEST 2: 18 DECEMBER 2012

Op 18 december 2012 is een tweede test uitgevoerd. Ditmaal betrof het een RWA-situatie waarbij het influentdebiet toenam tot circa 2.600 m³/h. Na circa 6 uur is de externslibbuffer weer geleegd. De resultaten van deze gebeurtenis zijn weergegeven in Afbeelding 29. In Tabel 7 zijn de actuele waarden tijdens de test (test 2) opgenomen.

Opvallend aan de resultaten van de test is:

- Het vulniveau van de externslibbuffertank bedraagt 94%. Dit komt overeen met een vulvolume van circa 1.175 m³. Tijdens het vullen van de externe slibbuffertank bedraagt het retourslibgehalte gemiddeld circa 6,6 g/l. Dit betekent dat de hoeveelheid gebufferd slib circa 7.750 kg DS bedraagt. Dit is aanzienlijk lager dan de 11.000 kg DS die volgens het ontwerp, bij een retourslibgehalte van 8,8 g/l, kan worden gebufferd.
- Het slibgehalte in de beluchtingstank daalt van 4,3 tot 3,7 g/l. Na afloop van de bufferperiode stijgt het slibgehalte weer tot het oorspronkelijke niveau. Het gebufferde slib vertegenwoordigt een slibgehalte van 7.750 kg DS / 17.600 m³ = 0,44 g/l. Van het gebufferde slib is circa 75% in de externslibbuffer en 25% in de nabezinktanks gebufferd.
- Tijdens RWA stijgt de slibdeken. Op het moment dat de externe retourslibbuffer in gebruik wordt genomen daalt de slibspiegel. De buffering wordt verplaatst van de nabezinktank naar de buffertank. De slibspiegel in nabezinktank 2 en 3 verschilt sterk. In tegenstelling tot test 1 stijgt tijdens test 2 de slibspiegel van nabezinktank 2 het snelst. De oorzaak hiervan is onbekend.
- Net als bij test 1 treedt ook bij deze test een hoge fosfaatpiek op. In het begin van de RWA neemt het fosfaatgehalte in de beluchtingstank toe tot 12 mg P/l. De oorzaak van deze piek is niet alleen de RWA (first flush) maar ook de werking van de beluchterregeling. Voordat de RWA optrad stond de beluchting op minimale capaciteit. In deze fase was het fosfaatgehalte al stijgende. Ook de tweede, kleinere fosfaatpiek, op 18 december 2012 om 20:00 uur, lijkt een gevolg te zijn van onvoldoende beluchting.
- Het ammoniumgehalte neemt tijdens de externe retourslibbuffering enigszins toe. Ook dit lijkt eerder een gevolg te zijn van de te lage zuurstofinbreng.

AFBEELDING 29 RESULTATEN VAN DE 2^E TEST MET DE EXTERNE SLIBBUFFERTANK (18 DECEMBER 2012)



6.5 CONCLUSIES

De externe retourslibbuffer van de rwzi Katwoude wordt in de praktijk niet gebruikt omdat het RWA-debiet tot op heden niet het ontwerpniveau heeft bereikt. Ten behoeve van dit onderzoek is tweemaal een test uitgevoerd bij een lager (RWA-)debiet. Hieruit blijkt dat de retourslibbuffer globaal functioneert zoals bedoeld is. De buffering van slib tijdens RWA vindt grotendeels in de buffertank plaats waardoor de nabezinktanks worden ontlast. Het slibgehalte in de slibbuffer is wel iets lager dan volgens het ontwerp, wat waarschijnlijk een gevolg is van de instellingen van de retourslibregeling.

De invloed op de effluentkwaliteit is moeilijk vast te stellen. Door een lage zuurstofinbreng vlak voor de tweede test nam het ammonium- en fosfaatgehalte toe. Tijdens de buffering namen de gehalten echter weer af.

7

STATISCHE MODELLERING SLIBBALANS

7.1 INLEIDING

Om een beter inzicht te verkrijgen van het effect van alternatieve slibbuffering en om alternatieve slibbuffering in ontwerpen van RWZI's te kunnen toepassen is een statische modellering gemaakt van de drie verschillende methoden van alternatieve slibbuffering. Dit model is ook toegepast in een gevoeligheidsanalyse. Deze gevoeligheidsanalyse biedt inzicht in het effect van alternatieve slibbuffering op toelaatbare SVI, drogestofconcentratie en oppervlaktebelasting voor een model RWZI.

De opzet van het statische model is in paragraaf 7.2 beschreven. In paragraaf 7.3 zijn de resultaten van de interne en externe retourslibbuffering beschreven. De resultaten van de slibbuffering in de beluchtingstank is apart in paragraaf 7.4 beschreven. De conclusies van deze modelberekeningen zijn in paragraaf 7.5 gepresenteerd.

7.2 OPZET MODEL

Voor de berekening van het effect van alternatieve slibbuffering is gebruik gemaakt van een aangepaste versie van de STORA81 ontwerprichtlijn [ref. 2]. In onderstaande formules is deze aangepaste versie weergegeven.

Variabelen:

G_a	[kg/m ³]	slibgehalte in de actiefslibtanks
$G_{a,dwa}$	[kg/m ³]	slibgehalte in de actiefslibtanks bij DWA
$G_{a,rwa}$	[kg/m ³]	slibgehalte in de actiefslibtanks bij RWA
G_c	[kg/m ³]	bufferconcentratie in de nabezinktank
G_{rs}	[kg/m ³]	retourslibconcentratie
SVI	[ml/g]	slibvolume-index
H_{buff}	[m]	bufferhoogte in de nabezinktank (normaal 0,30 m)
D	[m]	diameter van de nabezinktank
	[-]	bodemhelling (normaal: 1/12)
$TD_{s,nbt}$	[kg]	hoeveelheid gebufferd slib in de nabezinktank
$TD_{s,alt}$	[kg]	hoeveelheid 'alternatief' gebufferd slib
Q_{eff}	[m ³ /h]	debiet afloop nabezinktank
Q_{rs}	[m ³ /h]	retourslibdebiet
V_{ast}	[m ³]	volume van de actiefslibtanks
V_{ast^*}	[m ³]	volume van de actiefslibtanks waarin niet wordt gebufferd
V_{buff}	[m ³]	volume van de interne/externe buffer
SV_{rwa}	[ml/l]	slibvolume bij RWA
Q_a	[m/h]	oppervlaktebelasting bij RWA

Stap 1. Berekening van het maximale retourslibgehalte:

$$G_{rs} = 1200 / SVI$$

Stap 2. Berekening van de hoeveelheid alternatieve buffering:

$$TD_{s,alt} = G_{rs} * V_{buff}$$

Stap 3. Berekening van het niet bufferende deel actiefslibtanks

Bij interne buffering

$$V_{ast^*} = V_{ast} - V_{buff}$$

Bij externe buffering

$$V_{ast^*} = V_{ast}$$

Stap 4. Berekening van het nieuwe slibgehalte in de actiefslibtanks

$$G_a = (V_{ast} * G_{a,dwa} - TD_{s,alt}) / V_{ast^*}$$

Stap 5. Berekening bufferconcentratie:

$$G_c = 480 / SVI \text{ met een minimum van } G_a$$

Stap 6. Berekening hoeveelheid gebufferd slib in de nabezinktank:

$$TD_s = 0.25 * \pi * D^2 * (1/6 * D * \alpha + H_{buff}) * G_c$$

Stap 7. Berekening van het slibgehalte bij RWA:

Bij externe buffering

$$G_{a,rwa} = (G_a * V_{ast^*} - TD_s) / V_{ast^*}$$

Stap 8. Berekening van het slibvolume bij RWA:

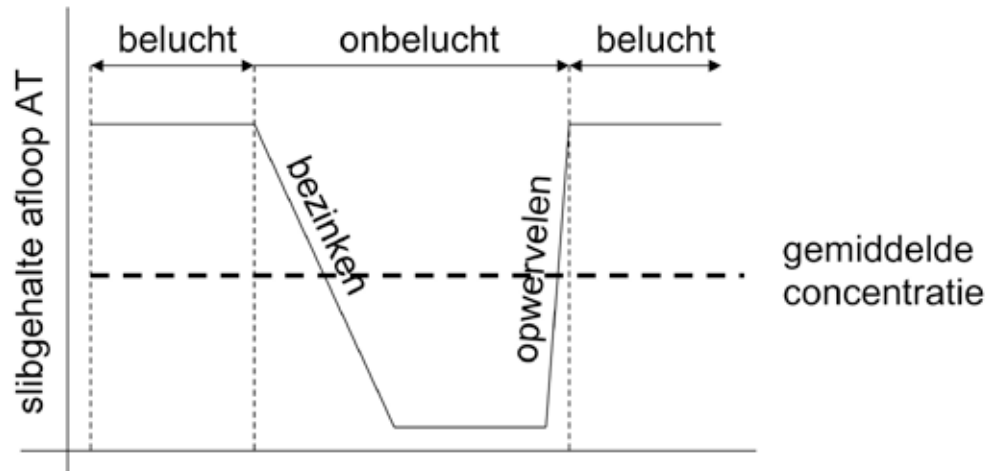
$$SV_{rwa} = G_{a,rwa} * SVI$$

Stap 9. Berekening maximale oppervlaktebelasting:

$$\begin{aligned} Q_a &= 300 / SV_{rwa} && (SV_{rwa} < 300) \\ Q_a &= 200 / SV_{rwa} + 1/3 && (300 < SV_{rwa} < 600) \\ Q_a &= 400 / SV_{rwa} && (SV_{rwa} > 600) \end{aligned}$$

De berekening voor slibbuffering in de beluchtingstank is afwijkend van bovenstaande methodiek. Deze methode is minder goed gedefinieerd dan de andere twee methoden. In principe kan al het slib gebufferd worden in de beluchtingstank, als de beluchting en voorstuwing lange tijd worden uitgezet. De aanvoer van slib naar de nabezinktanks wordt dan zo goed als nul. In de praktijk zal intermitterend belucht worden, om het actiefslibproces op gang te houden en fosfaatafgifte te voorkomen. Dit proces is schematisch weergegeven in Afbeelding 30.

AFBEELDING 30 HET VERLOOP VAN HET SLIBGEHALTE BIJ INTERMITTERENDE BELUCHTING / MENGING



De berekening van de maximale belasting van de nabezinktank verloopt dan als volgt:

Variabelen:

T_{bel}	[min]	de lengte van de beluchte periode
T_{bez}	[min]	de lengte van de bezinkperiode (begin onbeluchte periode)
T_{onb}	[min]	de lengte van de onbeluchte periode
T_{tot}	[min]	de duur van de cyclus
$G_{a,gem}$	[kg/m ³]	gemiddelde aanvoerconcentratie naar de nabezinktank
$G_{a,onb}$	[kg/m ³]	concentratie na bezinken
$G_{a,bel}$	[kg/m ³]	concentratie tijdens beluchten

De totale duur van de cyclus is:

$$T_{tot} = T_{bel} + T_{onb}$$

De berekening van $G_{a,gem}$ gaat als volgt:

$$G_{a,gem} = (T_{bel} * G_{a,bel} + T_{bez} * (G_{a,bel} + G_{a,onb})/2 + (T_{onb} - T_{bez}) * G_{a,onb}) / (T_{bel} + T_{onb})$$

Deze $G_{a,gem}$ kan vervolgens gebruikt worden om het slibvolume bij RWA uit te rekenen:

$$SV_{rwa} = G_{a,gem} * SVI$$

De maximale oppervlaktebelasting wordt vervolgens volgens bovenstaande formules berekend.

7.3 GEVOELIGHEIDSANALYSE INTERNE EN EXTERNE BUFFERING VAN RETOURSLIB

Aan de hand van het in paragraaf 7.2 beschreven model is er onderzocht wat de gevoeligheid van verschillende parameters is. Uitgangspunten hierbij waren:

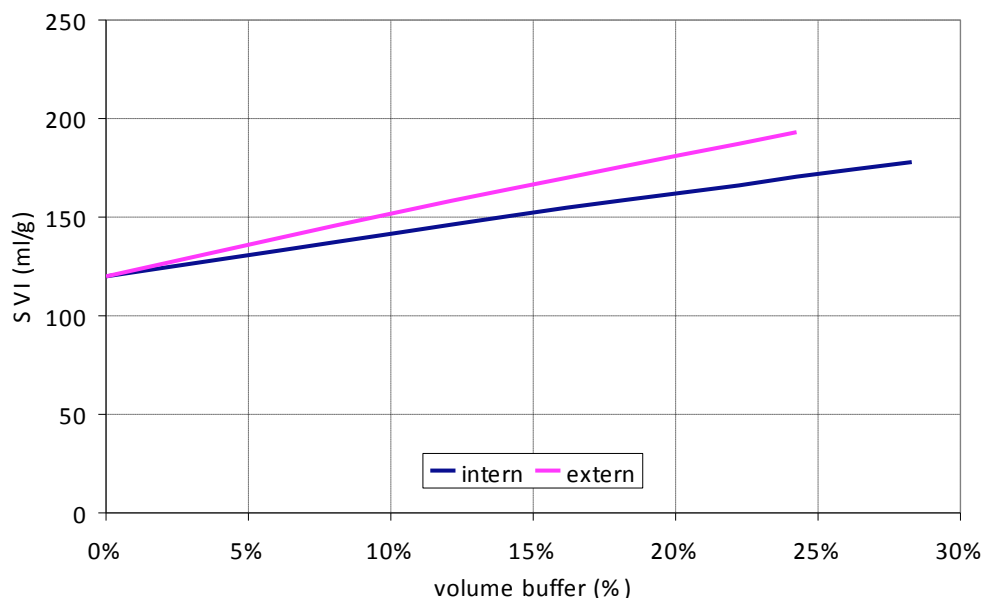
- SVI van 120 ml/g
- G_a van 4 g/l
- RWA debiet 820 m³/h (maximale belasting volgens de STORA richtlijn)
- Retourslibconcentratie bij RWA is 1200/SVI (onafhankelijk van G_a en Q_{rs})
- Volume actiefslibtanks 4.950 m³ (gelijk aan 5x oppervlak van de nabezinktank)
- Diameter nabezinktank is 35,5 m
- Onderscheid tussen interne en externe retourslibbuffering
- Minimaal slibgehalte bij RWA 2,0 kg/m³
- Maximale oppervlaktebelasting van 1,20 m³/(m².h)

Vervolgens zijn verschillende parameters gevarieerd om te onderzoeken wat het effect is op de maximale belasting van de nabezinktank. Onderzocht zijn achtereenvolgens:

- Hoe groot het buffervolume moet zijn om een verhoging van de SVI te ondervangen
- Hoe groot het buffervolume moet zijn om een verhoging van het drogestofgehalte te ondervangen
- Hoe alternatieve buffering gebruikt kan worden om een verhoging van het RWA debiet te ondervangen.

In de onderstaande figuren is het buffervolume steeds weergegeven als percentage van het totale actiefslibvolume. Uit berekeningen is gebleken dat er maar een beperkte invloed is van de verhouding tussen het volume van de actiefslibtanks en het nabezinktankoppervlak. Hiermee zijn de gepresenteerde grafieken van toepassing voor andere RWZI's met een SVI van 120 ml/g en een slibgehalte van 4 g/l. In Afbeelding 31 is weergegeven, hoe de slibvolume-index kan toenemen als functie van het bufferpercentage.

AFBEELDING 31 TOELAATBARE SVI DOOR BUFFERING

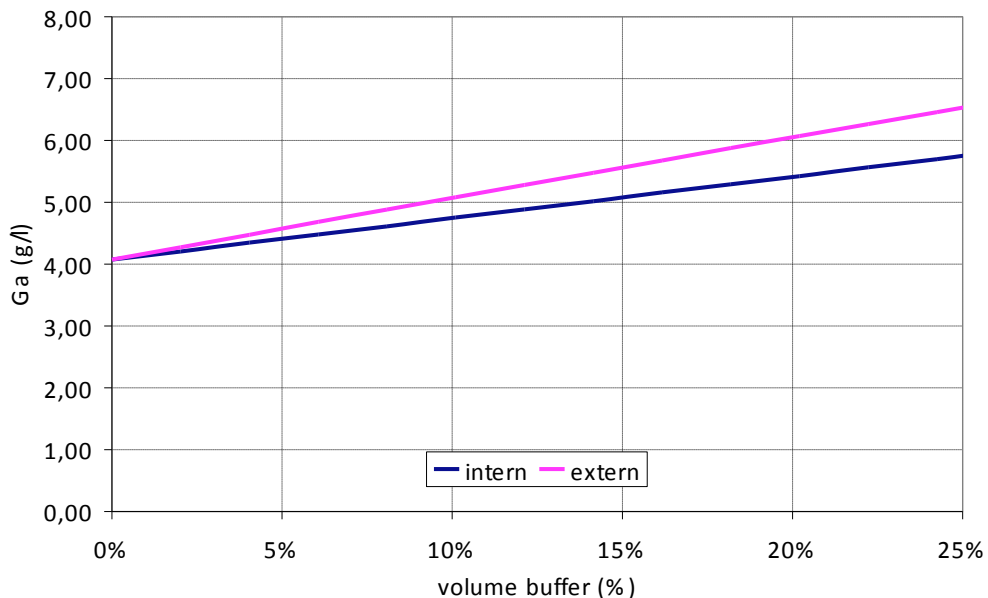


Uit de figuur blijkt dat:

- externe buffering effectiever is dan interne buffering. Dit komt doordat bij externe buffering extra volume aan het systeem wordt toegevoegd, terwijl bij interne buffering dit volume van de bestaande tanks wordt afgehaald.
- bij toepassing van een externe buffer van 10% de toelaatbare SVI verhoogd wordt van 120 naar 150 ml/g.
- bij toepassing van een interne buffer van 15% de toelaatbare SVI verhoogd wordt van 120 naar 150 ml/g.
- de maximale buffervolumes rond de 25% liggen. Daarboven wordt het minimale slibgehalte van 2 kg/m³ onderschreden. Deze waarde is als ondergrens aangehouden omdat hieronder ongehinderde bezinking kan optreden wat kan leiden tot uitspoeling van fines.

Dezelfde analyse is uitgevoerd voor het effect van de grootte van het buffervolume op het toelaatbare slibgehalte in de actiefslibtanks. Het resultaat is weergegeven in Afbeelding 32.

AFBEELDING 32 TOELAATBAAR SLIBGEHALTE (G_a) DOOR BUFFERING



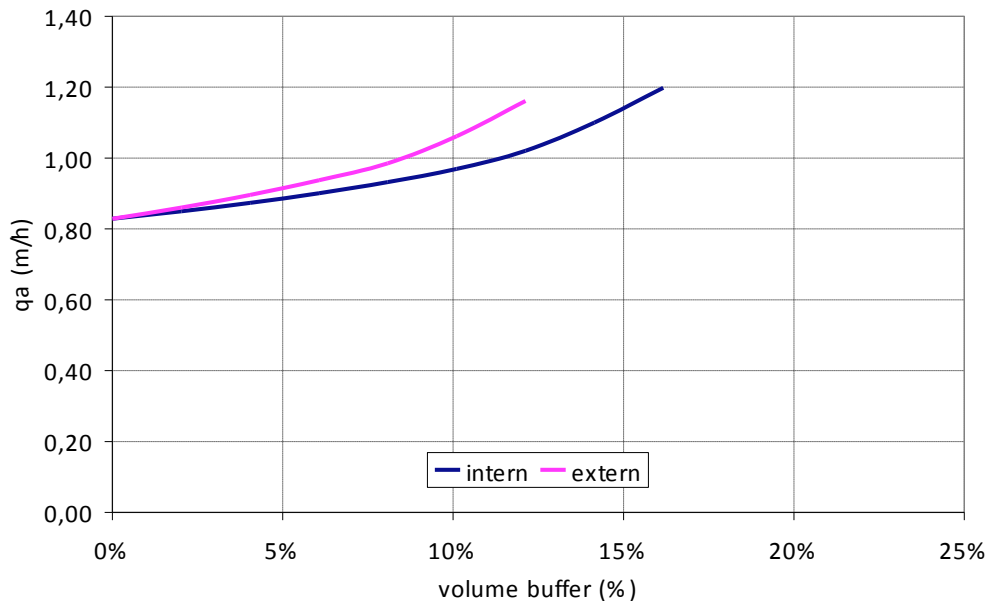
Uit de figuur blijkt dat:

- bij interne buffering een verhoging van het slibgehalte van 4 naar 5 kg/m³ mogelijk is bij een buffervolume ter grootte van 15% van het totale volume van de actiefslibtanks.
- bij externe buffering een verhoging van het actiefslibvolume van 4 naar 5 kg/m³ mogelijk is bij een buffervolume ter grootte van 10% van het totale volume van de actiefslibtanks.

