

De invloed van nitrilotriazijnzuur (NTA) op de verwijdering van zware metalen in het actief-slibproces

1. Inleiding

Afvalwater bevat vele zware metalen in gesuspendeerde en opgeloste vorm. Tijdens mechanisch biologische behandeling wordt ongeveer 50% van deze metalen in de voorbezinking afgescheiden met het primaire slib, terwijl van de metalen, die de voorbezinking passeren, nog eens ca. 50% door adsorptie aan het actief slib, via het spuislib wordt verwijderd [1].

Wanneer in het kader van de bestrijding van de eutrofiëring van het Nederlandse oppervlaktewater wordt besloten het natrium-

Hierdoor wordt het beluchtingsgedeelte van de installatie sterker met zware metalen belast dan in de NTA-loze situatie en zelfs bij een even goede procentuele verwijdering door adsorptie aan het actief slib zal dit leiden tot een toeneming van de metaalconcentratie in het effluent.

Indien het NTA tijdens de biologische behandeling niet of slechts gedeeltelijk zou worden afgebroken [6, 7] zou de complexvorming de opname van zware metalen in het actief slib kunnen belemmeren, waardoor de relatieve verwijdering terugloopt.

Bij het voorgaande dient nog opgemerkt te worden dat NTPP het vermogen om metalen te binden als gevolg van hydrolyse vrijwel volledig verliest nog voordat het bij de voorbezinktank aankomt, zodat hier geen problemen met de complexering van de zware metalen te verwachten zijn.

Samenvattend kan gesteld worden, dat de mogelijkheid bestaat dat NTA in het afvalwater de metaalconcentratie in het effluent van een rioolwaterzuiveringsinstallatie zowel verhoogt door een toeneming van het transport door de voorbezinking als door een verslechtering van de verwijdering in het biologische deel van de zuivering.

Ten tijde van het uitvoeren van een literatuurstudie [2] waren de resultaten van diverse onderzoeken zodanig dat niet vastgesteld kon worden of het metaaltransport door het actief-slibproces door de aanwezigheid van NTA werd beïnvloed, zodat de volgende doelstelling voor een in het Laboratorium voor Gezondheidstechniek uit te voeren onderzoek kon worden geformuleerd:

'Het vaststellen of de aanwezigheid van NTA in afvalwater het transport van zware metalen door de actief-slibinstallatie vergroot.' Het onderzoek werd in twee delen uitgevoerd: een inleidende batchproef op laboratoriumschaal en een continue proef op semi-technische schaal. Hierbij werd uitgegaan van een NTA-concentratie in het afvalwater van 20 tot 40 g/m³ (berekend als het vrije zuur H₃NTA), de concentratie, die is te verwachten wanneer NTPP volledig door NTA wordt vervangen.

In dit artikel worden de uitvoering en de resultaten van het onderzoek besproken.

2. Batchproeven op laboratoriumschaal

2.1. Uitvoering

De invloed van NTA op de adsorptie van metalen aan actief slib werd bepaald voor slib dat goed is aangepast aan 20 g NTA/m³. Drie vaten met een inhoud van 100 liter werden gevuld met ieder 50 liter actief slib, waarna het slib werd belucht.

Aan drie porties van 20 liter voorbezonden afvalwater werd respectievelijk toegevoegd:

– 20 mg cadmium, 40 mg lood en 60 mg koper alle in de vorm van het nitraat;

– 1.400 mg NTA alsmede de voor portie twee genoemde metalen.

Nadat de toevoegingen goed door het afvalwater waren gemengd, werden de drie porties elk toegevoegd aan een vat met actief slib en werd verder belucht. Na deze toevoeging bedroeg de NTA-concentratie in het eerste en derde vat 20 g/m³. De metaalconcentraties in het tweede en derde vat zijn weergegeven in tabel I.

