De verwijdering van nitrilotriazijnzuur (NTA) in het actief-slibproces bij relatief hoge slibbelasting



IR. O. VAN 'T HOF
Vakgroep Gezondheidstechniek
TH Delft *



DR. IR. TH. J. NIEUWSTAD
Vakgroep Gezondheidstechniek
TH Delft



PROF. DR.-ING. H. J. PÖPEL
Vakgroep Gezondheidstechniek
TH Delft **

1. Inleiding

Het feit dat de wasmiddelfosfaten een rol spelen in het eutrofiëringsproces, heeft geleid tot een geleidelijke vermindering van het fosfaatgehalte in wasmiddelen. Aanvankelijk was het zelfs de bedoeling van de overheid de wasmiddelfabrikanten per 1 januari 1985 te verplichten uitsluitend fosfaatvrije wasmiddelen te produceren. Vele onzekerheden ten aanzien van de toepassing van nitrilotriazijnzuur (NTA) – dat het meest als vervanger van deze fosfaten in aanmerking komt – waaronder onduidelijkheden over de afbraak van deze stof in het actief-slibproces, hebben geleid tot een uitstel van bovengenoemde verplichting. Op bovengenoemde datum zal nu opnieuw worden bezien of de vervanging van de fosfaten door NTA tegen het einde van 1987 enerzijds technisch en economisch haalbaar en anderzijds ecologisch verantwoord is.

Op grond van een literatuurstudie [1], die in een eerdere publikatie kort wordt besproken [2], is de voornaamste doelstelling van een onderzoek naar de verwijdering van NTA in het actief-slibproces als volgt geformuleerd: 'Het vaststellen van het verband tussen de slibbelasting en slibleeftijd van het actief-slibproces enerzijds en de NTA-afbraak anderzijds, zowel bij constante als bij wisselende NTA-toevoer.'

Uit proefnemingen op semi-technische schaal bij een lage slibbelasting van 0,13 kg/(kg · d) [2] is gebleken dat NTA na een slib-aanpassingstijd van drie dagen nagenoeg volledig wordt afgebroken. Ook sterk wisselende NTA-concentraties kon het slib uitstekend opvangen. Voorwaarde is wel dat de temperatuur van het slib niet beneden 7 °C daalt. Echter, een verstoring van de afbraak van het totaal aangeboden organische materiaal bleek de NTA-afbraak in versterkte mate ongunstig te beïnvloeden: daling van de CZV-verwijdering van boven de 95 tot 60% gaat gepaard met een daling van de NTA-verwijdering tot 10%.

In deze publikatie worden de resultaten van onderzoek naar de NTA-verwijdering bij slibbelastingen van 0,4 en 0,8 kg/(kg · d) besproken en vergeleken met eerder behaalde resultaten.

2. Uitvoering

De uitvoering van de proeven in de actief-slibinstallatie van het Laboratorium voor Gezondheidstechniek van de TH Delft is in het vorige artikel [2] uitvoerig beschreven. Voor de methoden van monstername en analyse wordt verwezen naar dit artikel.

Aan het vrijwel NTA-loze afvalwater dat bij deze installatie wordt aangevoerd, wordt NTA gedoseerd in de afvoerleiding van de voorbezinktank. Bij deze dosering wordt uitgegaan van het feit dat het afvalwater in Nederland 20 tot 40 g NTA/m³ zal bevatten bij volledige vervanging van de wasmiddelfosfaten [1, 2].

Bij slibbelastingen van 0,4 en 0,8 kg/(kg · d) wordt eerst 10 g/m³ gedoseerd. Na de aanpassing van het actief slib, dat wil zeggen nadat er geen NTA meer in het effluent van de installatie wordt gevonden, wordt de dosering verhoogd tot 20 g/m³. Na hernieuwde aanpassing wordt de dosering nogmaals verhoogd tot 40 g/m³. Nadat het slib in staat is ook deze hoeveelheid af te breken wordt nog enige weken NTA in wisselende concentratie gedoseerd volgens het patroon dat weergegeven is in afb. 1.

TABEL I – *Procesparameters van 20-4-'82 t/m 28-6-'82.*

		m	s	n
Debiet	[m³/h]	7,0	0,2	80
Recirc. fact.	–	1,7	–	–
Temperatuur	[°C]	18,7	3,2	44
Slibgehalte AS	[kg/m³]	4,4	0,5	44
Slibbelasting	[kg BZV^{20}_{5}/ kg ds · d]	0,41	0,17	44
SVI	[l/kg]	129	24	38
Verblijftijd	[h]	8,6	0,2	80
Slibleeftijd	[d]	4,9	0,3	43
Zuurstofgeh.	[g/m³]	1,4	0,7	31

m = gemiddelde waarde
s = standaardafwijking
n = aantal waarnemingen
SVI = slibvolume-index
AS = actief slib

De gemiddelde dosering volgens dit patroon bedraagt 20 g/m³.

Teneinde vast te stellen wat er onder de minst gunstige omstandigheden gebeurt (sterk wisselende en relatief hoge gemiddelde concentratie), is ook een serie metingen uitgevoerd bij de slibbelasting van 0,8 kg/(kg · d), waarbij alle doseringen van het doseerpatroon uit afb. 1 met een factor twee vermenigvuldigd zijn.