Dezelfde analyse is uitgevoerd voor het effect van de grootte van het buffervolume op de toelaatbare oppervlaktebelasting van de nabezinktank. Het resultaat is weergegeven in Afbeelding 33.

Uit de figuur blijkt dat:

- bij externe buffering van 7,5% de oppervlaktebelasting kan worden verhoogd tot 1,0 m/h
- bij interne buffering van 12% de oppervlaktebelasting kan worden verhoogd tot 1,0 m/h
- de grens van 1,20 m/h bereikt wordt onder 15% buffering.

AFBEELDING 33 TOELAATBARE OPPERVLAKTEBELASTING (q_a) DOOR BUFFERING

7.4 GEVOELIGHEIDSANALYSE BUFFERING IN DE BELUCHTINGSTANK

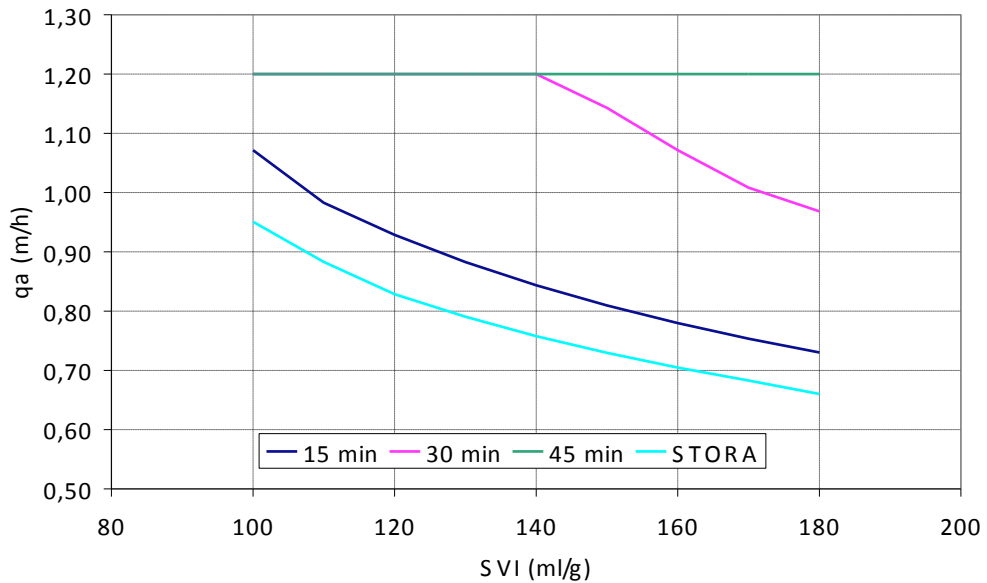
De belangrijkste parameter bij buffering in de beluchtingstank is de duur van het uitzetten van beluchting. Afhankelijk van de systeemconfiguratie kan het slibgehalte in de afloop van de beluchtingstank afnemen tot bijna 0. Voor dezelfde case als in de voorgaande paragraaf is het effect hiervan onderzocht. Uitgangspunten hierbij waren:

- Duur belucht : 10 minuten
- Duur bezinken : 15 minuten
- Duur onbelucht : variabel (minimaal 15 minuten bezinken)
- $G_{a,min}$: 0 g/l
- $G_{a,max}$: 4 g/l
- $Q_{a,max}$: 1,2 m/h

De genoemde waarden van duur bezinken en de minimale en maximale slibgehalten zijn praktijkwaarden van RWZI Ter Apel. Het minimale slibgehalte van 2 g/l is in deze analyse losgelaten. Tijdens de onbeluchte periode zakt het slibgehalte immers onder de 2 g/l. Het is niet duidelijk of dit leidt tot verhoogde zwevendestof concentraties in het effluent.

Afbeelding 34 toont de maximale oppervlaktebelasting als functie van de SVI. Getoond worden:

- Variant met 15 minuten onbelucht. Hierin wordt dus alleen bezonken.
- Variant met 30 minuten onbelucht
- Variant met 45 minuten onbelucht
- STORA richtlijn (zonder buffering)

AFBEELDING 34 TOELAATBARE OPPERVLAKTEBELASTING q_A DOOR BUFFERING IN DE BELUCHTINGSTANK

De grafiek laat zien dat al bij een regime van 10 minuten beluchten en 15 minuten bezinken een significante verbetering bereikt wordt ten opzichte van de STORA richtlijn. De ruimte die ontstaat in de toelaatbare oppervlaktebelasting bij een bezinktijd groter dan 30 minuten, is groot.

7.5 CONCLUSIES

Allerdrie de varianten van alternatieve slibbuffering hebben een groot effect op de belasting van de nabezinktank en kunnen veel extra ruimte geven voor verhoging van drogestofconcentratie, SVI en hydraulische belasting van een RWZI.

Het gepresenteerde model kan gebruikt worden om snel inzicht te verkrijgen in het effect van alternatieve slibbuffering. Voor interne en externe buffering van retourslib is een aangepaste berekening van de STORA richtlijn gebruikt om het effect van buffering te onderzoeken. Voor buffering in de beluchtingstank is een alternatief gebruikt, omdat de manier van buffering minder goed gedefinieerd is.

Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat in het geval van buffering in de beluchtingstank snel resultaten bereikt worden. Reeds bij een intermitterend bedrijf van de beluchting van 10 minuten aan en 15 minuten uit wordt een aanzienlijk effect bereikt. Het in Ter Apel toegepaste regime is erg ruim ingestoken en verlengen van de beluchte periode of verkorten van de onbeluchte periode moet zonder problemen kunnen.

8

DYNAMISCHE MODELLERING SLIBBALANS

8.1 INLEIDING

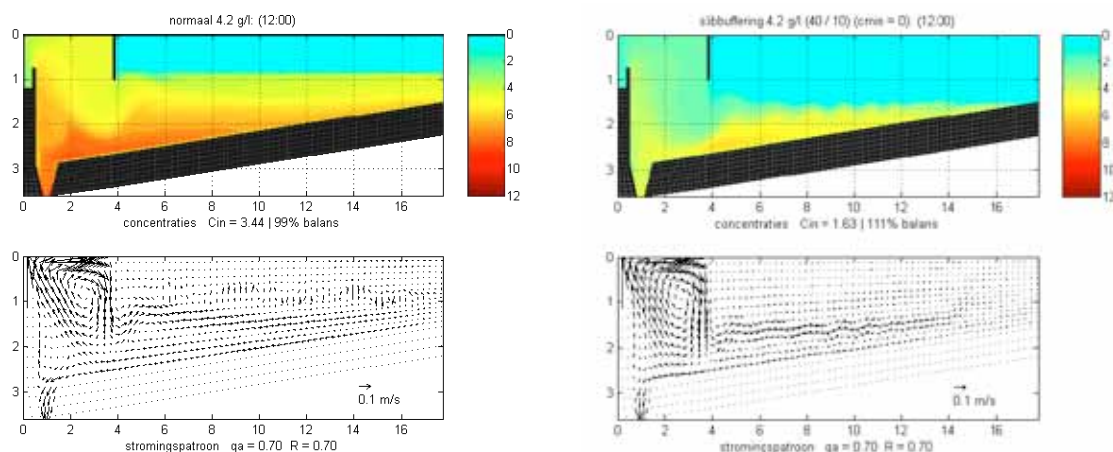
Voor de drie geselecteerde rwzi's, Ter Apel, Nieuwegein en Katwoude is met FAST2D onderzocht, wat het effect is van alternatieve slibbuffering. FAST2D is het nabezinktankmodel van de STOWA, dat gebruikt kan worden om inzicht te verkrijgen in het functioneren van nabezinktanks [ref. 6]. Het voordeel van modellering met FAST2D ten opzichte van statische modellering (zie hoofdstuk 7) is dat ook het effect van onderbelasting en overbelasting van de nabezinktank in beeld kan worden gebracht. In het statische model kan alleen berekend worden, wat de maximale belasting van de nabezinktank volgens de STORA-richtlijn is.

Voor de rwzi's Katwoude en Nieuwegein is FAST2D gekoppeld aan een SIMULINK model, om het mogelijk te maken de slibbalans over de RWZI door te rekenen. De resultaten van deze analyse worden in de volgende paragrafen gepresenteerd.

8.2 RWZI TER APEL

In Afbeelding 35 is het effect van de slibbuffering in de beluchtingstank op de opbouw van de slibdeken te zien voor rwzi Ter Apel. Getoond wordt de variant zonder slibbuffering (links) en de variant met slibbuffering (rechts).

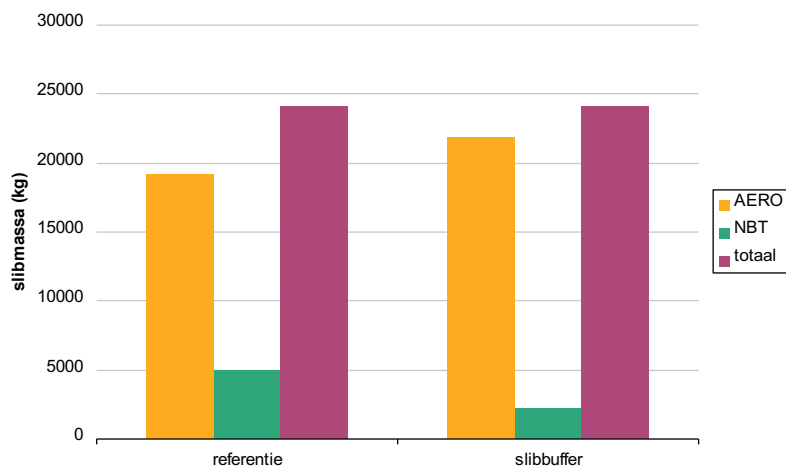
AFBEELDING 35 FAST2D RESULTAAT VAN DE RWZI TER APEL ZONDER EN MET SLIBBUFFERING



Door de toepassing van slibbuffering in de beluchting wordt de slibdeken fors verlaagd. Er is nauwelijks een slibdeken over in de nabezinktank. Het risico bestaat dat dergelijke procesomstandigheden problemen geven met zwevendestof-uitspoeling. De lage instroomconcentratie in combinatie met de afwezigheid van een slibdeken zouden kunnen leiden tot defloculatie en uitspoeling van zwevende stof. Op de rwzi Ter Apel zijn geen problemen met zwevendestof-uitspoeling.

Dit resultaat vertaalt zich in Afbeelding 36, waarin de slibhoeveelheden per compartiment worden getoond.

AFBEELDING 36 SLIBBALANS RWZI TER APEL MET EN ZONDER SLIBBUFFERING

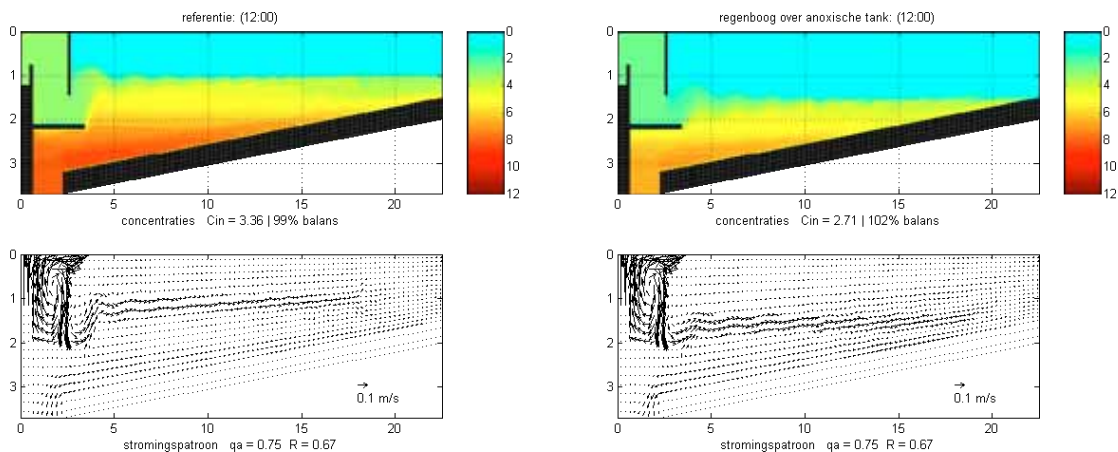


De totale hoeveelheid slib in de beluchtingstank neemt toe door toepassing van slibbuffering in de beluchtingstank. De aanvoerconcentratie naar de nabezinktank neemt echter af door bezinking in de beluchting. Hierdoor neemt de hoeveelheid slib in de nabezinktank fors af.

8.3 RWZI NIEUWEGEIN

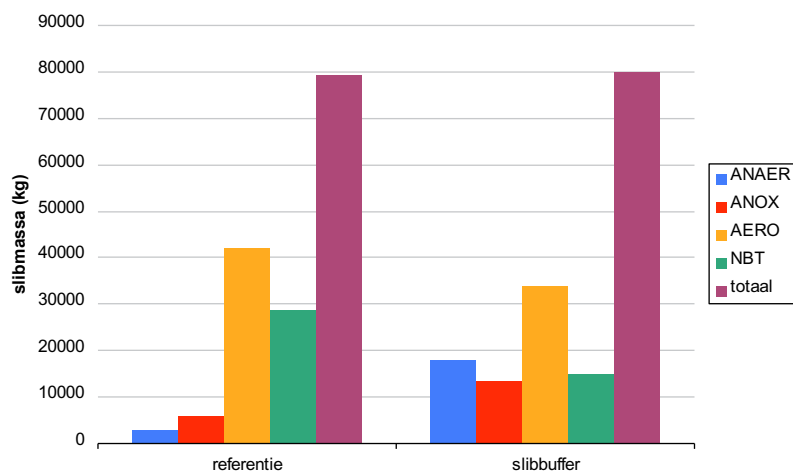
In Afbeelding 37 is het effect van de interne retourslibbuffering op de opbouw van de slibdeken te zien voor rwzi Nieuwegein. Getoond wordt de variant zonder slibbuffering (links) en de variant met slibbuffering (rechts).

AFBEELDING 37 FAST2D RESULTAAT VAN DE RWZI NIEUWEGEIN ZONDER EN MET SLIBBUFFERING



Door de toepassing van interne retourslibbuffering wordt de slibdeken met circa 50 cm verlaagd. Dit slib is verplaatst naar de interne retourslibbuffer. Afbeelding 38 laat dit zien. In deze figuur worden de totale hoeveelheden slib per compartiment getoond.

AFBEELDING 38 SLIBBALANS RWZI NIEUWEGEIN MET EN ZONDER SLIBBUFFERING

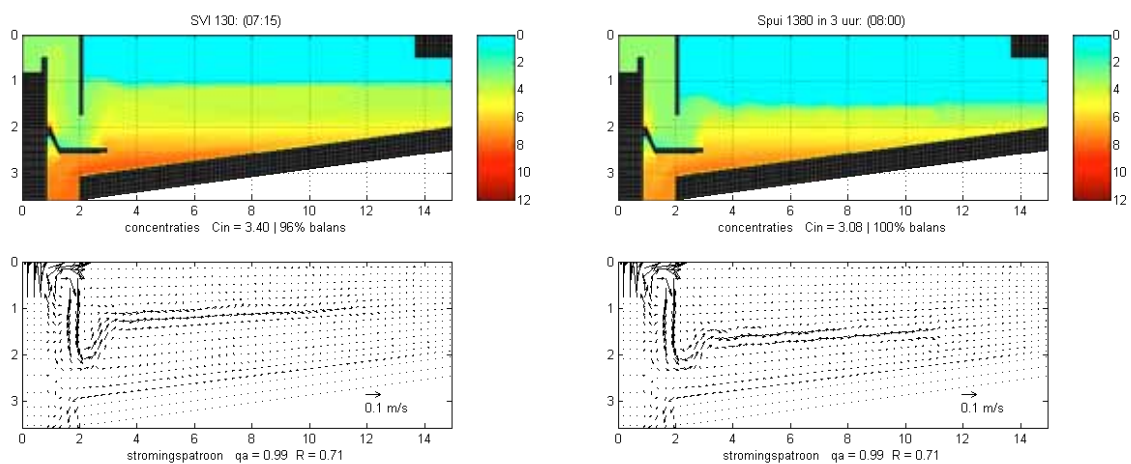


Slib wordt verplaatst van de aerobe tank naar de anoxische tank en de anaërobie tank. Hierdoor wordt de concentratie in de aërobie tank lager, wat een verlaging van de belasting van de nabezinktank tot gevolg heeft.

8.4 RWZI KATWOUDE

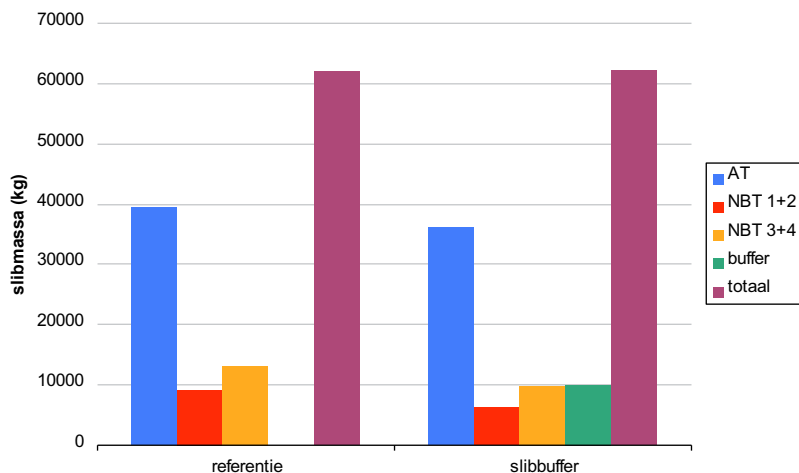
In Afbeelding 39 is het effect van de externe retourslibbuffering op de opbouw van de slibdeken te zien voor rwzi Katwoude. Getoond wordt de variant zonder slibbuffering (links) en de variant met slibbuffering (rechts).

AFBEELDING 39 FAST2D RESULTAAT VAN DE RWZI KATWOUDE ZONDER EN MET SLIBBUFFERING



Door de toepassing van externe slibbuffering wordt de slibdeken met circa 60 cm verlaagd. Dit slib is verplaatst naar de externe slibbuffer. Afbeelding 40 laat dit zien. In deze figuur worden de totale hoeveelheden slib per compartiment getoond.

AFBEELDING 40 SLIBBALANS RWZI KATWOUDE MET EN ZONDER SLIBBUFFERING



De totale hoeveelheid slib in de beluchtingstank wordt lager, waardoor de belasting van de nabezinktanks lager wordt en minder slib in de nabezinktanks hoeft te worden gebufferd.

8.5 CONCLUSIES

Met behulp van FAST2D is gebleken dat voor alle varianten geldt dat de belasting van de nabezinktank met behulp van alternatieve slibbuffering wordt verlaagd. In alle varianten gaat de belasting van licht overbelast naar laagbelast. Een verlaging van de slibdeken met 0,5 m tot 1,0 meter wordt gehaald.

9

DYNAMISCHE MODELLERING

EFFLUENTKwalITEIT

9.1 INLEIDING

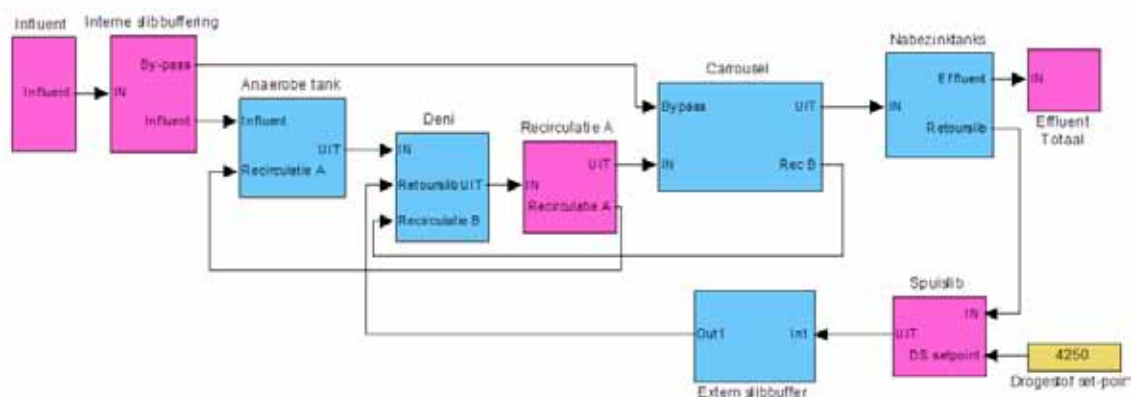
De verschillende methoden voor alternatieve slibbuffering zijn met elkaar vergeleken met behulp van een dynamisch model in SIMBA. Hiervoor is, in overleg met de begeleidingscommissie, gekozen voor een model van de rwzi Nieuwegein. Met behulp van het model is de invloed van de verschillende slibbuffermethoden op de effluentkwaliteit (stikstof- en fosfaatverwijdering) bepaald.