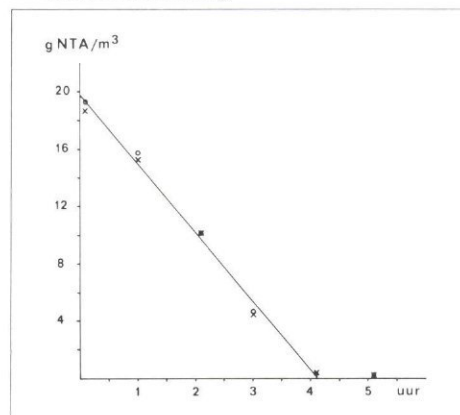
Bij de uitvoering van de proeven bedroeg de gemiddelde temperatuur in de vaten 23,7 °C, was de pH 7,2 en het slibgehalte 4,5 kg/m³. Tijdens de beluchting van het slib werden het NTA-gehalte en de cadmium-, koper- en loodconcentratie in de tijd gevolgd. Na vijf minuten en vervolgens elk uur werd uit ieder vat een monster genomen. De monsters werden gecentrifugeerd. Een deel van de vloeistof werd gebruikt voor de bepaling van de NTA-concentratie. Een ander deel werd direct na centrifugeren gefiltreerd (0,45 µm membraanfilter) voor de bepaling van het gehalte aan opgelost cadmium, koper en lood. De bepaling van NTA werd polarografisch uitgevoerd volgens de methode van Haring [8]. Ook de concentraties van de zware metalen werden polarografisch bepaald [9].

2.2. Resultaten en discussie

De NTA-concentraties in aan- en afwezigheid van metalen zijn als functie van de tijd weergegeven in afb. 1. Duidelijk blijkt dat de gedoseerde hoeveelheid zware metalen de afbraak van NTA niet beïnvloedt.

De afbeelding toont aan dat NTA wordt afgebroken volgens een nulde-ordeproces. De correlatiecoëfficiënt bedraagt –0,997 wanneer de meetgegevens van beide vaten gebruikt worden voor een correlatieberekening. Ook Thompson [10] en Swisher [11] vonden dat NTA wordt afgebroken volgens een nulde-ordeproces in NTA-concentratie, terwijl Wei [12] en Shannon [13] spreken van eerste- of pseudo-eerste-

Afb. 1 - NTA-concentratie. x = met metaaldosering; o = zonder metaaldosering.



IR. O. VAN 'THOF
Vakgroep Gezondheidstechniek
TH Delft *



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



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

tripolyfosfaat (NTPP) in de wasmiddelen te vervangen door het natriumzout van nitrilotriazijnzuur (NTA), wordt met dit NTA een stof in het afvalwater geïntroduceerd die een grote complexerende kracht voor vele metaalionen heeft (tabel I). De aanwezigheid van NTA zou de concentratie van opgeloste metalen in de vorm van het NTA-complex aanzienlijk kunnen verhogen.

Via het huishoudelijk waswater zal NTA, voor een belangrijk gedeelte in de vorm van het calcium- en magnesiumcomplex, in het afvalwater belanden. Door uitwisselingsprocessen met uit andere bronnen afkomstige ionen van zware metalen zullen andere NTA-metaal-complexen ontstaan. De metalen, die door het NTA in oplossing worden gehouden, zullen niet met het primaire slib bezinken. Integendeel, verschillende onderzoekers hebben in experimenten op laboratoriumschaal [3, 4] en semitechnische schaal [5] vastgesteld dat de aanwezigheid van NTA het transport van zware metalen zoals lood, nikkel en zink [5] door de voorbezinktank verhoogt, doordat het NTA door complexvorming metalen aan het slib onttrekt.

* Thans: Vakgroep Distributie van het KIWA te Nieuwegein.

** Thans: Institut für Wasserversorgung, Abwasserbeseitigung und Raumplanung der Technischen Hochschule Darmstadt.

TABEL I – Enige gegevens over de in het onderzoek gebruikte zware metalen.