3. Resultaten en discussie

3.1. *Slibbelasting 0,4 l kg/(kg · d)*

3.1.1. Procesomstandigheden

In de tabellen I en II zijn de grootheden weergegeven, die het zuiveringsproces karakteriseren.

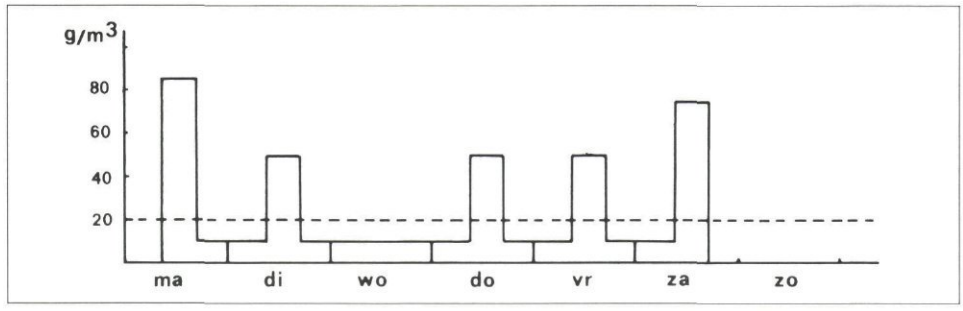
De BZV- en CZV-verwijderingen zijn weergegeven in afb. 4. Aan de hand van de dagelijkse waarden werd berekend dat de gemiddelde verwijderingspercentages respectievelijk 94 en 90% bedroegen, hetgeen in vergelijking met de percentages van respectievelijk 96 en 90% bij een slibbelasting van 0,13 kg/(kg · d) [2] hoog is.

TABEL II – *Zuiveringsresultaten van 20-4-'82 t/m 28-6-'82.*

		EVB			ENB		
		m	s	n	m	s	n
BZV^{20}_{7}	[g/m³]	770	315	79	43	35	85
CZV	[g/m³]	1.056	479	65	106	66	73
NH_4-N	[g/m³]	–	–	–	43,3	25,9	19
NO_2-N	[g/m³]	–	–	–	0,9	0,6	19
NO_3-N	[g/m³]	–	–	–	15,9	11,1	19

EVB = effluent voorbezinktank
ENB = effluent nabezinktank
m = gemiddelde waarde
s = standaardafwijking
n = aantal waarnemingen

Afb. 1 - Weekverloop variabele NTA-dosering. Op zondag wordt niets gedoseerd. De stippellijn geeft de gemiddelde dosering aan.



* Thans: Vakgroep Distributie van het KIWA te Nieuwegein.
** Thans: Institut für Wasserversorgung, Abwasserbeseitigung und Raumplanung der Technischen Hochschule Darmstadt.

Het afvalwater was als gevolg van de geringe hoeveelheid neerslag in deze periode (eind voorjaar, begin zomer) echter meer geconcentreerd dan in de regenrijke periode (winter), die in [2] werd besproken. Dit komt de relatieve verwijdering ten goede.
De CZV in het voorbezonken afvalwater bedroeg gemiddeld 1.056 g/m³ met uitschieters tot 2.800 g/m³, terwijl de gemiddelde CZV in de eerste periode 767 g/m³ bedroeg. Door deze grote pieken in de CZV-concentratie van het voorbezonken afvalwater werd de installatie herhaaldelijk overbelast, hierbij werd in het effluent van de installatie tot 300 g CZV/m³ gemeten. Meestal was de relatieve verwijdering dan nog redelijk, immers van 2.800 naar 300 g/m³ is altijd nog een verwijdering van 89%. Het is echter duidelijk dat niet gesproken kan worden van een goede effluentkwaliteit. Ook de relatief hoge standaardafwijkingen van de BZV- en CZV-concentratie wijzen hierop.