De opzet van het model is beschreven in paragraaf 9.2. In paragraaf 9.3 zijn de resultaten van de modelberekeningen weergegeven. In paragraaf 9.4 is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. De conclusies zijn samengevat weergegeven in paragraaf 9.5.

9.2 OPZET MODEL

Voor de modellering is uitgegaan van de systeemconfiguratie van de rwzi Nieuwegein. De configuratie en influentsamenstelling (voorbezonken) van de rwzi zijn in een ASM2d-model gemodelleerd. De verschillende manieren van alternatieve slibbuffering zijn in het model geïntegreerd. Het model is weergegeven in Afbeelding 41.

AFBEELDING 41 SIMBA-MODEL VAN DE RWZI NIEUWEGEIN



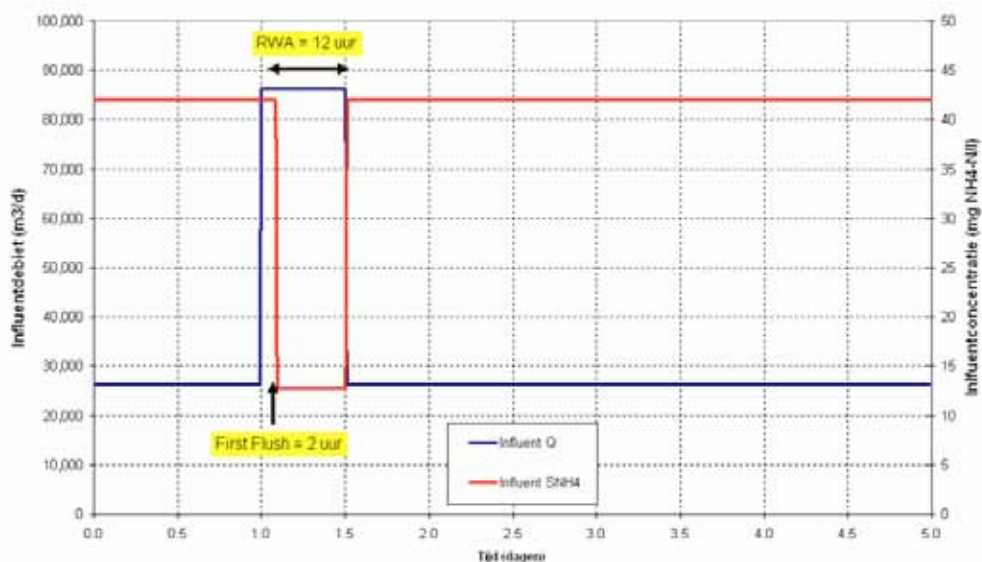
Het model is gecalibreerd op basis van de beschikbare gegevens met betrekking tot slibproductie en effluentkwaliteit. Voor het influentpatroon is uitgegaan van een constant debiet. Hierbij is onderscheid gemaakt in 3 influentfiles:

- DWA : een constant DWA-debiet met DWA-influentconcentraties;
- RWA : een constant regenweerdebiet zonder vervuiling (deze aanvoer wordt bij de DWA-aanvoer opgeteld);
- First Flush : een constant regenweerdebiet met DWA-influentconcentraties (deze aanvoer wordt bij de DWA-aanvoer opgeteld).

Bij een simulatie wordt vanuit een steady-state een periode van 5 dagen doorgerekend. Hierbij wordt de volgende aanvoercharacteristiek toegepast; 1 dag DWA, 12 uur RWA (waarvan de eerste 2 uur First-Flush), vervolgens DWA. Er is gekozen voor een periode van 5 dagen met een RWA van 12 uur omdat dit de jaargemiddelde regentoevoer goed benadert. Door de RWA tijdens de 2^e dag van de simulatie te laten plaatsvinden wordt het na-ijleffect van de regenbui op de effluentkwaliteit eveneens voldoende meegenomen.

In Afbeelding 42 is het verloop van debiet en influentconcentraties grafisch weergegeven.

AFBEELDING 42 HET INFLUENTDEBIET EN DE INFLUENTCONCENTRATIE TIJDENS EEN SIMULATIEBEREKENING



9.3 RESULTATEN

9.3.1 INLEIDING

Met het beschreven model zijn vier varianten doorgerekend. Dit betreft de drie methoden van alternatieve slibbuffering, en als referentievariant de rwzi zonder alternatieve slibbuffering. In de volgende paragrafen zijn de belangrijkste uitgangspunten en resultaten van de verschillende varianten gepresenteerd.

In de bijlagen 3 t/m 6 zijn enkele grafieken van de verschillende varianten weergegeven. Dit betreft achtereenvolgens:

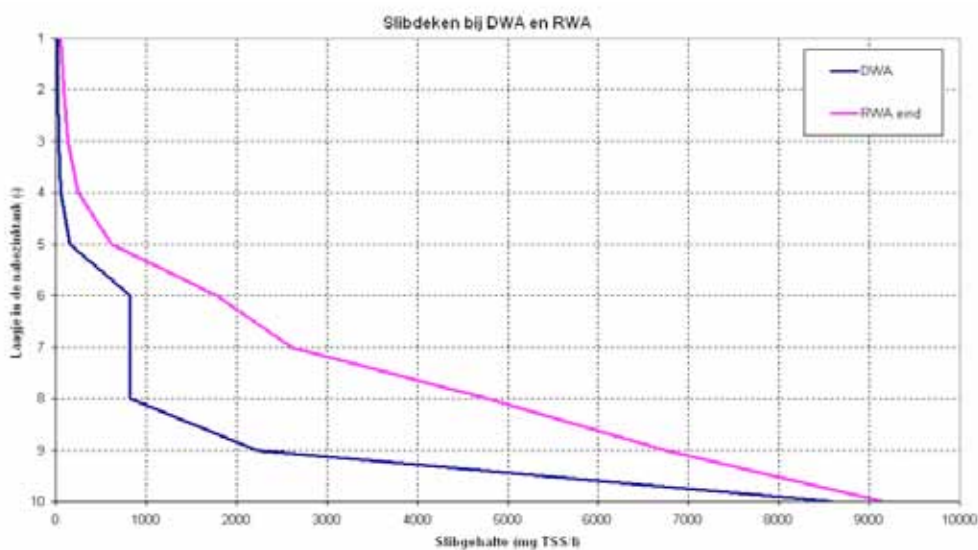
- Figuur X.1 : Het verloop van het slibgehalte in de verschillende procesonderdelen;
- Figuur X.2 : De slibbalans over de waterlijn van de rwzi;
- Figuur X.3 : Het verloop van het stikstofgehalte in het effluent;
- Figuur X.4 : Het verloop van het fosfaatgehalte in de verschillende procesonderdelen.

9.3.2 REFERENTIEVARIANT

De referentievariant is het model van de rwzi Nieuwegein zonder alternatieve slibbuffering. Op basis van de referentievariant is het model gecalibreerd. Omdat het model van de rwzi Nieuwegein slechts gebruikt wordt om de verschillende varianten met elkaar te vergelijken is een globale calibratie uitgevoerd. Hierbij is bijvoorbeeld niet de influentsamenstelling tot in detail bepaald. Bij de calibratie is aandacht besteed aan het fitten van de slibproductie, de stikstofverwijdering, de biologische fosfaatverwijdering en het effluent zwevendstofgehalte.

Omdat het voor de berekeningen relevant is om de slibbuffering in de nabezinktanks te modelleren is gebruik gemaakt van een 10-laagjes nabezinktankmodel. In Afbeelding 43 is de slibdekenopbouw weergegeven voor de referentievariant bij DWA en RWA. Bij DWA is er nauwelijks een slibdeken. Vanaf de instroming (laagje 6) tot vlak boven de bodem (laagje 8) is het slibgehalte zeer laag. Nabij de bodem dikt het slib in tot een retourslibgehalte van circa 8,5 g/l. Bij RWA vindt een geleidelijke indikking plaats over de slibdeken. Het slibgehalte neemt over de diepte toe tot een retourslibgehalte van circa 9 g/l. Hoewel de profielen niet geheel overeen komen met het profiel zoals dat in de praktijk wordt gemeten, is het voor het doel van de studie acceptabel. Ook het effluent zwevendstofgehalte is niet goed te fitten met de praktijk. Bij DWA is het zwevendstofgehalte 18 mg/l, en bij RWA neemt het gehalte toe tot 50 mg/l, hoger dan op een goed werkende rwzi zou mogen worden verwacht. Ook deze afwijking is acceptabel voor deze studie.

AFBEELDING 43 DE SLIBDEKENOPBOUW VAN DE REFERENTIEVARIANT BIJ DWA EN RWA



Uit figuur 3.1 in bijlage 3 blijkt dat het slibgehalte in de beluchtingstank bij RWA daalt van 4,25 naar 3,7 g/l. Uit figuur 3.2 blijkt dat de hoeveel slib die in de nabezinktanks wordt gebufferd bij RWA circa tweemaal zo groot is als bij DWA.

Ten gevolge van de RWA neemt het ammoniumgehalte in het effluent toe tot een maximum van ruim 9 mg N/l. Dit is met name een gevolg van de first flush van de eerste 2 uur, aangezien na 12 uur RWA het ammoniumgehalte alweer terug is op het gewenste niveau van 2 mg N/l. Het effect op het fosfaatgehalte in het effluent is beperkt.

9.3.3 SLIBBUFFERING IN DE BELUCHTINGSTANK

Bij deze variant wordt in het model van de rwzi Nieuwegein de slibbufferregeling van de rwzi Ter Apel toegepast (zie paragraaf 4.2). Hierbij wordt bij overschrijding van een bepaald RWA-debiet ($3.000 \text{ m}^3/\text{h}$), na een bepaalde wachttijd (1 uur), de volgende procesvoering ingesteld:

- Beluchting en voortstuwing in de beluchtingstank wordt intermitterend bedreven (10 minuten AAN / 40 minuten UIT);
- Recirculatie A en B blijven in bedrijf.

Het is met het model niet mogelijk om de bezinking in de beluchtingstank te modelleren. De verlaging van het slibgehalte in de beluchtingstank ten gevolge hiervan is daarom niet meegenomen. Uit figuur 4.1 en 4.2 in bijlage 4 blijkt ook dat de slibbalans van deze variant vergelijkbaar is met de referentievariant. Deze vereenvoudiging is acceptabel omdat er twee effecten zijn die elkaar (deels) opheffen:

- In het model stroomt er bij RWA meer slib naar de nabezinktank en wordt er daarom ook meer slib in de nabezinktank gebufferd. Hierdoor is het slibgehalte bij RWA in de beluchtingstank in de praktijk hoger dan in het model. Dit leidt tot een lagere biologische activiteit in het model ten opzichte van de praktijk.
- In de praktijk is het slib in de beluchtingstank tijdens RWA voor een deel van de tijd bezonken. Hierdoor is een deel van het water in de beluchtingstank een deel van de tijd niet in contact met actiefslib. Dit zal in de praktijk leiden tot een lagere biologische activiteit.

Dus zowel in de praktijk als in het model treedt er een fenomeen op dat leidt tot een verlaging van de biologische activiteit tijdens RWA. Er is van uit gegaan dat deze fenomenen ongeveer een zelfde effect hebben, en dat de resultaten van de modelberekeningen de praktijk goed weergeven.

Uit figuur 4.3 in bijlage 4 blijkt dat het ammoniumgehalte bij RWA sterk stijgt, tot een maximum van circa 16 mg N/l . Het nitraatgehalte daalt hierbij tot 0 mg N/l . Ook het fosfaatgehalte (zie figuur 4.4) stijgt volgens de modelberekeningen sterk, tot een maximumgehalte van $24 \text{ mg P}_{\text{ortho}}/\text{l}$ in de Carrousel en ruim $21 \text{ mg P}_{\text{ortho}}/\text{l}$ in het effluent.

9.3.4 INTERNE RETOURSLIBBUFFERING

Bij deze variant wordt de slibbufferregeling van de rwzi Nieuwegein gevolgd (zie paragraaf 5.2). Er wordt hierbij op één punt afgeweken van de werkelijke regeling. In de praktijk wordt het retourslib van twee van de drie nabezinktanks naar de anaerobe tank teruggevoerd (zie Afbeelding 16). In het model geldt dit voor het retourslib van alle nabezinktanks.

In de slibbufferregeling wordt bij overschrijding van een bepaald RWA-debiet ($3.000 \text{ m}^3/\text{h}$) de volgende procesvoering ingesteld:

- Het influent wordt via een by-pass langs de anaerobe en voordennitrificatietank, direct in de beluchtingstank geleid.
- Recirculatie B wordt uitgezet.

Tijdens RWA neemt het slibgehalte in de anaerobe en anoxische tank in enkele uren tot het niveau van het retourslibgehalte, in dit geval $7,1 \text{ g/l}$ (zie figuur 5.1. in bijlage 5). Het slibgehalte in de beluchtingstank daalt hierdoor van $4,25$ naar $2,9 \text{ g/l}$. De slibvracht in de beide interne buffertanks is op dat moment groter dan de totale slibvracht in de Carrousel (zie figuur 5.2. in bijlage 5). In de nabezinktanks is de gebufferde hoeveelheid slib bijna gelijk aan die tijdens DWA. Dit betekent dat bij RWA de slibdeken laag blijft.

Het ammoniumgehalte in het effluent neemt tijdens de eerste uren van de RWA sterk toe tot maximaal 12 mg N/l, maar is aan het eind van de RWA alweer bijna terug op het gewenste niveau. Het nitraatgehalte daalt gedurende RWA met enkele mg N/l. De invloed van de RWA en de interne slibbuffering op het fosfaatgehalte in het effluent is gering. Het gemiddelde fosfaatgehalte over de dag daalt zelfs iets doordat verdunning optreedt.

9.3.5 EXTERNE RETOURSLIBBUFFERING

Bij deze variant wordt in het model van de rwzi Nieuwegein de slibbufferregeling van de rwzi Katwoude toegepast (zie paragraaf 6.2). Hierbij wordt bij overschrijding van een bepaald RWA-debiet (3.000 m³/h) het retourslib (van alle nabezinktanks) naar de externe buffertank gepompt (800 m³/h). Na afloop van de RWA-periode wordt de buffertank weer leeggepompt. De externe slibbuffertank heeft een volume van 3.750 m³.

Het slibgehalte in de Carrousel daalt van 4,25 g/l naar circa 2,9 g/l (zie figuur 6.1 in bijlage 6), net als in de variant met de interne slibbuffertank (zie paragraaf 9.3.4). De hoeveelheid slib in de externe slibbuffertank bedraagt circa 28.000 kg DS, en heeft een slibgehalte van circa 7 g/l. De invloed op de stikstofverwijdering is getoond in figuur 6.3 in bijlage 6, en is vergelijkbaar met de interne retourslibbuffering. De ammonumpiek in het effluent bedraagt 9,5 mg N/l en is daarmee wel lager dan bij interne retourslibbuffering. De invloed op de fosfaatverwijdering is gering.

9.3.6 VERGELIJKING VAN DE VARIANTEN

De resultaten van de verschillende slibbuffervarianten zijn samengevat weergegeven in Tabel 8. Hierbij zijn de volumeproportionele effluentconcentraties over 5 dagen weergegeven en over de RWA-dag (2^e dag van de berekening). De waarde over 5 dagen kan worden gezien als representatief voor de jaargemiddelde effluentkwaliteit. De waarde op de RWA-dag is interessant omdat dit de waarden zijn waarmee rekening moet worden gehouden als de RWA-dag een bemonsteringsdag is.

TABEL 8 RESULTATEN VAN DE MODELLERING VAN DE VERSCHILLENDE VARIANTEN

Slibbuffering	G _{a,RWA} (g/l)	Volumeproportionele effluentconcentraties over 5 dagen			Volumeproportionele effluentconcentraties over de RWA-dag		
		NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)
Referentie	3,69	2,6	8,0	1,09	3,8	6,5	1,14
Beluchtingstank	3,60 ¹⁾	5,6	6,9	4,34	11,1	2,4	11,5
Intern retourslib	2,89	3,1	8,1	1,07	5,2	6,5	1,05
Extern retourslib	2,81	2,8	8,0	1,01	4,4	6,3	1,04

1 Het slibgehalte daalt in de praktijk verder (zie paragraaf 9.3.3)

Het slibgehalte bij RWA daalt bij de interne en externe retourslibbuffering tot 2,8-2,9 g/l. Uitgaande van een slibgehalte bij DWA van 4,25 g/l, is dit een buffering van 32-34%. Dit is circa tweeënhalve keer zoveel buffering als bij de referentievariant, waarin circa 13% van het slib bij RWA in de nabezinktank wordt gebufferd.

Volgens de berekeningen heeft alternatieve slibbuffering in alle gevallen een negatieve invloed op de stikstofverwijdering. Bij slibbuffering in de beluchtingstank neemt het gemiddelde ammoniumgehalte (berekend over 5 dagen) toe met circa 3 mg N/l. Het gemiddelde ammoniumgehalte op de RWA-dag is zelfs 11,1 mg N/l. Het N _{totaal} -effluentgehalte is over 5 dagen circa 2 mg N/l hoger dan bij de referentievariant.

Externe retour-slibbuffering heeft weinig invloed op de stikstofverwijdering, als over een periode van 5 dagen wordt gekeken. Door het lagere slibgehalte bij RWA neemt het gemiddelde ammoniumgehalte met 0,2 mg N/l toe. Bij interne retour-slibbuffering neemt het gemiddelde ammoniumgehalte met circa 0,5 mg N/l toe, en het N_{totaal} -gehalte met 0,6 mg N/l. Op de RWA-dag is wel een stijging van het gemiddelde ammoniumgehalte te zien van 0,6 (externe retour-slibbuffering) tot 1,4 mg N/l (interne retour-slibbuffering).

Interne en externe retour-slibbuffering hebben een lichte verbetering van de biologische fosfaatverwijdering (gerekend over 5 dagen) tot gevolg. Ook op de RWA-dag zelf is het gemiddelde fosfaatgehalte iets lager dan bij de referentievariant. De reden dat het fosfaatgehalte bij interne retour-slibbuffering iets lager is dan bij de referentievariant is dat het fosfaatgehalte na de RWA-gebeurtenis lager blijft (zie figuur 5.4 in bijlage 5). Mogelijk komt dit doordat op dat moment relatief veel slib aanwezig is in de anaerobe tank en de voordennitrificatietank, waardoor de biologische fosfaatopnamecapaciteit relatief groot is. Bovendien is het slib na afloop van de RWA weer snel beschikbaar om fosfaat op te nemen in de beluchtingstank.

Bij externe slibbuffering wordt de buffertank in het begin van de RWA-periode (tijdens de first-flush) gevuld. Zoals blijkt uit figuur 6.4 in bijlage 6 is op dat moment een piek in het effluent-fosfaatgehalte. Omdat op dat moment een deel van het retour-slib tijdelijk aan de waterlijn wordt onttrokken is dan ook het effluentdebiet lager. Dit heeft tot gevolg dat het volumeproportionele gemiddelde fosfaatgehalte lager is.

Bij slibbuffering in de beluchtingstank neemt in het model van de rwzi Nieuwegein het gemiddelde fosfaatgehalte sterk toe van 1,09 naar 4,34 mg P_{ortho} /l. Op de RWA-dag zelf wordt zelfs een gemiddeld fosfaatgehalte van 11,5 mg P/l berekend.

9.4 GEVOELIGHEIDSANALYSE

9.4.1 INLEIDING

De invloed van interne en externe retour-slibbuffering op de effluentkwaliteit is beperkt. Slibbuffering in de beluchtingstank heeft volgens het model wel een grote invloed op de effluentkwaliteit. De gevoeligheidsanalyse richt zich daarom op deze variant.

9.4.2 INSTELLING INTERMITTERENDE BELUCHTING

Bij de slibbuffering in de beluchtingstank kan de tijd waarop de beluchting aan en uit wordt geschakeld worden gevarieerd. Op de rwzi Ter Apel is de instelling zoals aangehouden in paragraaf 9.3.3, 10 minuten aan en 40 minuten uit. Uit de analyse van de slibbalans (zie paragraaf 7.4) blijkt dat ook als de beluchting een veel kortere tijd uit bedrijf gaat, het effect op de slibbelasting van de nabezinktanks voldoende groot zal zijn. De invloed van de tijd die de beluchting uitstaat is daarom met het model onderzocht. De resultaten zijn samengevat weergegeven in Tabel 9.