Metaal	pK —	C [mg/m ³]	DB [mg/m ³]	DC [mg/m ³]
Cd	9,5	10	290	65
Cr	8,0	20	—	75
Cu	12,7	150	860	250
Ni	11,3	< 10	—	100
Pb	11,8	250	570	100
Zn	10,5	500	—	250

pK = de negatieve logarithme van de NTA-complex-constanten volgens Jazimirski [14];

C = de gemiddelde totaal-metaalconcentratie in het voorbezonden afvalwater bepaald aan de hand van enkele steekproeven;

DB = de concentratie der zware metalen na dosering tijdens de batchproeven;

DC = de aan het voorbezonden afvalwater gedoseerde zware metalen tijdens de continue proeven.

orde afbraak in NTA-concentratie.

In de afb. 2, 3 en 4 zijn respectievelijk de opgeloste koper-, lood- en cadmiumconcentraties als functie van de tijd weergegeven.

Deze afb. tonen aan dat het NTA de metalen in oplossing houdt; naarmate er meer NTA wordt afgebroken, daalt de concentratie van opgelost metaal door de toenemende adsorptie aan het slib. Bij cadmium wordt na de volledige afbraak van NTA zelfs dezelfde concentratie bereikt als in de NTA-loze proef. Dat dit niet het geval is bij de andere twee metalen, kan een gevolg zijn van het feit dat de complexen van koper en lood met NTA sterker zijn dan het cadmiumcomplex (tabel I), waarbij de lage restconcentratie van het NTA deze metalen nog voor een deel in oplossing houdt.

Voor de praktijk kan deze laatste constatering betekenen dat het metaaltransport door de actief-slibinstallatie inderdaad verhoogd zou kunnen worden, zelfs al zou het NTA nagenoeg volledig worden afgebroken. Continue proeven op grote schaal zullen dit moeten uitwijzen.

3. Continue proeven op grote schaal

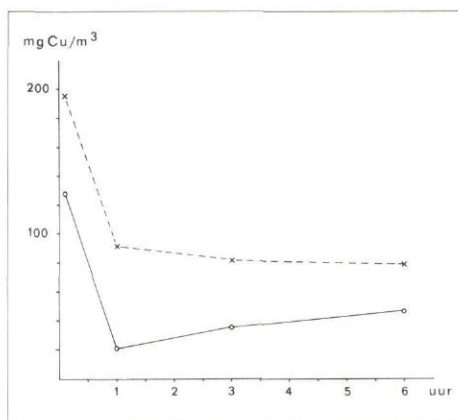
3.1. Uitvoering

De proefinstallatie

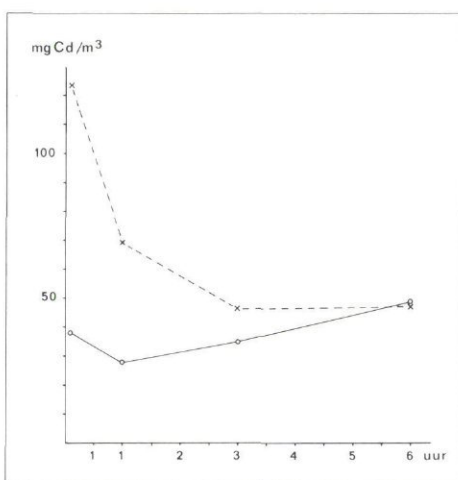
De proeven werden uitgevoerd in de semi-technische proefinstallatie voor zuivering van afvalwater van het Laboratorium voor Gezondheidstechniek van de TH Delft. Deze installatie, uitvoerig door Veldkamp [15] beschreven, bestaat uit twee identieke zuiveringsstraten met ieder een capaciteit van 10 m³ afvalwater per uur.

Aan het voorbezonden afvalwater van beide straten van de proefinstallatie werd eenzelfde hoeveelheid verschillende zware metalen toegevoegd en slechts aan het voorbezonden afvalwater van straat I werd NTA gedoseerd. De concentratie aan opgeloste metalen in de effluenten van beide straten werd in de tijd gevolgd.