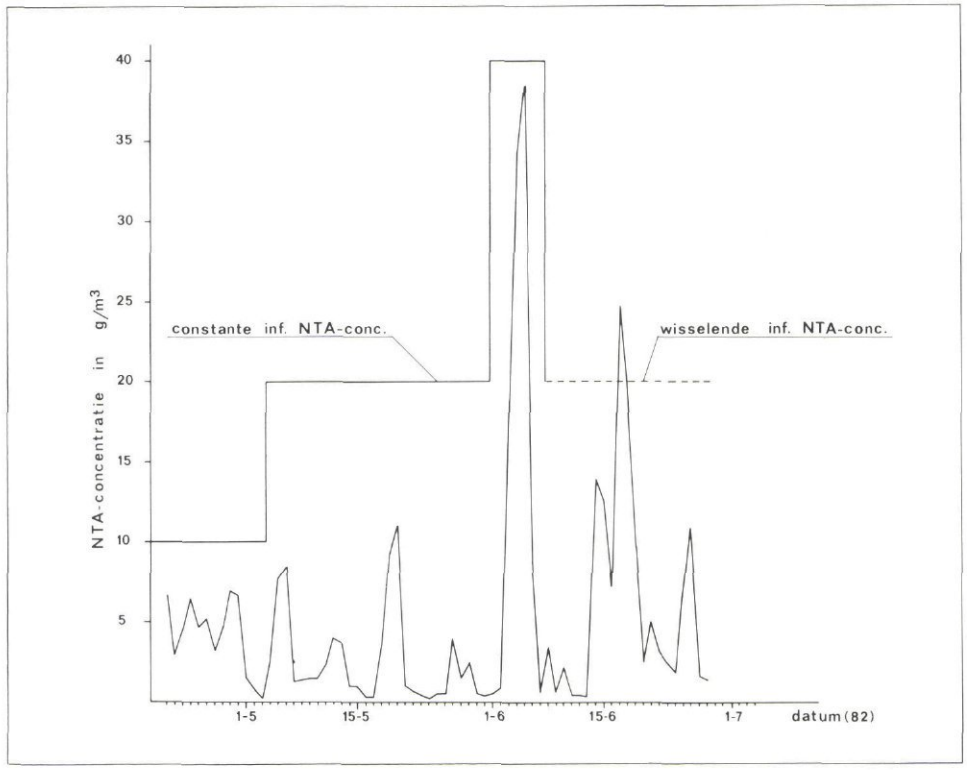
3.1.2. NTA-verwijdering

Aanpassing

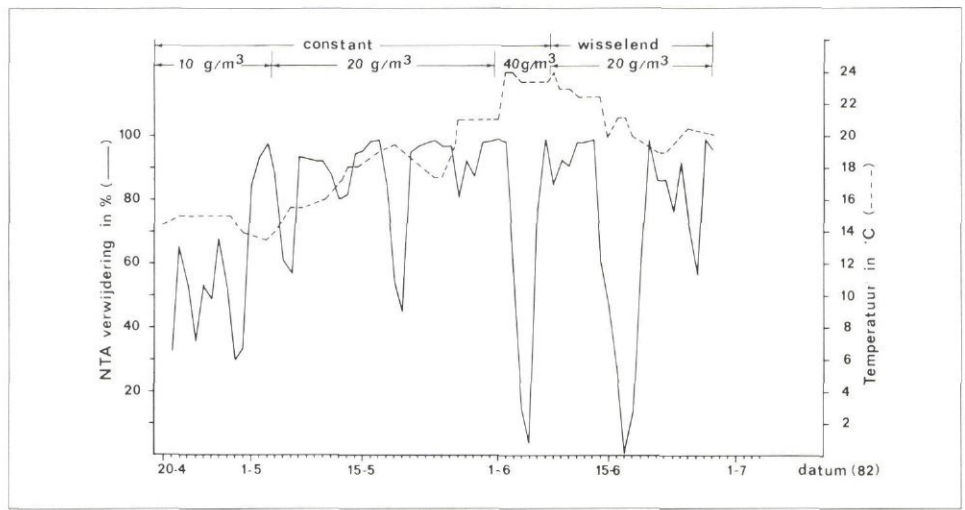
De effluent-NTA-concentratie en de NTA-verwijdering zijn respectievelijk weergegeven in afb. 2 en 3.
Dertien dagen nadat begonnen is met het doseren van 10 g NTA/m³ daalde de NTA-concentratie in het effluent tot onder de detectiegrens. Gedurende deze tijd bereikte de CZV-verwijdering echter een dieptepunt van ca. 80% (afb. 4). Er kan echter niet gesproken worden van een aanpassingsduur van 13 dagen, omdat de CZV-verwijdering niet gestoord dient te zijn om een goede NTA-afbraak te verkrijgen. Dat was een van de belangrijke resultaten bij de eerste serie metingen [2].
Op de vierde dag na de overgang van 10 naar 20 g NTA/m³ werd nagenoeg alle NTA weer afgebroken, terwijl bij de verhoging van 20 naar 40 g NTA/m³ geen aanpassing van het actief slib nodig was; de extra 20 g/m³ werd meteen afgebroken.

Afbraak

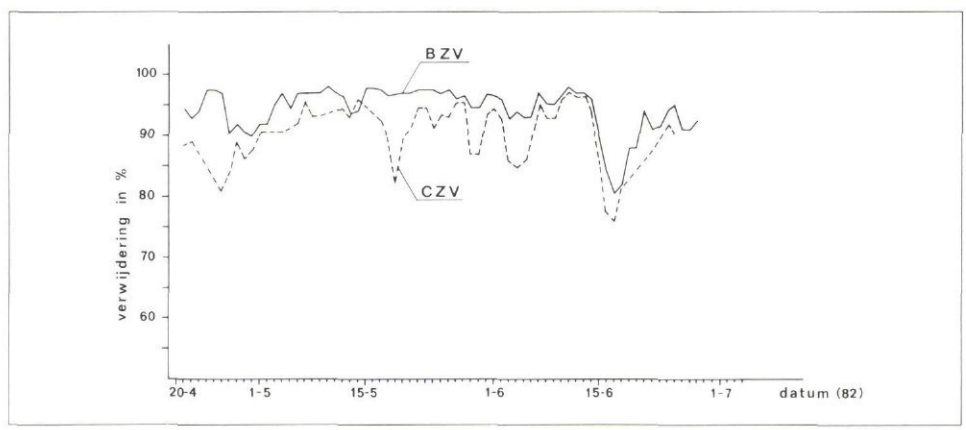
Dat het slib zich aan de drie verschillende doseringsniveaus aanpast betekent, dat het NTA bij constante aanvoer goed wordt afgebroken. Na aanpassing aan de 40 g/m³ werd op de storingsvrije dagen 98,4% van deze hoeveelheid afgebroken. De eerste week dat volgens het patroon uit afb. 1 werd gedoseerd was de afbraak met 93,6% nog alleszins redelijk. De dagen hierna werkte de actief-slibinstallatie zeer slecht – CZV in het effluent tot 300 g/m³! – hetgeen gepaard ging met een vrijwel volledige achteruitgang van de NTA-afbraak. De temperatuur had in deze periode geen nadelige invloed op de verwijdering. De laagst gemeten temperatuur bedroeg 13,5 °C en de gemiddelde temperatuur was 18,7 °C, terwijl reeds



Afb. 2 - Influent- en effluent-NTA-concentraties (k = 0,41 kg/(kg · d)).