TABEL 9

GEVOELIGHEIDSANALYSE VOOR DE TIJD DIE DE BELUCHTING UIT STAAT (SLIBBUFFERING IN DE BELUCHTINGSTANK)

Tijd Aan/Uit (minuten)	Volumeproportionele effluentconcentraties over 5 dagen			Volumeproportionele effluentconcentraties op de RWA-dag		
	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/)
Referentie	2,6	8,0	1,09	3,8	6,5	1,14
10 / 40	5,6	6,9	4,34	11,1	2,4	11,5
10 / 30	5,3	7,0	3,68	10,6	2,4	9,62
10 / 20	4,8	7,0	2,53	9,6	2,5	6,27
10 / 10	4,0	7,0	1,12	7,5	3,0	1,82

Het verkorten van de tijd die de beluchting uitstaat leidt tot een verbetering van de effluentkwaliteit. De effluentkwaliteit met de instelling 10 minuten aan / 10 minuten uit, leidt zelfs tot een stikstoftotaal- en fosfaattotaalgehalte die, over een periode van 5 dagen bekeken, vergelijkbaar is met de referentievariant. Voor de RWA-dag zelf is bij deze instelling wel een duidelijke stijging van zowel het ammonium- als het fosfaatgehalte te zien.

9.4.3 DUUR VAN RWA EN FIRST-FLUSH

In de vergelijking van de varianten is gekozen voor een influentpatroon met 12 uur RWA, waarvan 2 uur first-flush (zie paragraaf 9.2). Deze keuze heeft invloed op de uitkomsten van de berekeningen. Voor de variant met slibbuffering in de beluchtingstank is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor deze uitgangspunten. De resultaten hiervan zijn weergegeven in Tabel 10.

De duur van de RWA heeft een grote invloed op de effluentkwaliteit. Het halveren van de RWA-tijd van 12 naar 6 uur leidt tot een verlaging van het effluent-ammoniumgehalte van circa 1,5 mg N/l (gerekend over 5 dagen). Voor het effluent-fosfaatgehalte is dit 1,5-2,5 mg P/l, afhankelijk van de duur van de first-flush. Op de RWA-dag zelf zijn de verschillen nog groter.

De duur van de first-flush heeft eveneens een grote invloed op de effluentkwaliteit. Het verminderen van de first-flush met 1 uur leidt tot een verlaging van het 5-daags gemiddelde effluent-ammoniumgehalte van 0,6-0,8 mg N/l, afhankelijk van de RWA-duur. Voor het effluent-fosfaatgehalte is dit 0,7-0,8 mg P/l bij een RWA van 12 uur en 0,3-0,4 mg P/l bij een RWA van 6 uur.

TABEL 10

GEVOELIGHEIDSANALYSE VOOR DE DUUR VAN RWA EN FIRST-FLUSH (SLIBBUFFERING IN DE BELUCHTINGSTANK, BELUCHTING 10 MINUTEN AAN / 40 MINUTEN UIT)

RWA (uur)	First-Flush (uur)	Volumeproportionele effluentconcentraties over 5 dagen			Volumeproportionele effluentconcentraties op de RWA dag		
		NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	PO ₄ -P (mg/)
12	2	5,6	6,9	4,34	11,1	2,4	11,5
12	1	4,8	6,9	3,53	9,3	2,4	9,2
12	0	4,0	7,0	2,87	6,1	3,4	5,2
6	2	3,9	8,2	1,95	8,7	4,7	5,4
6	1	3,3	8,1	1,51	6,7	4,9	3,6
6	0	2,8	8,0	1,21	4,7	5,1	2,2

9.5 CONCLUSIES

Volgens de modelresultaten heeft het toepassen van interne of externe retourslibbuffering een geringe invloed op de effluentkwaliteit van de rwzi. Indien wordt gemeten op de RWA-dag zelf is deze invloed merkbaar, maar als het effect over een iets langere periode wordt beoordeeld (5 dagen) is het effect gering. Het volumeproportionele effluent-fosfaatgehalte is zelfs iets lager dan bij de referentievariant.

Het toepassen van slibbuffering in de beluchtingstank heeft volgens de modelresultaten een negatief effect op de effluentkwaliteit. Zowel de stikstofverwijdering als de biologische fosfaatverwijdering neemt af. De mate waarin de effluentkwaliteit verslechtert is afhankelijk van de instelling van de intermitterende beluchterregeling. Bij een instelling waarbij de beluchting evenveel aan als uit staat is de verslechtering van de effluentkwaliteit gering.

Met name bij het toepassen van slibbuffering in de beluchtingstank hebben de duur van de RWA en de first-flush grote invloed op de gemiddelde effluentkwaliteit.

10

EVALUATIE

10.1 INLEIDING

De werking van de verschillende varianten van alternatieve slibbuffering is in dit rapport op verschillende manieren onderzocht. Dit betreft enerzijds de evaluatie van de resultaten op drie rwzi's (hoofdstuk 4 t/m 6) en anderzijds de modellering van de slibbalans en de effluentkwaliteit (hoofdstuk 7 t/m 9). In dit hoofdstuk zijn de resultaten met betrekking tot de effluentkwaliteit met elkaar vergeleken en zijn de opvallendste verschillen nader bekeken (paragraaf 10.2). Hierbij is met name de werking van de biologische fosfaatverwijdering bij slibbuffering in de beluchtingstank nader geanalyseerd (paragraaf 10.3). Alternatieve slibbuffering kan het optreden van slibuitspoeling voorkomen. In paragraaf 10.4 is ingegaan op het effect hiervan op de effluentkwaliteit.

10.2 EFFLUENTKWALITEIT

De invloed van alternatieve slibbuffering op de effluentkwaliteit is slechts ten dele op basis van de praktijkresultaten te beoordelen. Alleen voor de variant slibbuffering in de beluchtingstank is hierover enige informatie verzameld (zie hoofdstuk 4). Op de rwzi Ter Apel was het mogelijk om gedurende een periode van 3 maanden de slibbufferregeling uit te zetten. Op basis van een vergelijking tussen beide periodes is het mogelijk om de kwalitatieve verschillen in stikstofverwijdering te zien. Over de invloed op de fosfaatverwijdering kan weinig worden gezegd omdat er geen fosfaatanalyser aanwezig is en het aantal bemonsteringen tijdens RWA-dagen gering was. Voor de interne en externe retourslibbuffering is het niet mogelijk om de invloed hiervan op de effluentkwaliteit te beoordelen op basis van de praktijkresultaten. De varianten zijn daarom met elkaar vergeleken met behulp van een dynamisch simulatiemodel in SIMBA (zie hoofdstuk 9).

Bij het toepassen van slibbuffering in de beluchtingstank wordt de beluchting tijdelijk uitgezet tijdens RWA. Op de rwzi Ter Apel leidt dit tot een ammoniumpiek, die een gemiddeld hoger ammonium-effluentgehalte tot gevolg heeft (zie paragraaf 4.5.3). De invloed hiervan op de gemiddelde effluentkwaliteit is op basis van de praktijkgegevens niet goed te kwantificeren. Het beeld komt echter goed overeen met de resultaten van de modelberekeningen, zoals gepresenteerd in paragraaf 9.3.3. Met betrekking tot de biologische fosfaatverwijdering zijn de verschillen tussen de praktijkervaringen op de rwzi Ter Apel en de modelresultaten echter zeer groot. Dit aspect wordt nader geanalyseerd in paragraaf 10.3.

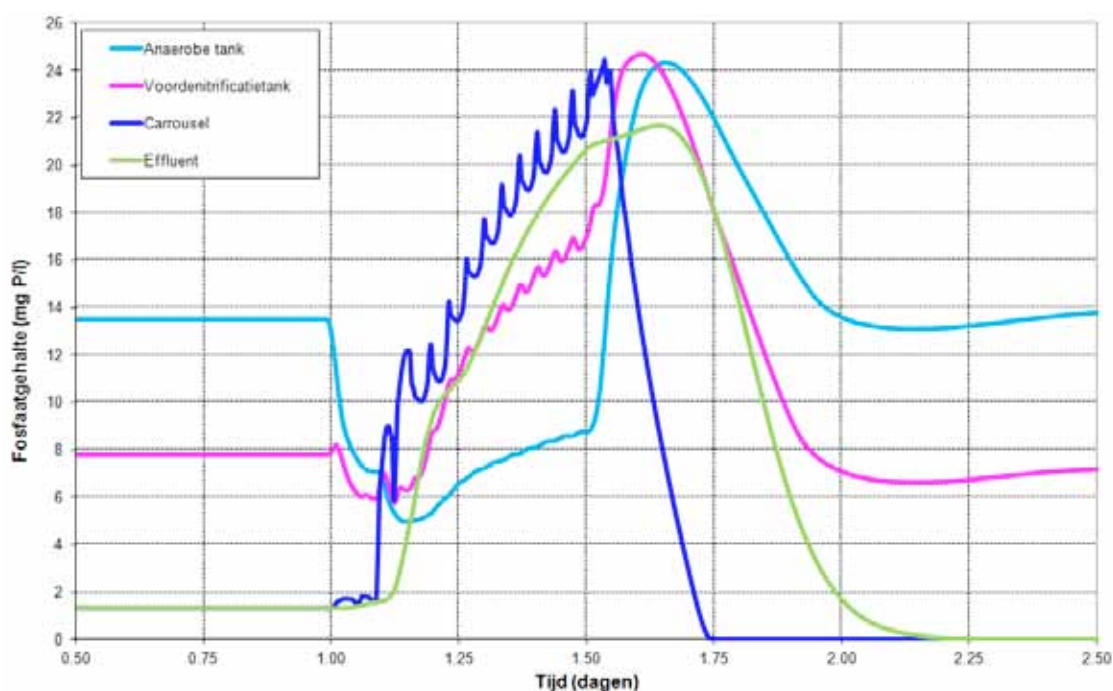
10.3 BIOLOGISCHE FOSFAATVERWIJDERING

10.3.1 INLEIDING

Op de rwzi Ter Apel lijkt het toepassen van de slibbufferregeling geen effect te hebben op de fosfaatverwijdering. Hoewel het aantal bemonsteringen tijdens RWA beperkt was, is in Afbeelding 13 te zien dat als de slibbufferregeling actief is, het fosfaatgehalte in het effluent niet tot nauwelijks stijgt. Dit is ook de ervaring van het Waterschap Hunze en Aa's op andere rwzi's waar een dergelijke regeling wordt toegepast.

Volgens de modelberekeningen heeft het toepassen van deze slibbufferregeling echter een heel groot effect op het fosfaatgehalte in de beluchtingstank en in het effluent. In Afbeelding 44 (onderdeel van figuur 4.4 in bijlage 4) is te zien dat het fosfaatgehalte in de beluchtingstank toeneemt van 1,3 naar 24 mg P/l.

AFBEELDING 44 HET VERLOOP VAN HET ORTHO-FOSFAATGEHALTE IN DE VERSCHILLENDE PROCESONDERDELEN



10.3.2 VERSCHILLEN TUSSEN RWZI NIEUWEGEIN EN RWZI TER APEL

De modellering is uitgevoerd op basis van de influentgegevens en systeemconfiguratie van de rwzi Nieuwegein. Een belangrijk verschil tussen de rwzi Nieuwegein en de rwzi Ter Apel is dat op rwzi Nieuwegein voorbezinking wordt toegepast. Hierdoor zijn er grote verschillen in de influentsamenstelling en slibbelasting op beide rwzi's, zoals is getoond in Tabel 11. De in deze tabel getoonde waarden zijn gebaseerd op de jaarrapporten van beide rwzi's. Er zijn ten behoeve van dit onderzoek geen aanvullende metingen aan bijvoorbeeld vetzuren verricht. Deze fractie is ingeschat op basis van meetgegevens aan vergelijkbare rwzi's.

Een belangrijk verschil tussen beide rwzi's is de slibbelasting waarmee in de modellering is gerekend. Deze is voor de rwzi Nieuwegein bijna tweemaal zo hoog. Met behulp van het model van de rwzi Nieuwegein en een soortgelijk model van de rwzi Ter Apel, is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. De resultaten hiervan zijn niet in deze rapportage opgenomen, maar één van de bevindingen is dat het verlagen van de slibbelasting op de rwzi Nieuwegein leidt tot een lagere fosfaatpiek. Een halvering van de belasting leidt volgens het model tot een halvering van de fosfaatpiek in het effluent.

Daarnaast is een opvallend verschil tussen beide rwzi's het effluent fosfaatgehalte. Op de rwzi Ter Apel wordt een zeer laag fosfaatgehalte bereikt. Op de rwzi Nieuwegein is het fosfaatgehalte aanmerkelijk hoger. Dit betekent dat op de rwzi Nieuwegein de bio-P capaciteit volledig wordt benut, terwijl er op de rwzi Ter Apel mogelijk nog wat ruimte voor aanvullende bio-P aanwezig is.

TABEL 11 PROCESGEGEVENS VAN DE MODELLERING VAN DE RWZI NIEUWEGEIN EN TER APEL

Onderdeel	Parameter	Eenheid	Rwzi Nieuwegein	Rwzi Ter Apel
Influent	Type influent	-	voorbezonken	ruw
	Debiet	m ³ /d	26.245	3.158
	CZV	mg/l	375	650
	Vetzuren	mg/l	95	98
	Zwevende stof	mg/l	113	285
	N _{ki}	mg/l	51	69
	P _{totaal}	mg/l	7,3	9,6
Biologie	Volume	m ³	12.800	5.200
	Slibgehalte	g DS/l	4,25	4,00
	Slibbelasting	g CZV/(g DS.d)	0,181	0,100
Effluent	P _{ortho}	mg/l	1,3	0,2

Enkele andere uitkomsten van de gevoeligheidsanalyse zijn:

- De lengte van de RWA heeft grote invloed op de fosfaatpiek (zie ook paragraaf 9.4.3).
- De lengte en influentsamenstelling van de first-flush heeft grote invloed op de fosfaatpiek. Een nadere analyse van de gegevens van de rwzi Ter Apel toont dat in alledrie de RWA-situaties waarbij effluentbemonstering heeft plaatsgevonden, het in de dagen ervoor ook veel geregend had. Dit betekent dat de riolering voor een groot deel al schoongespoeld was, en de invloed van de first-flush minder groot was.

10.3.3 AANVULLENDE METING RWZI TER APEL

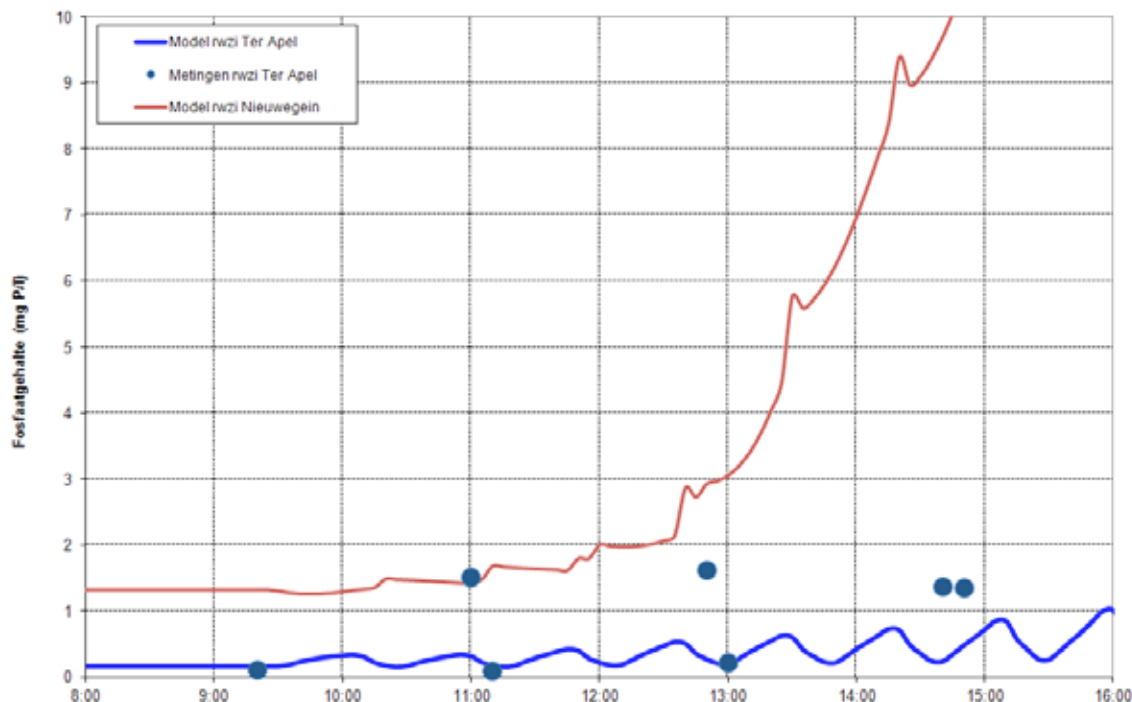
Op 23 januari 2013 is op de rwzi Ter Apel een meting uitgevoerd naar het fosfaatprofiel over de tijd. Hierbij is vanaf 9:20 uur onder DWA-omstandigheden de intermitterende beluchterregeling ingesteld. Het fosfaatgehalte is op verschillende tijdstippen en op verschillende locaties gemeten. Het doel van deze aanvullende metingen was om te beoordelen in hoeverre de praktijkresultaten overeenkomen met de modelresultaten. Voor de fosfaatconcentratie in de aflat van de beluchtingstank is het verloop weergegeven in Afbeelding 45. Hierbij is tevens het met de SIMBA-modellen van rwzi Ter Apel en rwzi Nieuwegein voorspelde verloop weergegeven.

Het verloop van het fosfaatgehalte vertoont tijdens de meting een zaagtand. Aan het eind van de onbeluchte periode is het fosfaatgehalte verhoogd, tijdens de meting tot circa 1,5 mg P_{ortho}/l. Na de beluchte periode is het fosfaatgehalte weer gedaald.

Het model van de rwzi Ter Apel vertoont een soortgelijk verloop, alleen op een lager niveau. De fosfaattoename komt geleidelijk op gang, maar is de eerste uren niet hoger dan 0,4 mg P_{ortho}/l. Na circa 7 uur (16:00 uur) intermitterend beluchten is het fosfaatgehalte gestegen tot 1 mg P_{ortho}/l.

Het model van de rwzi Nieuwegein vertoont een heel ander verloop. De eerste uren neemt het fosfaatgehalte eveneens stapsgewijs toe. Na ruim 3 uur (12:30 uur) intermitterend bedrijf neemt het fosfaatgehalte sterk toe tot uiteindelijk meer dan 10 mg P_{ortho}/l.

AFBEELDING 45 FOSFAATVERLOOP IN DE AFLOOP VAN DE BELUCHTINGSTANK



Er is tijdens de metingen ook onderzocht of er over de diepte van de tank een verschillend fosfaatgehalte wordt gemeten. Indien fosfaatafgifte zou plaatsvinden tijdens de onbeluchte periode zou dit bovenin de tank, waar het slibgehalte door bezinking snel daalt, minder moeten zijn dan op de bodem van de tank. Dit blijkt echter niet het geval te zijn.

Daarnaast is onderzocht of aan het begin van de beluchtingstank, vlakbij de instroming vanuit de voordennitrificatietank, het fosfaatgehalte sterker stijgt dan bij de afloop. Ook hiertussen zijn geen significante verschillen gemeten.

Op basis van deze vergelijking tussen modelresultaten en meetresultaten kan worden geconcludeerd dat het model van de rwzi Ter Apel de meetresultaten kwalitatief goed beschrijft. Er is een groot verschil tussen de meetresultaten en het model van de rwzi Nieuwegein. Dit betekent dat de invloed van de intermitterende beluchterregeling op de effluentkwaliteit sterk kan verschillen tussen rwzi's.

10.3.4 ANALYSE FOSFAATPIEKEN

Bij de analyse van het grote verschil tussen praktijk en model is gebruik gemaakt van een artikel van Meijer en Piekema [ref. 7], waarin het effect van RWA op de biologische fosfaatverwijdering modelmatig is onderzocht voor de rwzi Amsterdam-West. Hierbij blijkt dat de fosfaatpiek die op de rwzi wordt waargenomen uit twee pieken bestaat die elk een andere oorzaak hebben.

De eerste piek is een gevolg van het feit dat bij RWA de relatief hoge fosfaatgehalten in de anaerobe tank versneld worden doorgespoeld naar de beluchtingstank. De tijd waarop deze piek zich manifesteert is afhankelijk van de hydraulische situatie (volumina en recirculatiestromen).