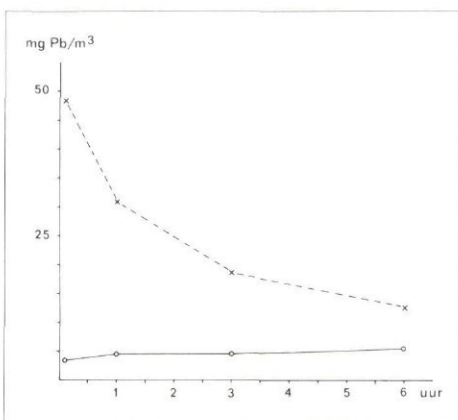
Teneinde de verschillen tussen de concentraties opgeloste metalen in beide effluenten toe



Afb. 2 - Koperconcentratie. x—x—x = met NTA; o—o—o = zonder NTA.



Afb. 3 - Loodconcentratie. x—x—x = met NTA; o—o—o = zonder NTA.



Afb. 4 - Cadmiumconcentratie. x—x—x = met NTA; o—o—o = zonder NTA.

te kunnen schrijven aan het gedoseerde NTA is getracht de zuiveringsprocessen en zuiveringsresultaten in beide straten niet van elkaar te laten verschillen. Om dit te bereiken werden de begintoestanden in beide straten volledig identiek aan elkaar gemaakt door de retourslibleidingen gedurende enkele dagen te kruisen. Het retourslib van straat I kwam in de volledig gemengde beluchtingstank van

straat II en vice versa. Hierna waren slibgehalte en slibsamenstelling in beide beluchtingstanks volkomen gelijk. Door de aanvoer van het qua samenstelling gelijke afvalwater naar beide straten even groot te houden, werd gezorgd dat de installaties identiek bleven functioneren.

Doseringen

Aan de hand van de batchproeven was vastgesteld dat het NTA een invloed heeft op de verwijdering van zware metalen met het actief slib, zodat werd besloten het onderzoek met drie metalen uit te breiden tot die genoemd in tabel I.

Daar het afvalwater, dat bij de zuiveringsinstallatie aankomt, relatief weinig zware metalen bevat, is besloten tot het doseren van de in kolom vier van tabel I vermelde extra metalen (als de gemengde oplossing van hun nitraten). De hoeveelheden zijn vastgesteld aan de hand van de concentraties die volgens de literatuur [16] in afvalwater verwacht kunnen worden. In straat I van de proefinstallatie werd van 18 april t/m 8 mei 1983 40 g NTA/m³ gedoseerd.

Monsterneming en analysemethoden

De effluenten van beide zuiveringsstraten alsmede het voorbezonden afvalwater werden continu bemonsterd. De 24-uurs verzamelmonsters werden met salpeterzuur aangezuurd en vervolgens in een koelkast bij 4 °C opgeslagen. Van het actief- en spuislib werden steekmonsters genomen.

Aan de monsters werden de in tabel II vermelde bepalingen verricht.

Het gehalte aan zware metalen werd bepaald met behulp van atoomabsorptiespectrofotometrie [17]. Om uitsluitend de opgeloste fractie te bepalen werden de monsters eerst over een glasvezelfilter gefiltreerd en daarna over een membraanfilter (0,45 µm). De NTA-bepaling werd weer volgens Haring [8] uitgevoerd, terwijl alle overige analyses werden uitgevoerd volgens de Nederlandse norm NEN 3235 [18].

3.2. Resultaten en discussie

Procesparameters en zuiveringsresultaten

De procesparameters en zuiveringsresultaten, weergegeven in tabel III, geven aan dat er

TABEL II – Te meten grootheden.

	EVb	ENb	AS	SS
CZV	x	x		
NTA		x		
metaalgehalte		x		
droge-stofgehalte			x	x
bezinksel volume			x	x
debiet	x			x
temperatuur			x	

EVb = effluent voorbezinktank

ENb = effluent nabezinktank

AS = actief slib

SS = spuislib

TABEL III – Procesparameters en zuiveringsresultaten van 18 april t/m 14 mei 1983.