Afb. 3 - Relatieve NTA-verwijdering en actief-slibtemperatuur (k = 0,41 kg/(kg · d)).



Afb. 4 - Relatieve BZV- en CZV-verwijdering (k = 0,41 kg/(kg · d)).

geconstateerd werd [2] dat 7 °C de grens is waaronder de afbraak van NTA sterk afneemt. Dit wordt nog eens bevestigd door recent onderzoek van Stephenson [3]. Samenvattend kan worden geconcludeerd dat NTA ook bij een slibbelasting van 0,41 kg/(kg · d) goed wordt afgebroken, wanneer ook de CZV en BZV storingsvrij worden verwijderd.

3.2. *Slibbelasting 0,83 kg/(kg · d)*

3.2.1. Procesparameters

Het zuiveringsproces wordt beschreven door de grootheden die in de tabellen III en IV zijn weergegeven.
De BZV- en CZV-verwijderingen zijn afgebeeld in afb. 7 en bedroegen in deze periode resp. 89 en 87%, hetgeen duidelijk lager is dan de verwijderingen bij de twee vorige slibbelastingen.
De relatief lage standaardafwijking van de effluent BZV- en CZV-concentraties geven aan dat het effluent ten aanzien van deze parameters een constante samenstelling heeft gehad. Gedurende deze periode zijn er dan ook nauwelijks storingen in het zuiveringsproces waargenomen.
De stikstofparameters in tabel IV geven aan dat er nu vrijwel geen nitrificatie meer is opgetreden, de stikstof in het effluent is voornamelijk als NH_4-N aanwezig, hetgeen bij deze belasting te verwachten is.

3.2.2. NTA-verwijdering

Aanpassing

Het NTA-gehalte in het effluent van de zuiveringsinstallatie en de NTA-verwijdering zijn weergegeven in afb. 5 en 6, waarin te zien is dat 10 g/m³ na een aanpassingsperiode van 9 dagen wordt afgebroken. Deze aanpassingsduur bij een slibleeftijd van 2,8 dagen is, vergeleken met de in de literatuur vermelde gemiddelde waarde van twee weken, kort te noemen. Dit resultaat komt ook niet overeen met de bevindingen van Rossin [4].
Hij concludeerde, dat bij een slibleeftijd van 4 dagen (hier 2,8 dagen) het slib zich niet aan 15 g/m³ aanpaste, maar dat voor deze concentratie een slibleeftijd van 6 dagen nodig was. Het hoge calciumgehalte in het afvalwater dat bij de actief-slibinstallatie wordt aangevoerd (ca. 400 g/m³) zou hierbij een rol kunnen spelen. Verschillende onderzoekers [5, 6] hebben geconstateerd dat naarmate het calciumgehalte van het te behandelen afvalwater hoger is, de aanpassing sneller verloopt.
De aanpassingsduur bij de overgangen van 10 naar 20 g/m³ en van 20 naar 40 g/m³ bedroeg respectievelijk 4 en 2 dagen.

TABEL III – *Procesparameters van 15-11-'82 t/m 22-2-'83.*

		m	s	n
Debiet	[m³/h]	7,9	0,3	90
Recirc. fact.	–	1,3	–	–
Temperatuur	[°C]	11,7	1,6	65
Slibgehalte AS	[kg/m³]	3,9	0,7	65
Slibbelasting	[kg BZV^{20}_5/ kg ds · d]	0,83	0,31	64
SVI	[l/kg]	90	23	63
Verblijftijd	[h]	4,2	0,2	100
Slibleeftijd	[d]	2,8	0,3	68
Zuurstofgeh.	[g/m³]	5,2	2,3	64

m = gemiddelde waarde
s = standaardafwijking
n = aantal waarnemingen
SVI = slibvolume-index
AS = actief slib