De tweede piek ontstaat indien er sprake is van een limitering van het bio-P proces. Hiervoor zijn twee mogelijkheden.

- 1 Een tekort aan vetzuren in de anaerobe tank. Bij RWA is er een tekort aan vetzuren waardoor de voorraad reservestoffen (PHA) in de anaerobe tank niet wordt aangevuld. Dit wordt nog versterkt doordat de verblijftijd in de anaerobe tank zo kort wordt dat er ook weinig vetzuren worden gevormd. Het gevolg is dat de bio-P organismen in de anoxische / aerobe tank vervolgens niet in staat zijn om voldoende fosfaat op te nemen.
- 2 Een tekort aan electronen acceptor in de anoxische (nitraat) of aerobe (zuurstof) tank. Tijdens RWA kan er een tekort zijn aan nitraat en/of zuurstof waardoor de bio-P organismen niet in staat zijn om voldoende fosfaat op te nemen.

Bij de modellering van slibbuffering in de beluchtingstank op de rwzi Nieuwegein is deze 2^e piek zeer hoog, terwijl deze op de rwzi Ter Apel veel minder wordt waargenomen. Dit betekent dat de omstandigheden in het model van de rwzi Nieuwegein minder gunstig zijn voor een stabiele biologische fosfaatverwijdering dan in het model van de rwzi Ter Apel. Het voert voor dit onderzoek te ver om dit verder te analyseren, maar duidelijk is dat er grote verschillen kunnen zijn tussen rwzi's.

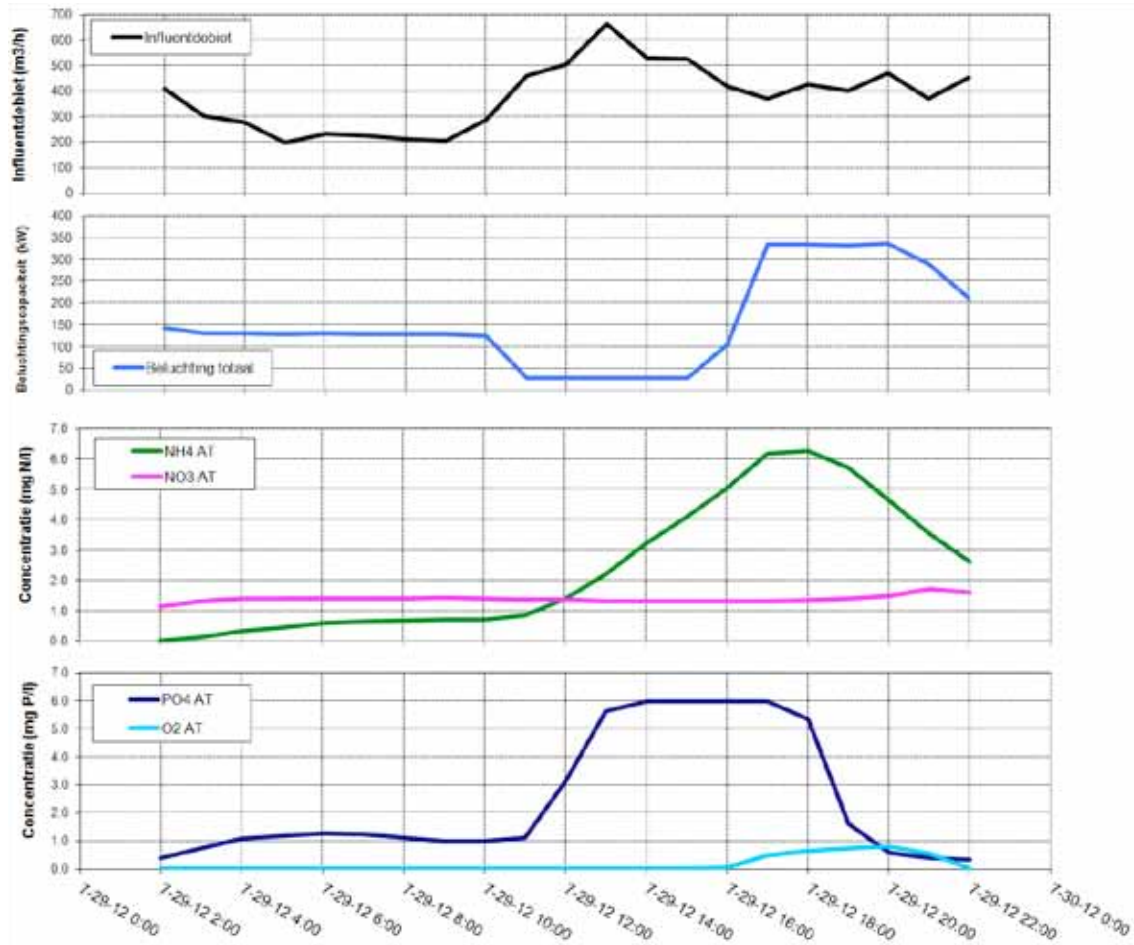
10.3.5 RWZI KATWOUDE

Ter illustratie is in deze paragraaf tenslotte nog een grafiek van de rwzi Katwoude getoond. Net als bij de modellering van de rwzi Nieuwegein lijkt ook op de rwzi Katwoude het bio-P proces gevoelig te zijn voor te weinig beluchting. Op de rwzi Katwoude is vaak een relatie tussen de afname van de beluchtingsintensiteit en een toename van het fosfaat- en ammoniumgehalte in de beluchtingstank te zien. In Afbeelding 46 is hiervan een extreem voorbeeld getoond, waarbij de beluchting gedurende 4 uur minimaal is gestuurd. Het gevolg is dat het ammoniumgehalte stijgt van <1 naar 6 mg NH₄-N/l en het fosfaatgehalte van 1 naar 6 mg PO₄-P/l. Het verhogen van de beluchtingsintensiteit leidt hierbij binnen enkele uren tot een verlaging van het ammonium- en fosfaatgehalte tot het oorspronkelijke lage niveau.

10.3.6 CONCLUSIES

De mate waarin slibbuffering in de beluchtingstank doorwerkt in het fosfaat-effluentgehalte kan sterk variëren per rwzi. Facetten die hierbij een rol spelen zijn o.a.; de influentsamenstelling, de slibbelasting, de duur en samenstelling van de RWA, de instellingen van de intermitterende beluchterregeling en de systeemconfiguratie.

AFBEELDING 46 TOENAME VAN HET FOSFAAT- EN AMMONIUMGEHALTE OP DE RWZI KATWOUDE



10.4 VOORKOMEN VAN SLIBUITSPOELING

Alternatieve slibbuffering kan worden ingepast in een bestaande rwzi met overbelaste nabezinktanks. Deze inpassing heeft een direct positief effect op de effluentkwaliteit omdat slibuitspoeling wordt voorkomen. Door het verminderen van slibuitspoeling wordt niet alleen het jaargemiddeld effluent zwevendstofgehalte verlaagd, maar ook de daaraan gerelateerde CZV, N- en P-gehalten. Hierdoor leidt het toepassen van alternatieve slibbuffering niet alleen tot een betere effluentkwaliteit maar kan het ook tot een aanzienlijke kostenbesparing op de rijksheffing leiden.

In Tabel 12 is een voorbeeldberekening getoond van een fictieve rwzi (100.000 v.e.) waarbij het effect hiervan is gekwantificeerd.

In de berekening zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Zwevende-stofgehalte:
 - Het is een rwzi die zodanig overbelast is dat een paar keer per jaar een flinke zwevende-stofuitspoeling (> 100 mg ZS/l) plaatsvindt, waardoor het jaargemiddelde ZS-gehalte 20 mg/l bedraagt.
 - Het toepassen van alternatieve slibbuffering leidt tot een gemiddeld gehalte van 5 mg ZS/l.
- BZV-gehalte:
 - Het opgelost BZV-gehalte in het effluent bedraagt 3 mg/l;
 - Het toepassen van alternatieve slibbuffering leidt niet tot een verhoging van het opgelost BZV-gehalte;
 - In het zwevende stof is het BZV-gehalte 0,4 g BZV/g ZS.
- Stikstofgehalte:
 - Het ammoniumgehalte in het effluent bedraagt 1,5 mg NH₄-N/l;
 - Het opgelost organisch stikstofgehalte in het effluent bedraagt 1,5 mg N/l;
 - Het toepassen van alternatieve slibbuffering leidt tot een verhoging van het ammoniumgehalte tot gemiddeld 2,0 mg NH₄-N/l. Op het organisch stikstofgehalte heeft het geen invloed;
 - Het zwevende stof bestaat voor 6% uit stikstof.
- Fosfaatgehalte:
 - Het ortho-fosfaatgehalte in het effluent bedraagt 0,25 mg P/l;
 - Het opgelost organisch fosfaatgehalte in het effluent bedraagt 0,15 mg P/l;
 - Het toepassen van alternatieve slibbuffering heeft geen invloed op het gemiddelde ortho-fosfaatgehalte en het organisch fosfaatgehalte;
 - Het zwevende stof bestaat voor 5% uit fosfaat.

TABEL 12

INDICATIEVE VERBETERING EFFLUENTKWALITEIT DOOR ALTERNATIEVE SLIBBUFFERING

Parameter	Eenheid	Alternatieve Slibbuffering		Verskil
		Nee	Ja	
Debiet	m ³ /dag	15.000	15.000	-
Zwevende stof	mg/l	20	5	15
BZV	mg/l	11	5	6
Nkj	mg/l	4,2	3,8	0,4
P _{totaal}	mg/l	1,40	0,65	0,85
Restvervuiling	v.e. ¹⁾	5.580	3.400	2.180
Heffing	€/jaar ²⁾	99.100	60.400	38.700

1 De rijksheffing wordt berekend op basis van 150 g TZV (= 3,33 x BZV + 4,57 x Nkj)

2 De rijksheffing voor waterschappen bedraagt 50% van € 35,50/v.e. is € 17,75/v.e.

De resultaten uit deze tabel zijn uiteraard sterk afhankelijk van de gehanteerde uitgangspunten. Maar indien bovengenoemde uitgangspunten worden gehanteerd en de jaargemiddelde effluentkwaliteit verbetert van 20 naar 5 mg ZS/l, neemt de restvervuiling met bijna 40% af. Indien de rwzi loost op rijkswater leidt dit tot een besparing in de rijksheffing van circa € 40.000 per jaar.

11

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

11.1 CONCLUSIES

Door het toepassen van alternatieve slibbuffering kan de belasting van de rwzi worden verhoogd of kan een overbelaste rwzi worden ontlast. Er zijn hiervoor drie mogelijkheden:

- 1 slibbuffering in de beluchtingstank
- 2 interne retourslibbuffering
- 3 externe retourslibbuffering.

Van elke variant is een rwzi geselecteerd waarop de werking van de alternatieve slibbuffering is geanalyseerd.

11.1.1 PRAKTIJKRESULTATEN

Slibbuffering in de beluchtingstank is onderzocht op de rwzi Ter Apel. Op basis van de resultaten kan worden geconcludeerd dat het toepassen van slibbuffering in de beluchtingstank op de rwzi Ter Apel leidt tot:

- Een aanzienlijke verlaging van de slibvolumebelasting van de nabezinktanks.
- Een verhoging van het effluent NH_4 -gehalte tijdens RWA.
- Een verlaging van het effluent NO_3 -gehalte tijdens RWA.
- Het effluent fosfaatgehalte wordt niet aantoonbaar door de regeling beïnvloed.

Interne retourslibbuffering is onderzocht op de rwzi Nieuwegein. Op basis van de meetresultaten kan worden geconcludeerd dat de interne retourslibbuffer werkt zoals mag worden verwacht. Tijdens RWA vindt buffering van retourslib plaats in de anaerobe en anoxische tank. Dit heeft tot gevolg dat de stijging van de slibspiegel in de nabezinktank beperkt blijft. Het toepassen van de interne retourslibbuffering heeft geen negatieve invloed op de effluentkwaliteit. Ten gevolge van RWA treedt een piek op in de ammonium- en fosfaatconcentratie. Deze piek vindt echter plaats voordat de interne retourslibbufferregeling in werking treedt. In de tijd dat de buffer gevuld is, is zowel het ammonium- als het fosfaatgehalte laag.

Externe retourslibbuffering is getest op de rwzi Katwoude. Ook hierbij blijkt dat de retourslibbuffer globaal functioneert zoals bedoeld is. De buffering van slib tijdens RWA vindt grotendeels in de buffertank plaats waardoor de nabezinktanks worden ontlast. De invloed op de effluentkwaliteit is moeilijk vast te stellen doordat er maar één maal een echte test is uitgevoerd.

11.1.2 MODELRESULTATEN

Met behulp van verschillende rekenmodellen is de werking van alternatieve slibbuffering onderzocht.

- Op basis van de resultaten met het statisch model van de slibbalans kan worden aangetoond dat voor alle drie de varianten de slibbuffering een groot effect op de belasting van de nabezinktank heeft. Alternatieve slibbuffering biedt extra ruimte voor de verhoging van het drogestofgehalte, de SVI of hydraulische belasting van een RWZI. Voor alle varian-

ten van alternatieve slibbuffering geldt dat een verhoging van de capaciteit van de rwzi van 20% mogelijk is. Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat met slibbuffering in de beluchtingstank het grootste effect wordt bereikt. Hierbij blijkt ook dat bij een relatief korte tijd niet-beluchten het effect op de slibvolumebelasting van de nabezinktanks al groot kan zijn.

- Met behulp van een dynamisch model van de slibbalans (FAST2D) is gebleken, dat bij alle varianten de belasting van de nabezinktanks met behulp van alternatieve slibbuffering wordt verlaagd. In alle varianten gaat de belasting van licht overbelast naar laagbelast. Een verlaging van de slibdeken met 0,5 m tot 1,0 meter wordt gehaald.
- Met behulp van een dynamisch model van de biologische werking van de rwzi (SIMBA) is gebleken dat interne of externe retourslibbuffering een geringe invloed heeft op de effluentkwaliteit van de rwzi. Bij slibbuffering in de beluchtingstank neemt volgens het model zowel het ammonium- als het fosfaatgehalte van het effluent toe. De mate van verslechtering van de effluentkwaliteit is sterk afhankelijk van de instellingen van de intermitterende beluchterregeling.

11.1.3 TOEPASSING ALTERNATIEVE SLIBBUFFERING

Er zijn twee situaties waarin alternatieve slibbuffering op een rwzi kan worden toegepast.

- In het ontwerp van een nieuwe of uit te breiden rwzi;
- Als (nood)oplossing bij een overbelaste rwzi.

Als onderdeel in het ontwerp van een nieuwe of uit te breiden rwzi biedt alternatieve slibbuffering een extra ontwerp vrijheid. Hierdoor kan in het ontwerp bijvoorbeeld worden uitgegaan van een hogere hydraulische belasting, een hoger slibgehalte of een kleiner nabezinktankoppervlak, of kan een extra ontwerpveiligheid worden ingebouwd. In dat laatste geval zou de alternatieve slibbuffering bijvoorbeeld alleen ingezet kunnen worden indien de SVI tijdelijk verhoogd is. Als onderdeel van het ontwerp komen alle drie de methoden van alternatieve slibbuffering in principe in aanmerking. Interne of externe retourslibbuffering kan mogelijk op eenvoudige en relatief goedkope wijze worden ingepast. Deze methoden hebben een gegarandeerde stabiele werking en hebben een gering effect op de effluentkwaliteit. Externe retourslibbuffering zal met name interessant zijn indien een bestaande buffertank voorhanden is. Een extra voordeel van externe retourslibbuffering is dat in de eerste uren bij RWA niet alleen het slibgehalte in de beluchtingstank wordt verlaagd maar ook de effluentafvoer. Dit leidt tot een tijdelijk lagere oppervlaktebelasting van de nabezinktanks en een minder grote afvoer tijdens de fosfaatpiek.

Bij een overbelaste rwzi kan de inpassing van alternatieve slibbuffering een relatief eenvoudige en goedkope maatregel zijn om de hydraulische en/of biologische capaciteit van de rwzi te vergroten, of om problemen met slibuitspoeling op te lossen. Voor deze situatie zal het toepassen van slibbuffering in de beluchtingstank het eenvoudigst te realiseren zijn. De invloed op de effluentkwaliteit is echter het grootst, maar is sterk afhankelijk van de instelling van de intermitterende beluchterregeling. Deze instelling dient per rwzi te worden geoptimaliseerd, waarbij de invloed op zowel de slibbezinking en de effluentkwaliteit dient te worden beoordeeld (zie paragraaf 11.2). De invloed op de effectiviteit van de biologische fosfaatverwijdering is onzeker. In de praktijk van de rwzi Ter Apel lijkt de fosfaat-effluentkwaliteit niet te worden beïnvloed. Op basis van de modellering van de rwzi Nieuwegein, en ook op basis van procesgegevens van de rwzi Katwoude, lijkt een aanzienlijke verhoging van het fosfaatgehalte op te treden. De mate waarin slibbuffering in de beluchtingstank doorwerkt in het fosfaat-effluentgehalte kan dus sterk variëren per rwzi. Facetten die hierbij waarschijnlijk een rol spelen zijn de influentsamenstelling, de slibbelasting, de duur en samenstelling van de RWA

(en de first-flush), en de systeemconfiguratie. Een rwzi waar de biologische fosfaatverwijderingscapaciteit nog niet volledig wordt benut (en waar het fosfaat-effluentgehalte laag is) lijkt minder problemen te hebben met fosfaatafgifte dan een rwzi waar de biologische fosfaatverwijdering ten volle wordt benut. Indien chemische fosfaatverwijdering plaatsvindt zal fosfaatafgifte ook geen probleem zijn.

Indien alternatieve slibbuffering wordt ingepast in een bestaande rwzi met overbelaste nabezinktanks heeft dit een directe positieve invloed op de effluentkwaliteit, omdat slibuitspoeling wordt voorkomen. Door het verminderen van slibuitspoeling wordt niet alleen het jaargemiddeld effluent zwevende-stofgehalte verlaagd, maar ook de daaraan gerelateerde organische-stof, N- en P-gehalten. Voor een rwzi van 100.000 v.e. die op rijkswater loost kan dit leiden tot een besparing van ordegrrootte € 40.000 per jaar.

11.2 AANBEVELINGEN

Interne en externe retourslibbuffering kunnen zonder problemen op een rwzi worden toegepast. De werking hiervan is, net als het effect op de effluentkwaliteit, redelijk voorspelbaar. Voor slibbuffering in de beluchtingstank is de invloed minder voorspelbaar maar is de potentiële winst groot. Indien het voornemen bestaat om slibbuffering in de beluchtingstank op een rwzi toe te passen, wordt aanbevolen om het volgende stappenplan te doorlopen.

- 1 Toelaatbare slibvolumebelasting van de nabezinktank. Op basis van theoretische berekeningen (STORA-richtlijn) en/of praktijkervaringen dient deze te worden bepaald. Hierbij moet worden bepaald hoeveel de daling van het gemiddelde slibgehalte in de toevoer naar de nabezinktanks moet zijn.
- 2 Kritische procesinstellingen. In de praktijk dient te worden bepaald bij welke instelling van de intermitterende beluchterregeling (tijd AAN en tijd UIT) de benodigde verlaging van de slibvolumebelasting kan worden gerealiseerd. Hiertoe dient bij verschillende instellingen de bezinking in de beluchtingstank te worden gemonitord. De bezinking is afhankelijk van het slibgehalte, de SVI en de hydraulische omstandigheden in de beluchtingstank. De kritische procesinstellingen van de beluchterregeling dienen te worden vastgesteld onder verschillende omstandigheden.
- 3 Effluentkwaliteit. Het effect van de intermitterende beluchterregeling op de effluentkwaliteit dient te worden vastgesteld. Op basis hiervan kan worden besloten of de haalbare effluentkwaliteit binnen de gestelde normen valt. Bij het vaststellen van de invloed van de intermitterende beluchterregeling op de effluentkwaliteit kan gebruik worden gemaakt van een simulatiemodel. Een andere mogelijkheid is om de kritische procesinstellingen in de praktijk uit te proberen. Hierbij is met name de invloed op de biologische fosfaatverwijdering een belangrijk aandachtspunt. Aanbevolen wordt om bij een dergelijke praktijktest de tijd die de beluchting uit staat in eerste instantie kort te houden (b.v. 10 minuten) en vervolgens in stappen te verhogen.