		Straat I		Straat II		n
		m	s	m	s	
Debiet	[m³/h]	8,1	0,3	8,2	0,2	34
CZV-effluent	[kg O₂/m³]	86,7	20,5	84,7	24,6	19
CZV-verwijdering	[%]	88,3	4,2	88,1	4,7	19
temperatuur	[C]	14,8	1,0	14,8	1,0	16
slibgehalte AS	[kg/m³]	3,79	0,59	3,83	0,51	22
slibleef tijd	[d]	4,9	0,4	5,0	0,3	21
slibbelasting (*)	[kg/(kg · d)]	0,41	0,14	0,40	0,13	21
slibindex	[ml/g]	160	60	140	55	18
metaaldos	[ml/h]	536	33	557	61	32

m = gemiddelde waarde (*) De slibbelasting is, aan de hand van omrekening van de gemeten CZV, uitgedrukt in kg BZV etc.
s = standaardafwijking
n = aantal metingen

inderdaad nauwelijks verschil was tussen de processen in beide straten.
De NTA-concentratie is als functie van de tijd weergegeven in afb. 5.
Er is in de periode voorafgaand aan dit onderzoek geen NTA gedoseerd aan de proefinstallatie, zodat het slib in straat I op 18 april nog niet was aangepast aan NTA. In de eerste 12 dagen bevatte het effluent van straat I dan ook een aanzienlijke hoeveelheid NTA (periode A in afb. 5).

Op grond van de resultaten van de proeven met constante en wisselende dosering van NTA bij een slibbelasting van 0,41 kg/(kg · d) werd verwacht dat aanpassing van het slib aan 40 g NTA/m³ ten hoogste 9 dagen zou duren [6], vermoedelijk aanzienlijk korter. De aanpassingsduur bedroeg nu echter 12 dagen. De gedoseerde metalen zouden hierbij een rol gespeeld kunnen hebben. Dit zou overeenkomen met de resultaten van een onderzoek van Rossin [19], waaruit bleek dat actief slib dat bij lage metaalconcentratie slechts na 20 dagen in staat was 15 g NTA/m³ af te breken, zich bij een hogere metaalconcentratie in het geheel niet meer aanpaste.
Na de aanpassingsperiode werd gedurende 9 dagen gemiddeld meer dan 95% van het NTA afgebroken. Hierna werd gedurende 6 dagen geen NTA meer gedoseerd. Deze periode van 15 dagen, waarin het effluent

relatief weinig tot geen NTA bevatte, is in afb. 5 aangeduid met periode B.

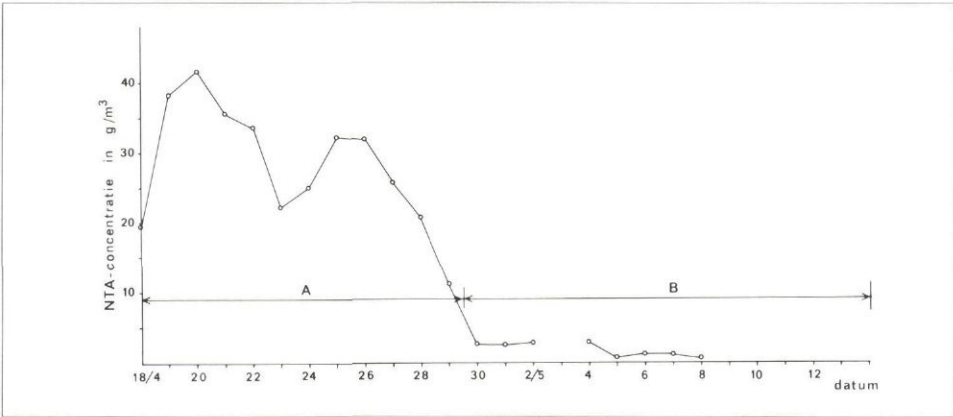
Verwijdering van zware metalen

Op 20 t/m 24 april, 30 april, 1 en 2 mei bezonk het slib in beide straten zeer slecht. Dit resulteerde in het meekomen van slib in de monsternamleiding. Het in de opvangcontainers aanwezige zuur bracht de aan het slib gebonden metaalionen direct in oplossing, waardoor de verzamelmonsters van deze dagen niet bruikbaar waren voor de evaluatie.