TABEL IV – *Zuiveringsresultaten van 15-11-'82 t/m 22-2-'83.*

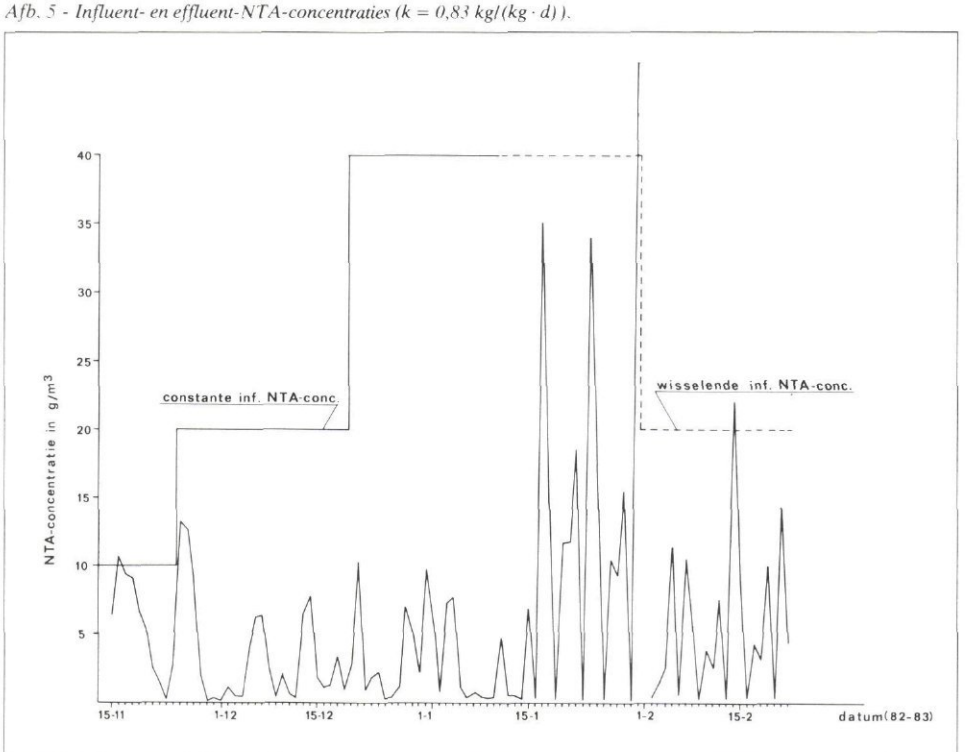
		EVB			ENB		
		m	s	n	m	s	n
BZV^{20}_7	[g/m³]	592	217	90	58	19	100
CZV	[g/m³]	798	300	87	86	18	99
NH_4-N	[g/m³]	–	–	–	44,1	11,7	28
NO_2-N	[g/m³]	–	–	–	0,2	0,1	28
NO_3-N	[g/m³]	–	–	–	5,5	1,9	27

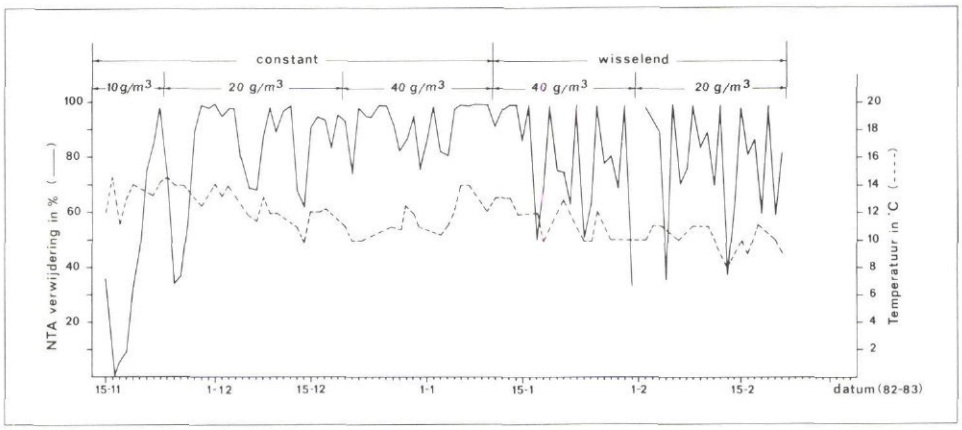
EVB = effluent voorbezinktank
ENB = effluent nabezinktank
m = gemiddelde waarde
s = standaardafwijking
n = aantal waarnemingen

Afbraak

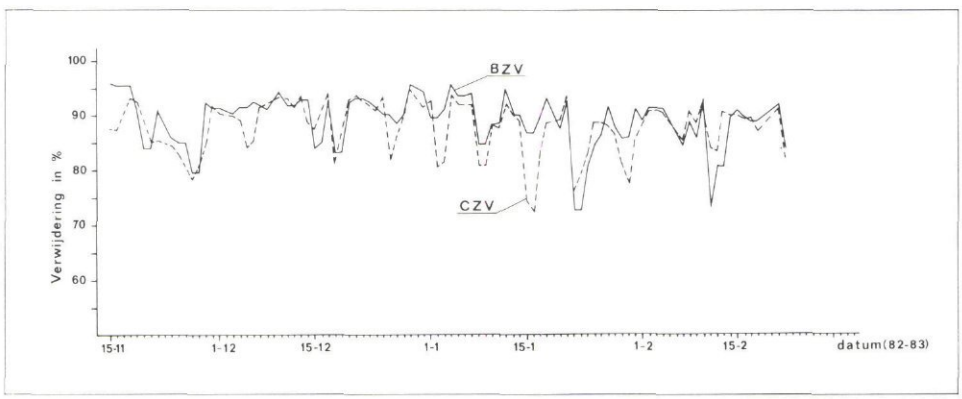
De minimumtemperatuur in deze periode bedroeg 8 °C, zodat de temperatuur de afbraak dan ook niet negatief beïnvloedt.
De afb. 5 en 6 geven echter aan dat het NTA, na de aanpassing niet volledig wordt afgebroken. Gedurende de constante doseringen van 20 en 40 g/m³ bedraagt de verwijdering in de goed werkende installatie respectievelijk 95,5 en 93,0% (tabel VI).
De afbraak wordt nog aanzienlijk minder tijdens de wisselende aanvoer; bij de gemiddelde dosering van 20 g/m³ bedraagt de verwijdering 72,7% en bij 40 g/m³ 71,5%. Opvallend is dat deze verwijderingspercentages nauwelijks verschillen.
Een verwijderingspercentage van 71,5% bij een gemiddelde aanvoer van 40 g/m³ houdt in dat er gemiddeld 11,4 g/m³ NTA in het effluent van de zuiveringsinstallatie aanwezig is. De hoogste gemeten concentratie in een dagverzamelmonster bedraagt 35 g NTA/m³, terwijl in een steekmonster op een maandag zelfs 95 g/m³ gevonden werd.
Het doseringspatroon van afb. 1 is in afb. 5 enigszins terug te vinden. Ter verduidelijking zijn de influent- en effluent-concentraties gedetailleerd weergegeven in afb. 8 en 9.
Ook aan de hand van deze figuren is te zien dat de wisselende dosering een bepaald patroon in het effluent tot gevolg heeft. In de eerste vier dagen na het overgaan op de variabele dosering van 40 g/m³ wordt het NTA nog vrijwel volledig afgebroken, terwijl het slib het vermogen om NTA af te breken na het eerste weekend, dat wil zeggen nadat 40 uur geen NTA werd gedoseerd, gedeeltelijk blijkt te hebben verloren. In de tweede en derde week is de afbraak reeds aanzienlijk