Voor slibbuffering in de beluchtingstank geldt dat er nog een aantal optimalisatiemogelijkheden zijn:

- Indien de configuratie van de rwzi zodanig is dat een deel van de beluchting aan kan blijven staan (b.v. in een wisseltank), zal de negatieve invloed op de effluentkwaliteit minder groot zijn.
- Een optie is om de slibbufferregeling niet bij elke RWA te laten inkomen, maar alleen wanneer de belasting van de nabezinktanks kritisch is. Hierdoor is een eventueel negatief effect op de effluentkwaliteit minder groot. Er zijn dan wel aanvullende monitors (b.v. slibspiegel, DS-gehalte) nodig die de procesregeling ondersteunen bij de beslissing om de

slibbufferregeling aan te zetten. Op de rwzi Ter Apel wordt de slibbufferregeling bij elke RWA (die langer dan 2 uur duurt) actief. Dit heeft als voordeel dat er geen aanvullende metingen nodig zijn, en dat een eventueel falen van deze metingen ook niet tot slibuitspoeling kan leiden.

Daarnaast zijn er nog enkele aandachtspunten:

- Een te laag slibgehalte in de toevoer naar de nabezinktanks kan leiden tot uitspoeling van fines. De instelling van de regeling dient daarom goed te worden gemonitord.
- Indien een duikschot bij de overstort naar de nabezinktanks aanwezig is dient deze te worden verwijderd. Anders kan de slibbufferregeling een averechts effect hebben en juist meer slib naar de nabezinktanks sturen.

12

REFERENTIES

- [1] Hydraulische en technologische aspecten van het nabezinkproces – 2. Ronde nabezink tanks (Praktijkonderzoek). STORA, rapport 1981-12

- [2] Waterschap Hunze en Aa's.
DHV B.V., Memo "Meting nabezinktank rwzi Ter Apel".
Interne memo, 29 september 2007

- [3] Optimalisatie ronde nabezink tanks; Ontwikkeling nabezinkmodel en evaluatie STORA-ontwerprichtlijn. STOWA, rapport 2002-21

- [4] Optimalisatie van ronde nabezink tanks. Ontwerprichtlijnen en toepassing van het nabezinktankmodel. Ontwerpen tussen STORA-1981 en solid flux theorie.
STOWA, rapport 2002-23

- [5] Extra buffertank als alternatief voor nabezinktank
George Zoutberg, Rob van Cronenberg, Henk Beens en Johan Krijgsman
H2O, 2005, nr. 11, p. 48-51

- [6] Evaluatie toepasbaarheid FAST2D
STOWA, rapport 2012-21

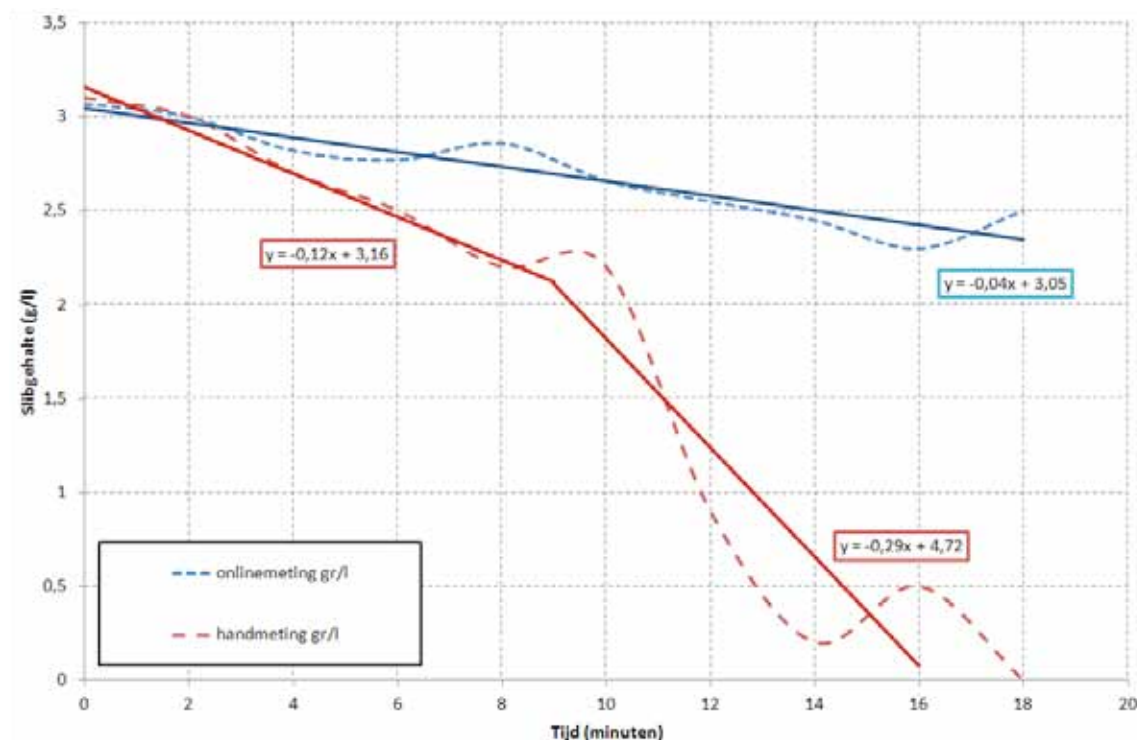
- [7] Model evaluation of Biological Phosphorus Removal under full-scale influent and storm conditions.
S.C.F. Meijer and P. Piekema.
Conference proceedings, IWC "New Developments in IT & Water" 4-6 November 2012,
Amsterdam, the Netherlands

BIJLAGE 1

CORRECTIE DROGESTOFMETING RWZI TER APEL

Op 5 november 2012 is een aantal drogestofmetingen uitgevoerd tijdens RWA. Hierbij was de RWA-regeling actief. Het drogestofgehalte is gemeten met de on-line meter (op 70 cm diepte) en de handmeter (op 20 cm diepte). Van te voren is geconstateerd dat beide meters gelijk gecalibreerd zijn en dezelfde waarden meten. Het resultaat van de vergelijkende meting is weergegeven in figuur 1.1.

FIGUUR 1.1 HET DROGESTOFGEHALTE OP 70 CM EN 20 CM DIEPTE TIJDENS DE RWA-REGELING



Uit de afbeelding is af te leiden dat het slibgehalte in de bovenste laag aanzienlijk sneller daalt dan op 70 cm diepte. De eerste 9 minuten is de daling van het slibgehalte in de bovenlaag circa 0,12 g/l per minuut. Daarna daalt het slibgehalte in circa 7 minuten naar een slibgehalte van 0 g/l.

Hoewel de vorm van de curves afhankelijk zal zijn van het drogestofgehalte bij aanvang en de SVI, is bij de interpretatie van de historische gegevens van de rwzi Ter Apel uitgegaan van de curves uit figuur 1.1.

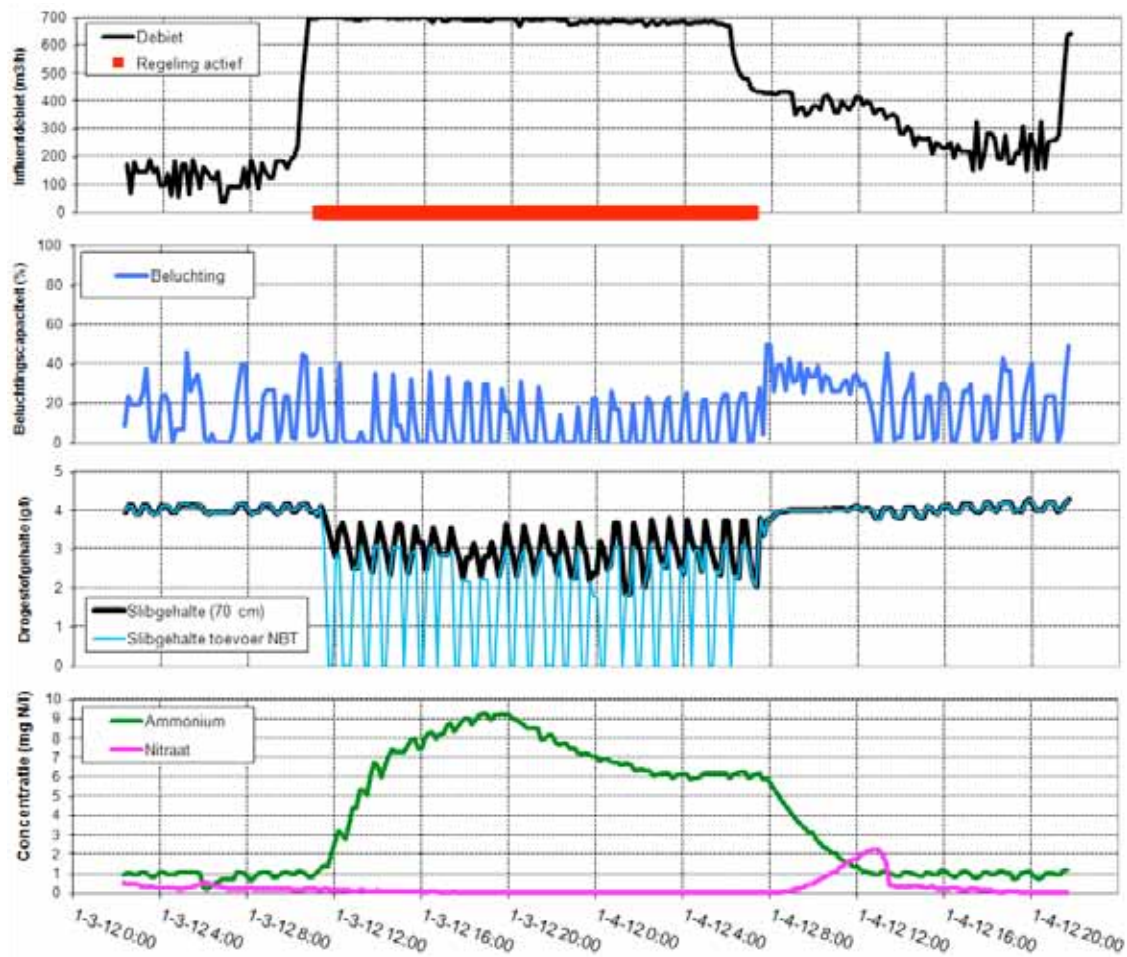
- Aangezien de resultaatgrafieken gebaseerd zijn op gegevens met een interval van 10 minuten, is de volgende correctie toegepast.
- 10 minuten nadat de beluchting is uitgezet, is het slibgehalte in de toevoer van de nabezinktank met $0,12 \text{ g/(l.minuut)} \times 10 \text{ minuten} = 1,2 \text{ g/l}$ gedaald.

20 minuten nadat de beluchting is uitgezet, is het slibgehalte gedaald tot 0 g/l.

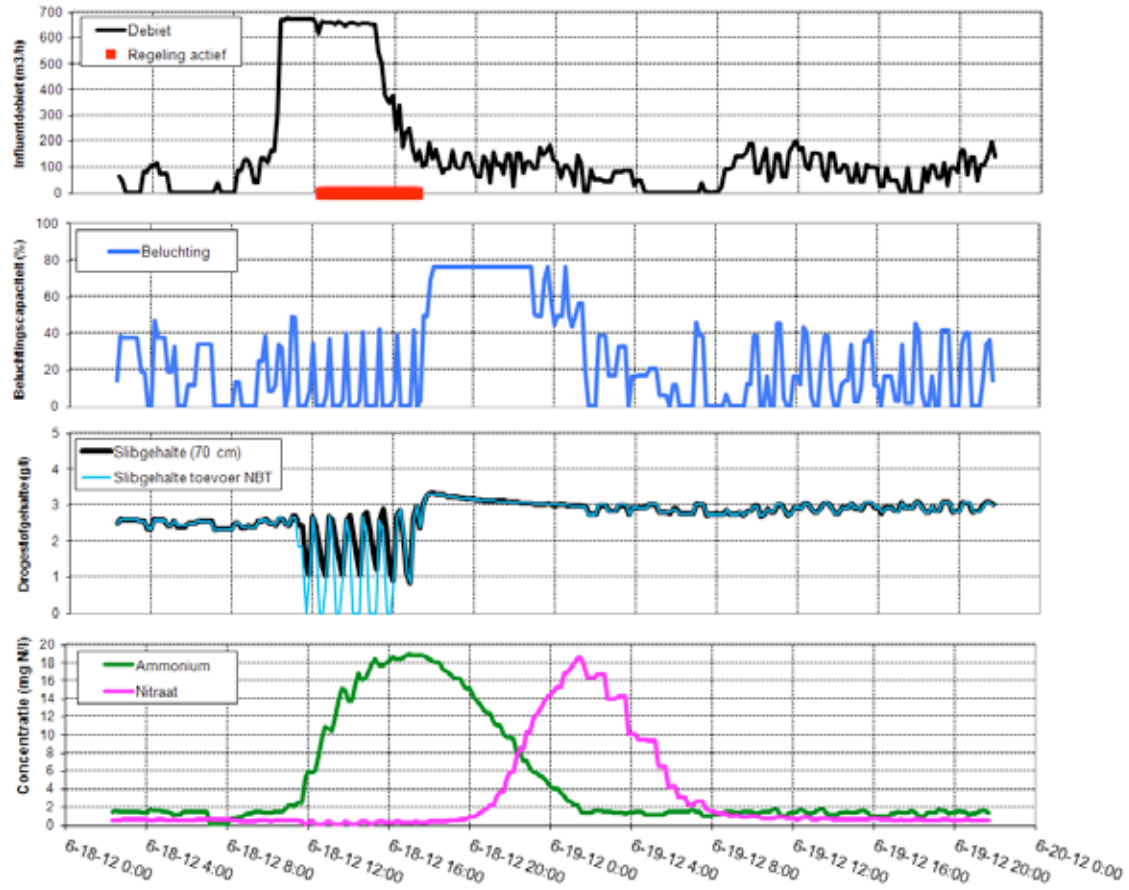
BIJLAGE 2

PRAKTIJKRESULTATEN RWZI TER APEL

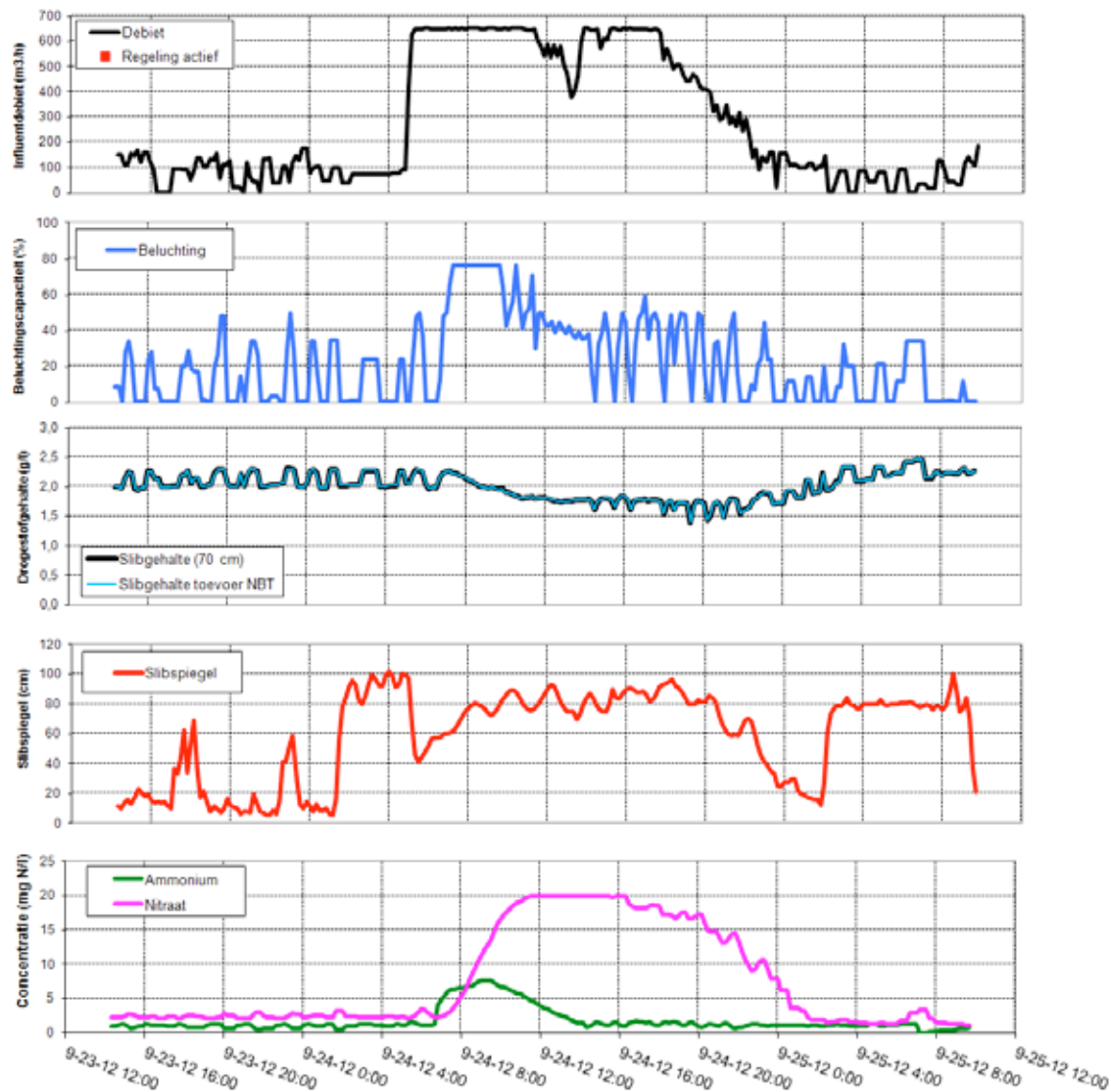
FIGUUR 2.1 RESULTATEN OP 3 EN 4 JANUARI 2012



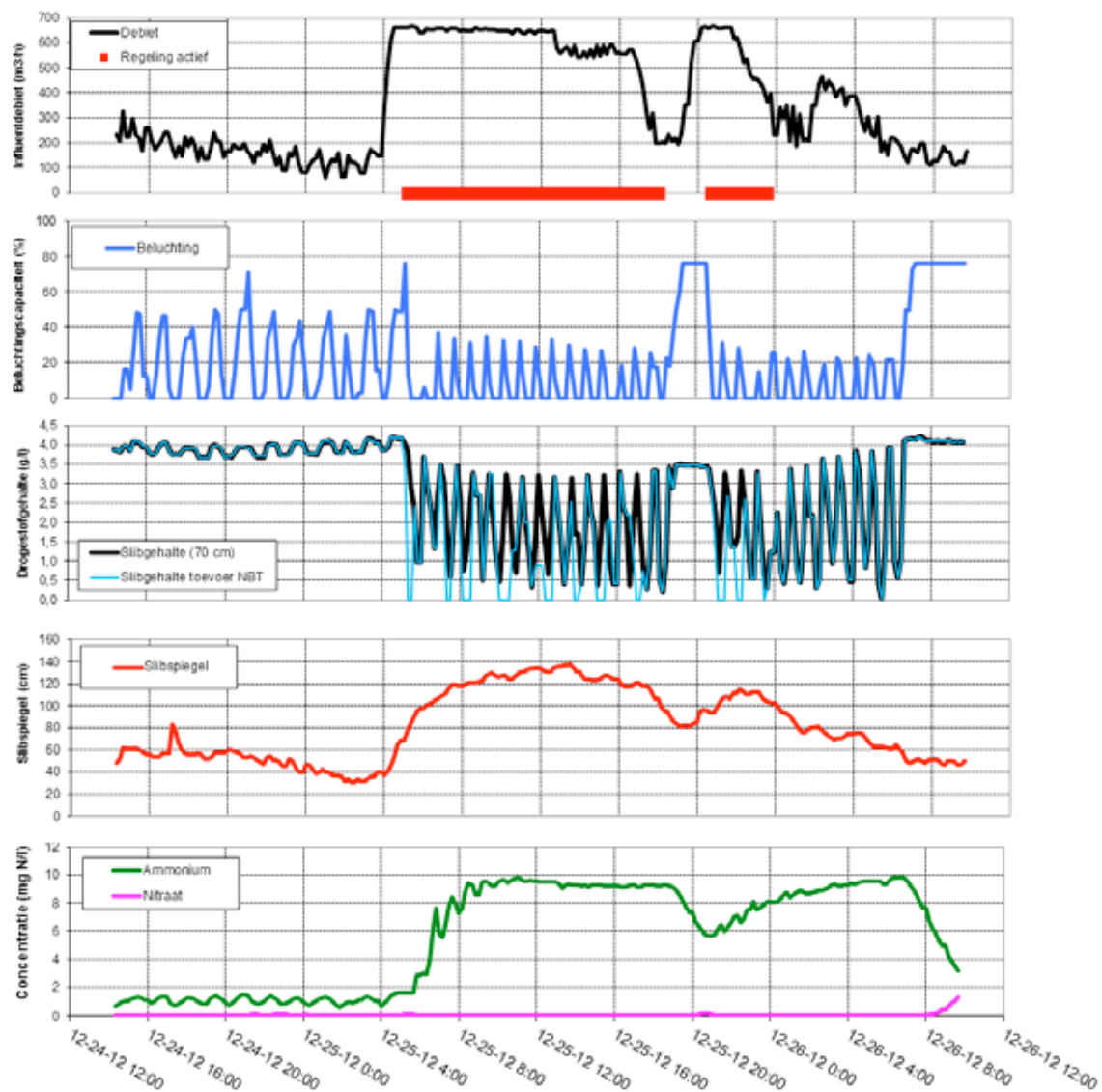
FIGUUR 2.2 RESULTATEN OP 18 EN 19 JUNI 2012