Aangezien beide straten identiek gefunctioneerd hebben zijn de opgeloste metaalgehalten van de dagelijkse verzamelmonsters van beide effluënten paarsgewijs met elkaar vergeleken. Optredende verschillen zijn toe te schrijven aan de aanwezigheid van NTA in straat I. De meetgegevens zijn statistisch verwerkt; de resultaten hiervan zijn weergegeven in tabel IV. De verwerking bestond uit het vaststellen van het 95%-betrouwbaarheidsinterval van het gemiddelde verschil tussen de effluentconcentraties van straat I en straat II. Indien dit interval de waarde nul insluit, is het verschil niet significant. De evaluatie berust op de verschillen in effluentmetaalconcentratie en maakt derhalve het vaststellen van de influentconcentratie overbodig. Als gevolg hiervan is het echter niet mogelijk het

verwijderingspercentage per straat aan te geven.
Aan de hand van tabel IV is te zien dat de zinkconcentratie in het effluent van straat I, voortaan effluent I, gedurende de periode dat het NTA niet (geheel) wordt afgebroken, significant groter is dan de zinkconcentratie in het effluent van straat II, voortaan effluent II. In de daaropvolgende periode B bij nagenoeg volledige NTA-afbraak is er geen verschil meer tussen de zinkconcentraties in de effluënten.
Ook bij lood is gedurende de periode A de concentratie in effluent I significant hoger dan de concentratie in effluent II. In periode B is de loodconcentratie in effluent I lager dan de loodconcentratie in effluent II. Dit verschil is echter niet significant.
Met nikkel is het niet anders dan bij de twee voorgaande metalen, hoewel het verschil tussen de nikkelconcentratie in effluent I en II niet zo groot is als bij zink en lood.
De cadmiumconcentraties in effluent I en effluent II verschillen noch in periode A, noch in periode B.
Ook bij chroom kan geen nadelige invloed van het aanwezige NTA op de verwijdering geconstateerd worden. In periode A is het verschil niet significant, terwijl het verschil in periode B maar zeer klein en niet significant is.
Aan de hand van de koperconcentraties in de beide effluënten kunnen geen duidelijke uitspraken gedaan worden. In periode A is de koperconcentratie in effluent II zelfs significant hoger dan de concentratie in effluent I, dit geheel in tegenstelling tot hetgeen bij de andere metalen werd gevonden. Vergelijking van de koperconcentraties tussen beide effluënten in periode B is, gezien de zeer grote spreiding in de koperconcentraties in het effluent van straat II, niet zinvol.
Resultaten van experimenten, van andere onderzoekers, die tijdens dit speurwerk gepubliceerd zijn, komen goed overeen met de door ons gevonden resultaten. Zo concludeerde Rossin [19] dat tijdens de aanpassing van actief slib aan NTA, de verwijdering van koper, lood, nikkel en zink duidelijk minder was dan in de NTA-loze situatie. In een ander onderzoek [20], waarbij NTA als gevolg van een plotselinge verhoging van de influentconcentratie niet geheel werd afgebroken nam de verwijdering van lood, nikkel en zink aanzienlijk af. Hierbij werd zelfs een deel van de reeds aan het slib gebonden metalen nikkel en zink weer in oplossing gebracht. Obeng [21] vond soortgelijke resultaten. Door een tijdelijke verlaging van de actief-slibtemperatuur tot 7,5 °C werd NTA niet volledig afgebroken, hetgeen resulteerde in een toeneming van de lood-, zink- koper- en cadmiumconcentratie. Ook de eerder genoemde proeven betreffende de invloed

Afb. 5 - Effluent-NTA-concentratie in straat I.