Afb. 5 - Influent- en effluent-NTA-concentraties (k = 0,83 kg/(kg · d)).

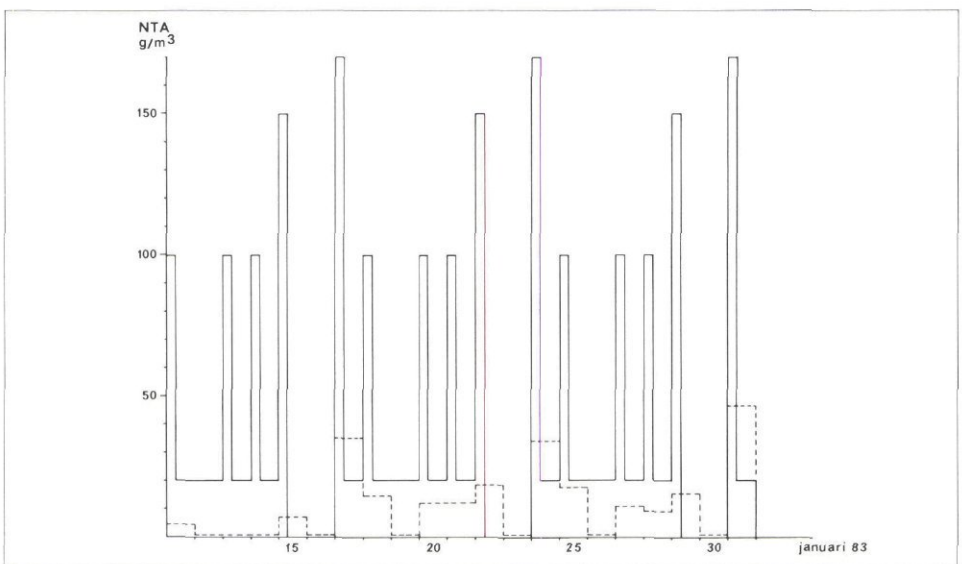




Afb. 6 - Relatieve NTA-verwijdering en actief-slibtemperatuur ($k = 0{,}83$ kg/(kg · d)).



Afb. 7 - Relatieve BZV- en CZV-verwijdering ($k = 0{,}83$ kg/(kg · d)).



Afb. 8 - NTA-concentratie in het influent (——) en effluent (– – –) bij een gemiddelde dosering van 40 g/m³.

minder en is een duidelijk patroon in de effluent-concentratie herkenbaar.

Hetzelfde is waar te nemen bij de wisselende dosering van 20 g/m³ in afb. 9. Ook hier wordt het NTA aanvankelijk afgebroken, daar het slib nog aangepast is aan grotere hoeveelheden NTA. Na enige tijd is de aanpassing aan het NTA gedeeltelijk verloren gegaan, zodat er weer een soortgelijk NTA-patroon in het effluent ontstaat.
Bij dit patroon wordt de afbraakvermindering veroorzaakt, doordat de aanpassing na verlaging van de NTA-toevoer verloren gaat als gevolg van verwijdering van aangepaste micro-organismen met het spuislib, terwijl hernieuwde aanpassing aan een verhoging langzaam optreedt. Vooral de afbraak op een maandag, nadat geruime tijd geen NTA werd toegevoerd, is slecht.

3.3. *Vergelijking van de resultaten bij drie verschillende belastingen*

Aanpassing

Tabel V geeft een overzicht van de gemeten aanpassingsduur bij verschillende slibbelastingen en concentratieverhogingen. Ook de resultaten van de experimenten besproken in [2] zijn hierin opgenomen. De invloed van de slibbelasting op de aanpassingsduur is goed waar te nemen.
De aanpassingsduren uit deze tabel zijn aanzienlijk korter dan de aanpassingsduur van 2 tot 3 weken, die door anderen werd gevonden.