FIGUUR 2.3 RESULTATEN OP 23 EN 24 SEPTEMBER 2012 (GEEN SLIBBUFFERREGELING)



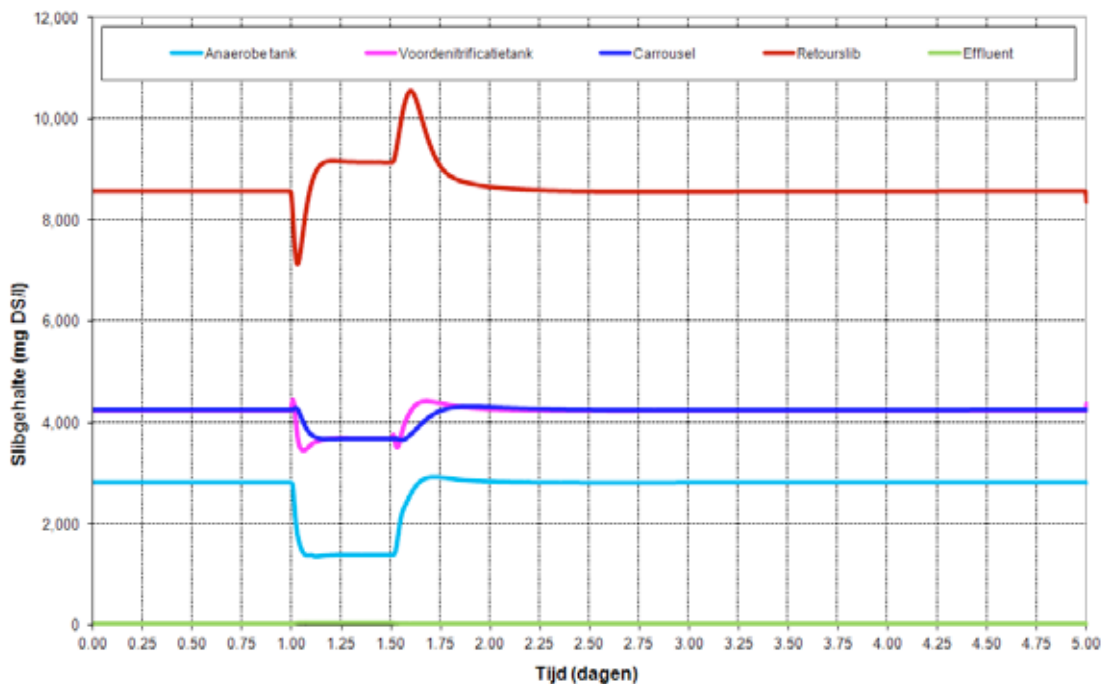
FIGUUR 2.4 RESULTATEN OP 24, 25 EN 26 DECEMBER 2012



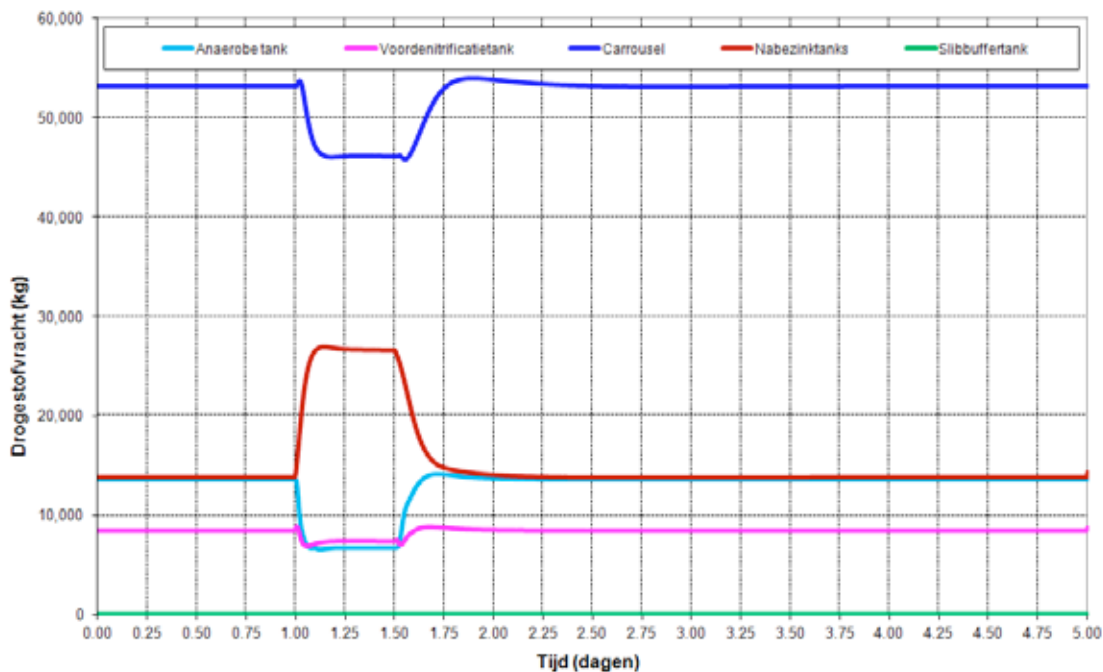
BIJLAGE 3

MODELLERING EFFLUENTKWALITEIT – REFERENTIEVARIANT

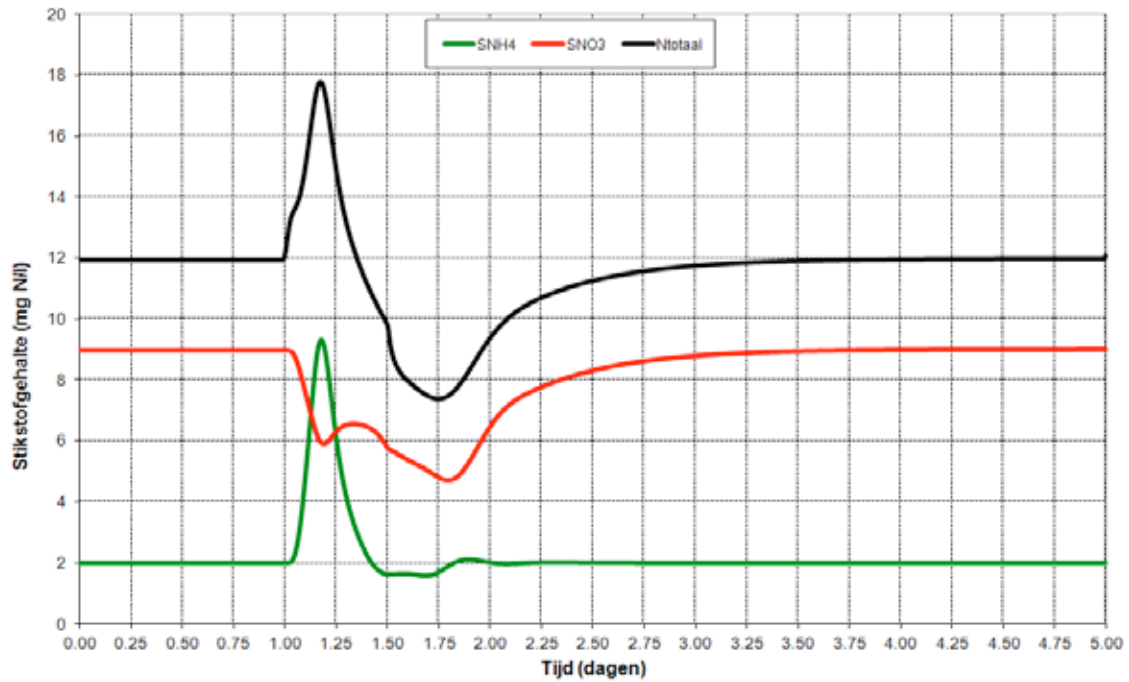
FIGUUR 3.1 HET VERLOOP VAN HET SLIBGEHALTE IN DE VERSCHILLENDE PROCESONDERDELEN



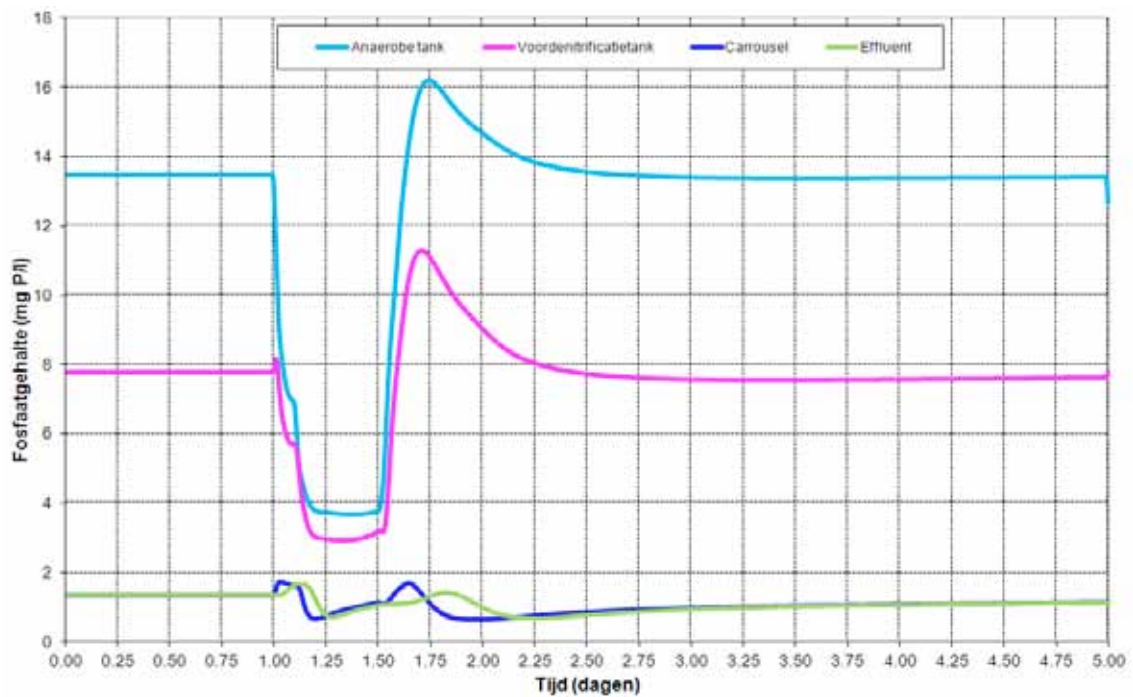
FIGUUR 3.2 HET VERLOOP VAN DE SLIBBALANS



FIGUUR 3.3 HET VERLOOP VAN HET EFFLUENT STIKSTOFGEHALTE



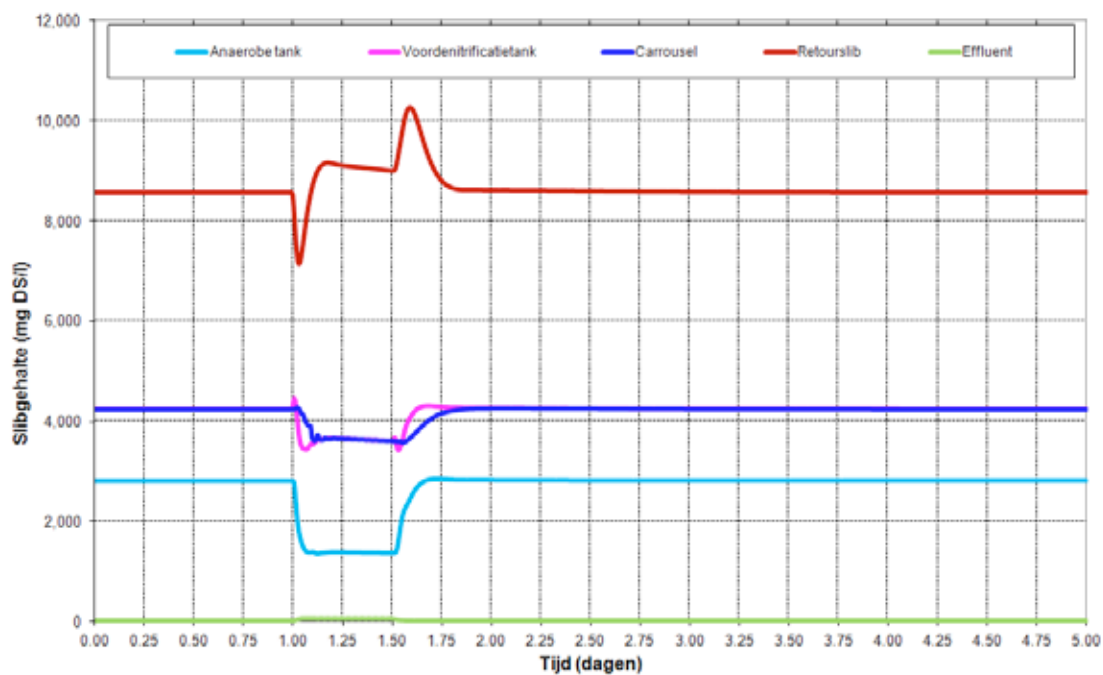
FIGUUR 3.4 HET VERLOOP VAN HET ORTHO-FOSFAATGEHALTE IN DE VERSCHILLENDE PROCESONDERDELEN



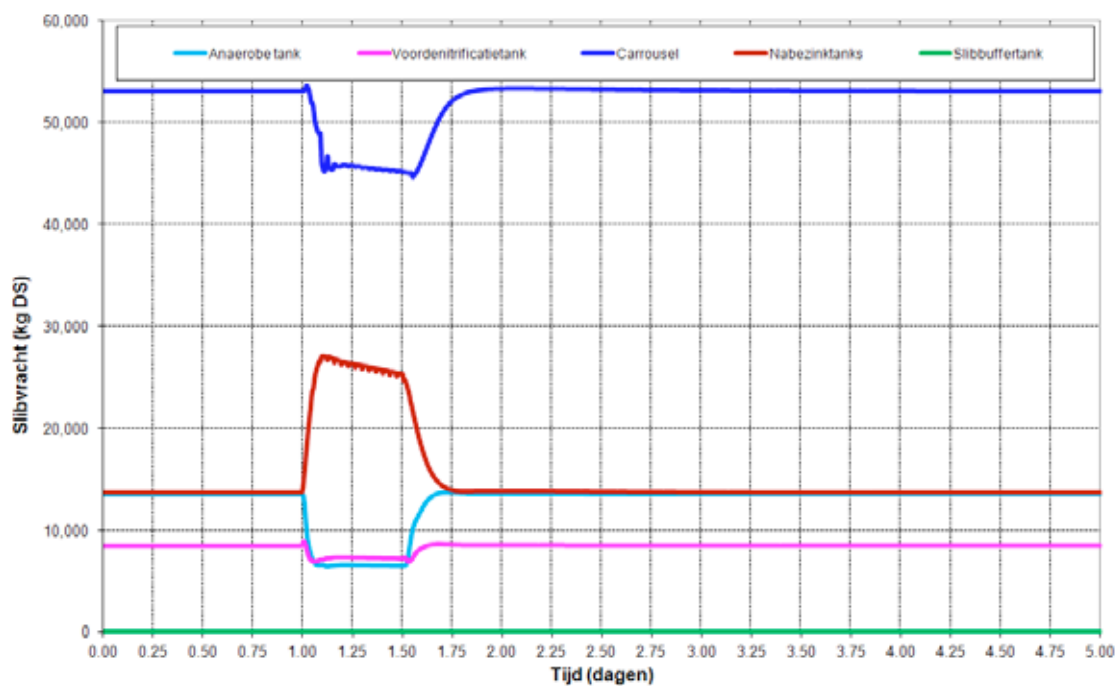
BIJLAGE 4

MODELLERING EFFLUENTKWALITEIT – SLIBBUFFERING IN DE BELUCHTINGSTANK

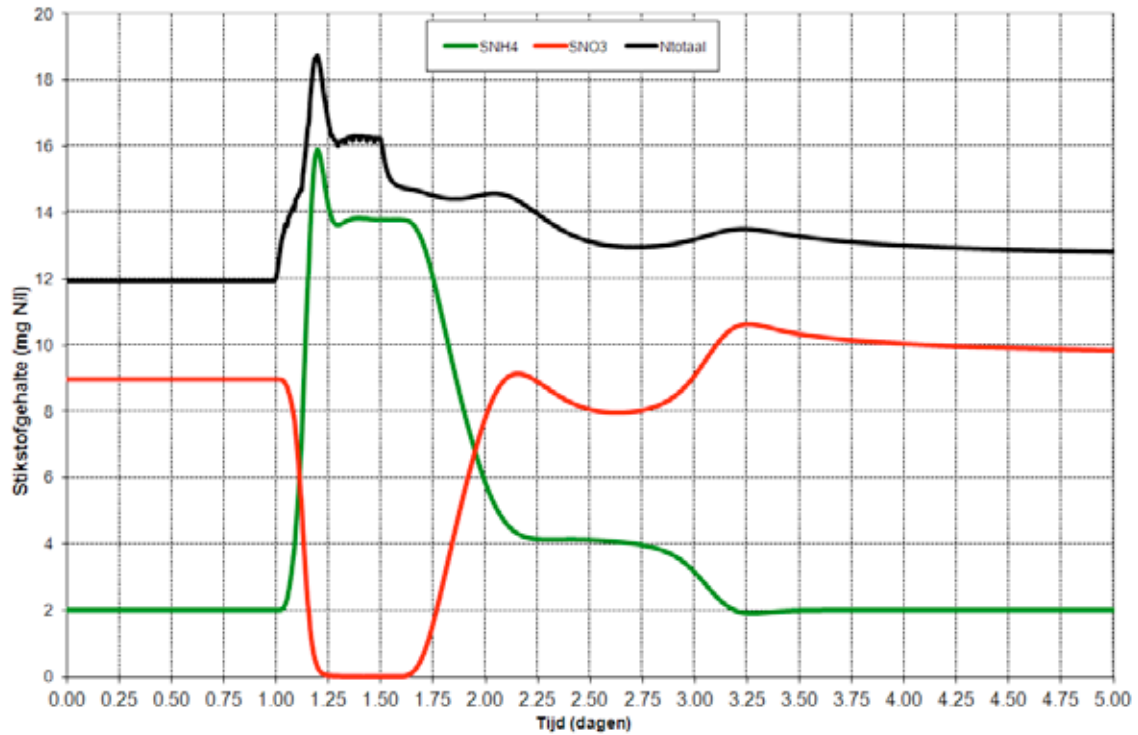
FIGUUR 4.1 HET VERLOOP VAN HET SLIBGEHALTE IN DE VERSCHILLENDE PROCESONDERDELEN



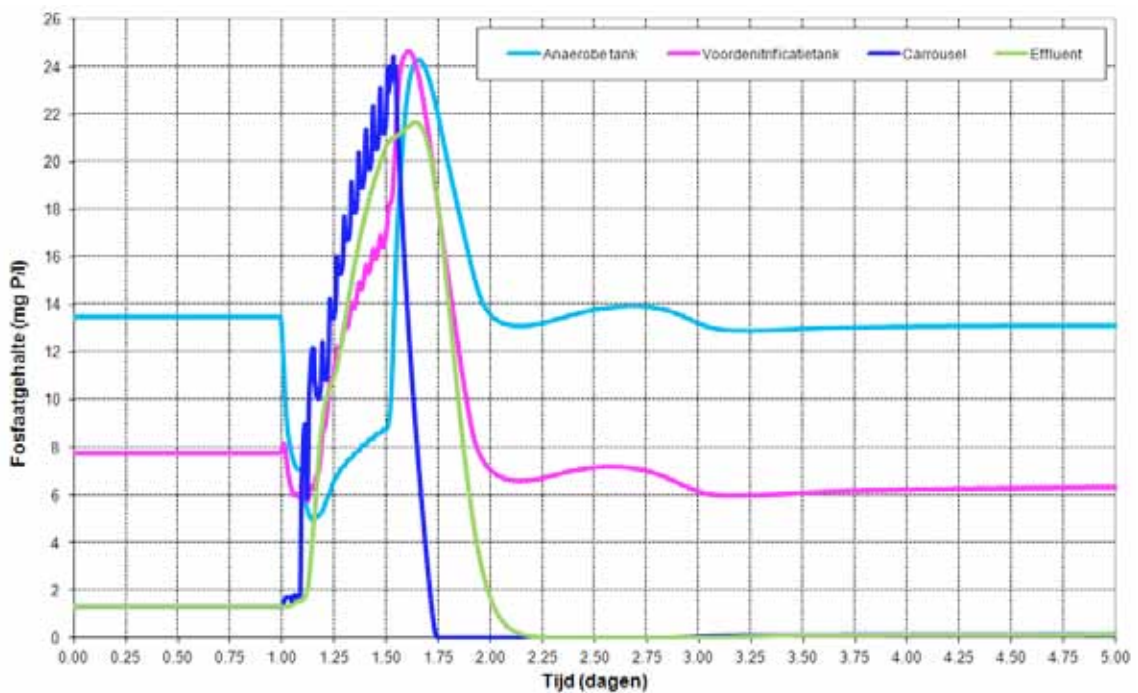
FIGUUR 4.2 HET VERLOOP VAN DE SLIBBALANS