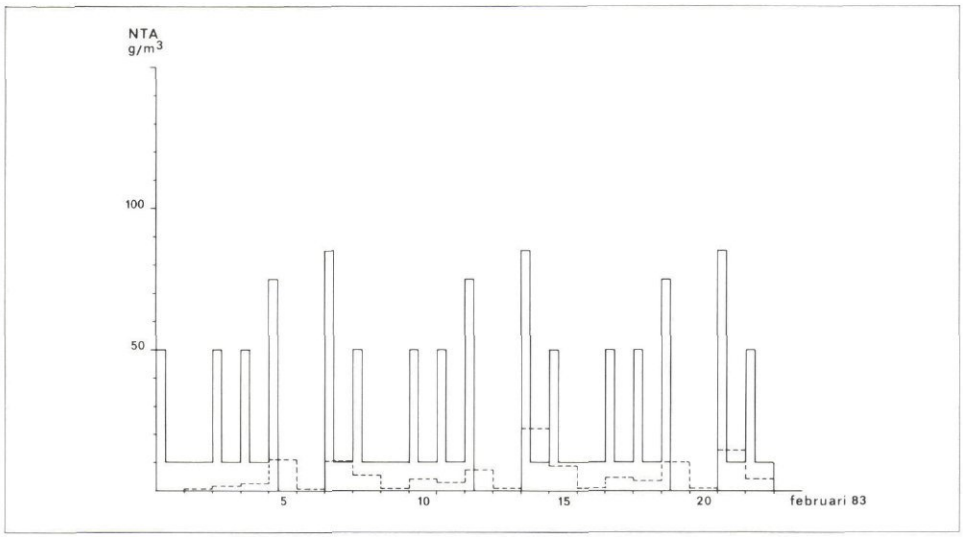
Afbraak

In tabel VI zijn alle gemiddelde verwijderingspercentages en effluentconcentraties van NTA weergegeven. Bij de gemiddeldes, die aangegeven zijn met A, zijn de meetgegevens van de dagen dat het slib nog niet is aangepast niet meegenomen. De gemiddeldes, aangegeven met B, zijn samengesteld aan de hand van meetgegevens van de dagen dat het slib is aangepast en dat de NTA-afbraak niet beïnvloed werd door lage temperaturen en storingen in de CZV-verwijdering.
Uit de resultaten blijkt dat bij constante aanvoer van NTA in het algemeen een goede verwijdering wordt bereikt. Zelfs bij de relatief hoge slibbelasting wordt nog 93% van 40 g/m³ afgebroken. Duidelijke verschillen in afbraak zijn pas waar te nemen bij variabele doseringen, die een in de praktijk te verwachten patroon nabootsen. Ondanks enkele storingen in het zuiveringsproces bij lage slibbelasting werd gemiddeld 94,0% van het NTA verwijderd bij variabele aanvoer. Bij de hoge slibbelasting werd, terwijl er geen waarneembare storingen en piekbelastingen optraden, slechts 72,7% vande gemiddelde 20 g/m³ en 71,5% van de gemiddelde 40 g/m³ verwijderd.
Bij de hoge slibbelasting is de uitspoeling van aangepaste bacteriën via het spuislib zo groot dat, wanneer de NTA-concentratie verlaagd wordt, de aanpassing snel verloren gaat. Bij een nieuwe piek zijn er te weinig aangepaste bacteriën aanwezig en een hernieuwde aanpassing treedt te langzaam op. Beide ver-

TABEL V – *De aanpassingsduur NTA-afbraak.*

k [kg/(kg·d)]	Slib-leeftijd [d]	Aanpassingsduur bij dosering van 0 naar 10 [d]	10 naar 20 [d]	20 naar 40 [d]
0,13	19,3	4	0	0
0,41	4,9	–	3	0
0,83	2,8	9	4	2

– De aanpassingsduur kon niet worden vastgesteld.



Afb. 9 - NTA-concentratie in het influent (——) en effluent (– – –) bij een gemiddelde dosering van 20 g/m³.

schijnselen hebben tot gevolg dat niet alle in pieken aangeboden NTA kan worden afgebroken. Bij lagere slibbelasting en hiermee samenhangend een hogere slibleeftijd is de uitspoeling minder, zodat de aanpassing minder snel dan bij hoge belasting verloren gaat en het slib zich juist weer sneller aanpast, zodat de verwijdering niet nadelig wordt beïnvloed.

Berekeningen met een computermodel bevestigen deze bevindingen [7]. Het model beschrijft het proces van aanpassing via groei van micro-organismen en het verlies van de aanpassing via het spuien van deze micro-organismen met het slib. Met behulp van dit model werd berekend dat bij de twee lage slibbelastingen nog een hoog gemiddeld afbraakrendement kan worden bereikt bij een variërende dosering. Bij de hoogste slibbelasting is dit tengevolge van het snelle verlies van de aanpassing niet meer het geval. Indien voor een ander type afvalwater dan tijdens dit onderzoek is gebruikt, de aanpassingsduur van het slib langer is dan hier is gevonden, hetgeen aan de hand van de resultaten van andere onderzoeken te verwachten is [1], zal de gemiddelde NTA-afbraak bij de wisselende NTA-concentratie en hogere slibbelasting nog minder zijn dan de hier gemeten 72%. Als de lage hardheid de aanpassingsduur verlengt [5, 6], zal met name op installaties, die zacht water zuiveren bij relatief hoge slibbelasting de NTA-verwijdering bij het te verwachten wisselende NTA-aanbod beslist nog minder zijn dan hier is gevonden.

4. Conclusies

Aan de hand van de metingen bij drie verschillende slibbelastingen kan worden geconcludeerd:

1. Naarmate de slibbelasting toeneemt en daarmee de slibleeftijd afneemt zal de aanpassing van het slib aan NTA meer tijd vergen.
2. NTA wordt in een van tijd tot tijd overbelaste actief-slibinstallatie maar ten dele afgebroken. Ook bij een verstoring van het actief-slibproces, merkbaar door een lichte afneming van het CZV-verwijderingspercentage, wordt NTA slecht afgebroken.
3. Wanneer de temperatuur van het actief slib daalt tot onder de 7 °C is een sterke teruggang van de NTA-afbraak te verwachten.
4. NTA wordt tijdens storingsvrije periodes goed afgebroken bij slibbelastingen van 0,13 en 0,41 kg/(kg · d), zelfs al wordt het in wisselende concentratie bij de zuiveringsinstallatie aangevoerd.
5. Constant aangevoerde hoeveelheden NTA worden goed afgebroken bij een slibbelasting van 0,83 kg/(kg · d). Wanneer echter NTA bij deze relatief hoge slibbelasting volgens een in de praktijk te verwachten patroon wisselend aangevoerd wordt, bedraagt de afbraak nog maar ca. 72%. Dit percentage zal nog lager zijn in situaties waar de aanpassing aan NTA meer tijd vergt.

Samenvattend kan geconcludeerd worden, dat het NTA niet onder alle omstandigheden in een actief-slibinstallatie wordt afgebroken. Noodzakelijke voorwaarden voor een goede afbraak zijn:

– dat de installatie niet te hoog wordt belast, bij voorkeur niet boven de 0,4 kg/(kg · d) en zeker niet boven de 0,8 kg/(kg · d). Dit geldt in het bijzonder bij sterk wisselende NTA-concentraties;
– dat de zuivering storingsvrij plaatsvindt dus zonder een tijdelijke verslechtering van de effluentkwaliteit ten aanzien van CZV en BZV;
– dat de actief-slibtemperatuur niet tot 7 °C of lager daalt.

TABEL VI – *Verwijdering en effluentconcentraties van NTA.*

k [kg/(kg·d)]			NTA-dosering in g/m³				
			constant			wisselend	
			10	20	40	20	40
0,13	A	verwijdering [%]	96,8	81,0	95,5	94,0	–
		concentratie [g/m³]	0,3	3,8	1,8	1,2	–
	B	verwijdering [%]	96,8	98,0	98,9	97,0	–
		concentratie [g/m³]	0,3	0,4	0,4	0,6	–
0,41	A	verwijdering [%]	–	88,9	63,7	68,8	–
		concentratie [g/m³]	–	2,2	14,5	6,2	–
	B	verwijdering [%]	–	93,1	98,4	93,6	–
		concentratie [g/m³]	–	1,4	0,6	1,3	–
0,83	A	verwijdering [%]	–	88,6	93,0	72,7	71,5
		concentratie [g/m³]	–	2,3	2,8	5,5	11,4
	B	verwijdering [%]	–	95,5	93,0	72,7	71,5
		concentratie [g/m³]	–	0,9	2,8	5,5	11,4

A Meetgegevens van alle dagen met uitzondering van de dagen waarop het slib nog niet is aangepast.
B De meetgegevens van A, nu ook zonder de meetgegevens van dagen waarop de NTA-verwijdering aanwijsbaar slecht was als gevolg van storingen, overbelastingen en lage actief-slibtemperaturen.

Literatuur

1. Van 't Hof, O. (1982). *'Een literatuurstudie naar de verwijdering van Nitrilotriazijnzuur in het actief-slibproces'.* Vakgroep Gezondheidstechniek, afd. Civiele Techniek, Technische Hogeschool Delft. Rapport nummer 82-19.
2. Van 't Hof, O. e.a. (1983). *'Verwijdering van Nitrilotriazijnzuur (NTA) in het actief-slibproces bij relatief lage slibbelasting'.* H_2O (16), nr. 11, 253-256 en 261.
3. Stephenson, T. e.a. (1983). *'The influence of transient temperature changes on the biodegradation of nitrilotriacetic acid in the activated sludge process: A pilot plant study'.* Environ. pollut. Ser. A 31, 1-10.
4. Rossin, A. C. e.a. (1982). *'The removal of nitrilotriacetic acid and its effect on metal removal during biological sewage treatment: Part I - adsorption and acclimatisation'.* Environmental Pollution (series A) 29, 271-302.
5. Stoveland, S. e.a. (1979). *'The influence if nitrilotriacetic acid on heavy metal transfer in the activated sludge process - I: At constant loading'.* Water Research 13, 949-965.
6. Vashon, R. D. e.a. (1982). *'The effect of water hardness on nitrilotriacetate removal and microbial acclimation in activated sludge'.* Water Research 16, 1429-1432.
7. Nieuwstad, Th. J. en Van 't Hof, O. (1983). *'De aanpassing van actief slib aan nitrilotriazijnzuur (NTA)'.* Intern rapport. Vakgroep Gezondheidstechniek, Afdeling Civiele Techniek TH Delft.

● ● ●