FIGUUR 4.3 HET VERLOOP VAN HET EFFLUENT STIKSTOFGEHALTE



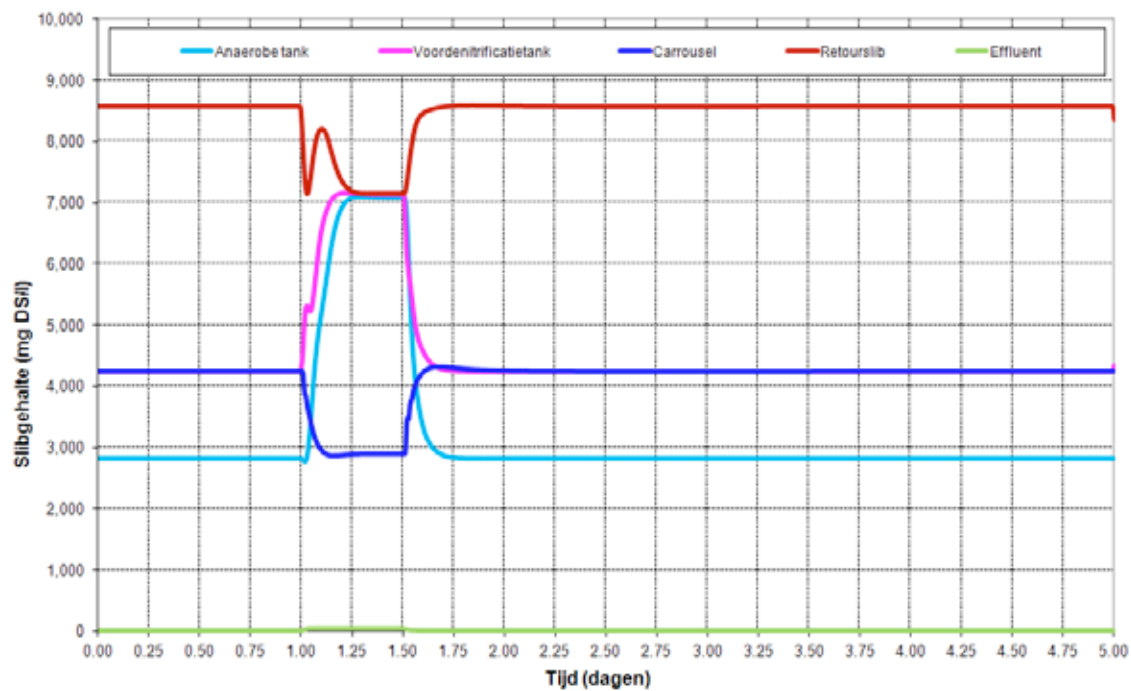
FIGUUR 4.4 HET VERLOOP VAN HET ORTHO-FOSFAATGEHALTE IN DE VERSCHILLENDE PROCESONDERDELEN



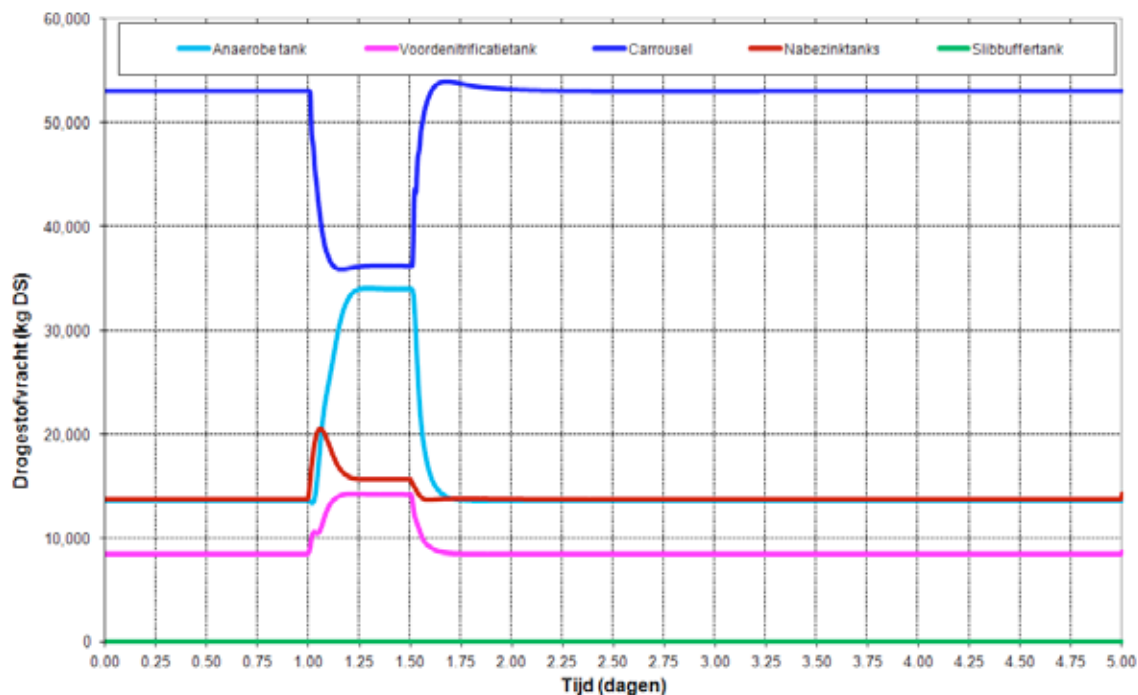
BIJLAGE 5

MODELLERING EFFLUENTKWALITEIT – INTERNE BUFFERING VAN RETOURSLIB

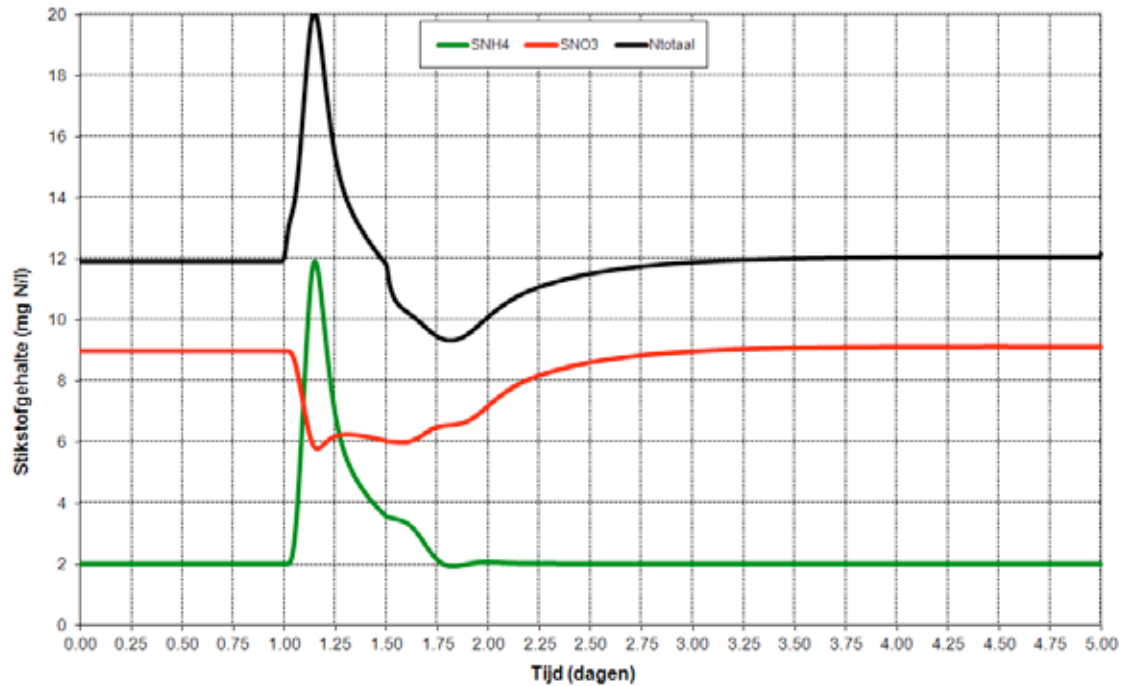
FIGUUR 5.1 HET VERLOOP VAN HET SLIBGEHALTE IN DE VERSCHILLENDE PROCESONDERDELEN



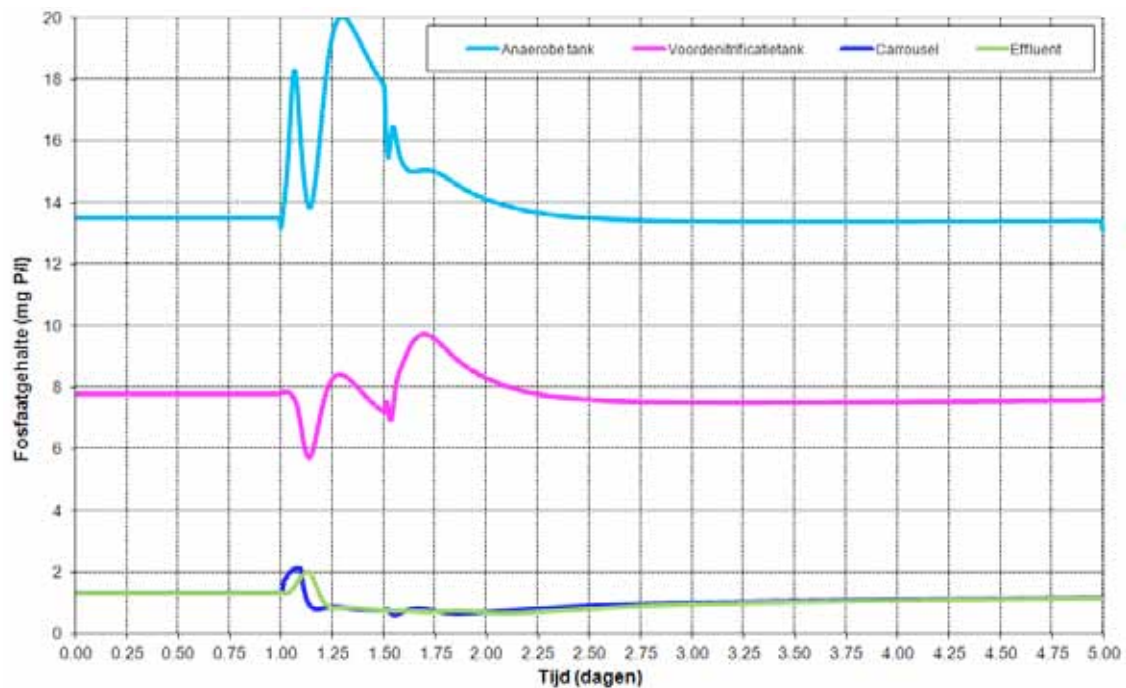
FIGUUR 5.2 HET VERLOOP VAN DE SLIBBALANS



FIGUUR 5.3 HET VERLOOP VAN HET EFFLUENT STIKSTOFGEHALTE



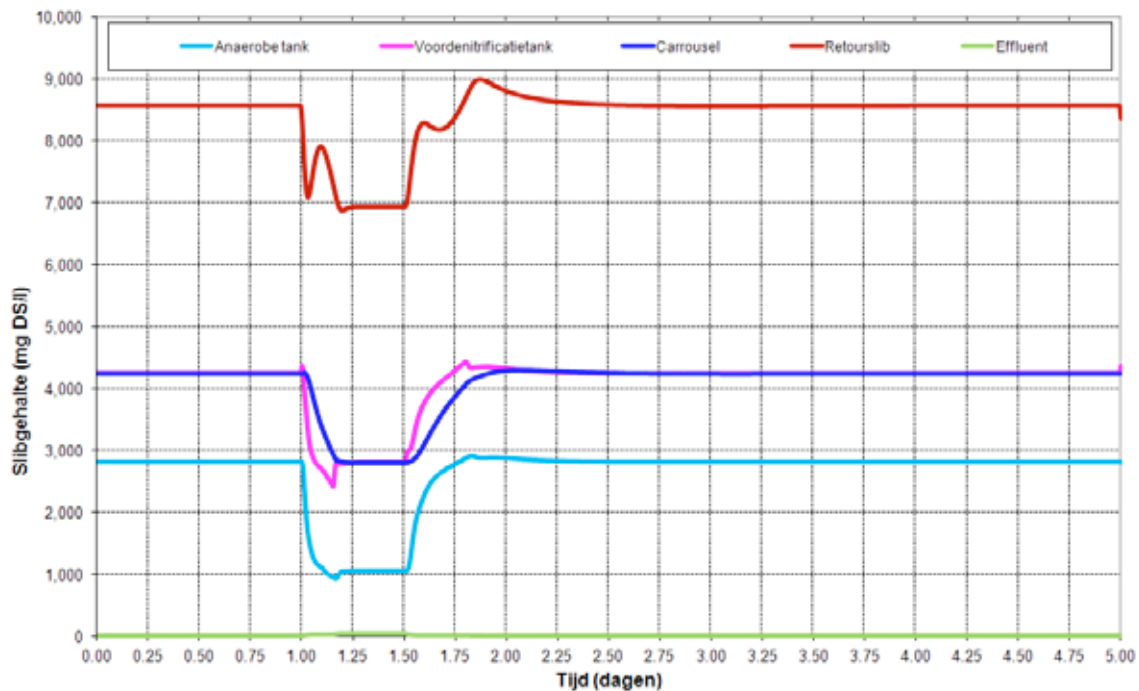
FIGUUR 5.4 HET VERLOOP VAN HET ORTHO-FOSFAATGEHALTE IN DE VERSCHILLENDE PROCESONDERDELEN



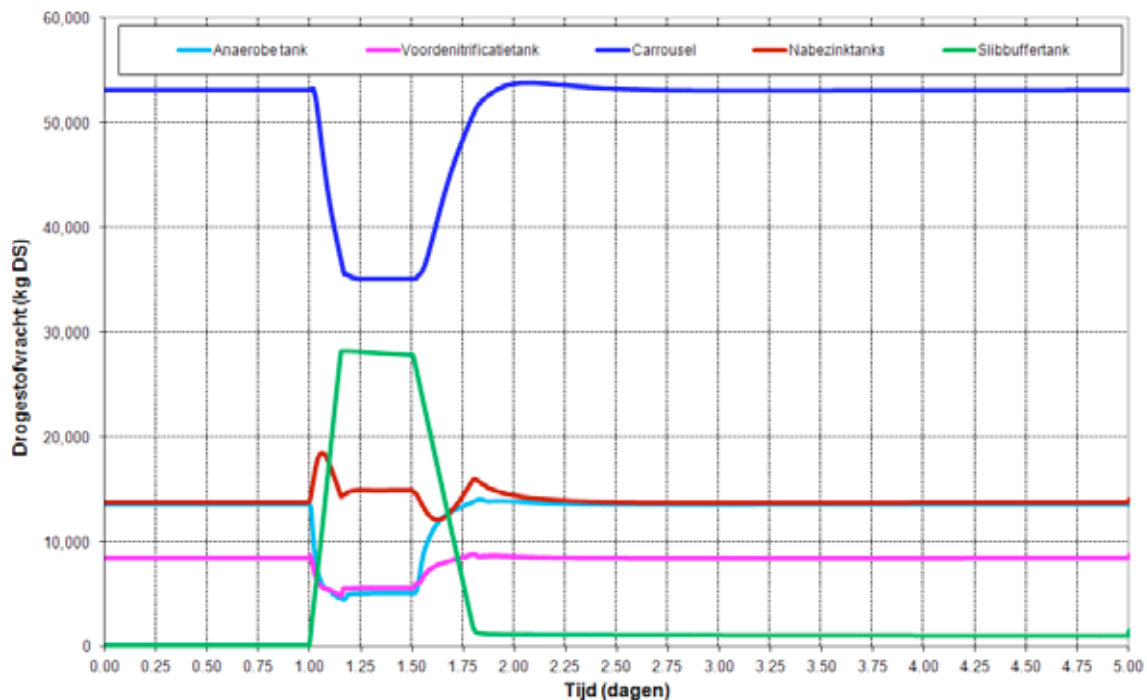
BIJLAGE 6

MODELLERING EFFLUENTKWALITEIT – EXTERNE BUFFERING VAN RETOURSLIB

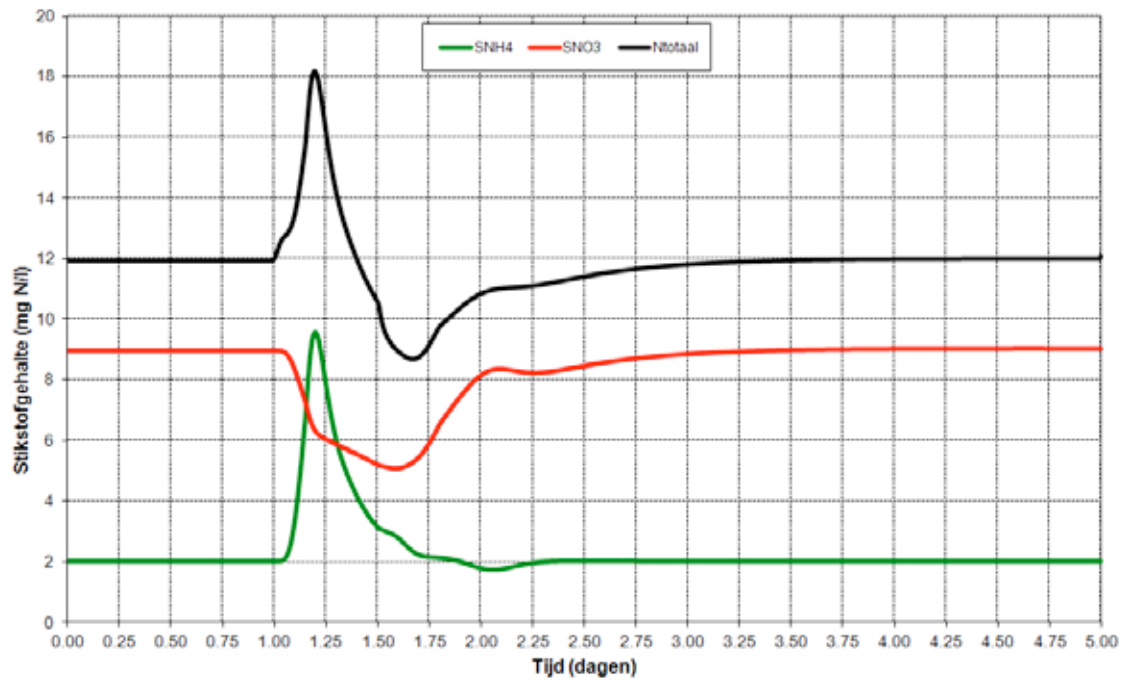
FIGUUR 6.1 HET VERLOOP VAN HET SLIBGEHALTE IN DE VERSCHILLENDE PROCESONDERDELEN



FIGUUR 6.2 HET VERLOOP VAN DE SLIBBALANS



FIGUUR 6.3 HET VERLOOP VAN HET EFFLUENT STIKSTOFGEHALTE



FIGUUR 6.4 HET VERLOOP VAN HET ORTHO-FOSFAATGEHALTE IN DE VERSCHILLENDE PROCESONDERDELEN