TABEL IV – Statistische verwerking der verschillen in metaalconcentraties [mg/m³].

		Eff. concentratie				95%-betr.		Statist. signif.	Toeneming
		I		II		interval van D			
		m	s	m	s	van	tot		
Cd	A	21,0	15,6	21,1	21,6	– 25,0	+ 25,2	nee	0%
	B	40,9	22,8	41,9	16,3	– 11,5	+ 9,5	nee	
Cr	A	15,0	10,2	14,3	7,8	– 2,0	+ 3,5	nee	5%
	B	5,1	4,3	7,9	7,0	– 5,8	– 0,5	ja	
Cu	A	58,1	20,3	75,6	20,1	– 17,5	– 7,3	ja	–
	B	76,7	25,9	176,7	108,2	– 172,2	– 27,8	ja	
Ni	A	133,1	42,6	104,4	44,2	+ 14,1	+ 43,4	ja	27%
	B	113,3	26,0	117,9	24,9	– 20,1	+ 10,9	nee	
Pb	A	78,8	18,3	30,0	10,0	+ 36,0	+ 61,6	ja	163%
	B	28,8	13,3	41,1	18,0	– 25,5	+ 0,5	nee	
Zn	A	584	122	357	133	+ 133	+ 321	ja	64%
	B	483	169	498	158	– 184	+ 121	nee	

D = de gemiddelde waarde van het per dag berekende verschil in metaalgehalte tussen beide straten (I - II).

Toeneming = [(met.conc. I - met.conc. II)/met.conc. II] · 100%.

A = periode voor aanpassing.

B = periode na aanpassing.

m = gemiddelde waarde.

s = standaardafwijking.

van NTA op de metaalverwijdering in de voorbezinking [5] gaven te zien dat juist de verwijdering van lood, nikkel en zink afnam, als gevolg van de aanwezigheid van NTA.

4. Conclusies

Uit het onderzoek zijn de volgende conclusies getrokken:

– NTA wordt volgens een nulde-ordeproces in NTA afgebroken.

– Uit batchproeven blijkt dat de afbraak van NTA niet wordt beïnvloed door de aanwezigheid van aanzienlijke hoeveelheden cadmium, lood en koper.

Uit deze proeven bleek ook dat zolang NTA aanwezig is, cadmium, lood en koper in oplossing worden gehouden. Naarmate de afbraak toeneemt, neemt de verwijdering van deze metalen toe; na verloop van tijd wordt ongeveer dezelfde situatie bereikt als zonder toevoeging van NTA.

– In continue proeven werd dit bevestigd voor lood, de aanwezigheid van NTA had hier echter geen invloed op cadmium, terwijl over koper geen uitspraak gedaan kon worden. Voor de drie overige metalen, die bij deze continue proeven in beschouwing zijn genomen, bleek bij nikkel en zink verhoogd transport op te treden, terwijl voor chroom geen verschil werd gevonden.

– NTA heeft geen nadelige invloed op de metaalhuishouding in het actief-slibstelsel, indien het volledig wordt afgebroken.

Daar NTA niet onder alle omstandigheden wordt afgebroken [6, 7] kan gesteld worden dat de introductie van NTA als vervanger van NTPP een verhoging van het transport van met name nikkel, zink en lood door het actief-slibproces met zich meebrengt. Zodoende zal het oppervlaktewater met meer zware metalen belast worden dan in de NTA-loze situatie.

Literatuur

1. Oliver, B. G. and Cosgrove, E. G. (1974). 'The efficiency of heavy metal removal by conventional activated sludge treatment plant'. Water Research 8, 869-874.
2. Hof, O. van 't (1982). 'Een literatuurstudie naar de verwijdering van nitrilotriazijnzuur in het actief-slibproces'. TH Delft, Laboratorium voor Gezondheidstechniek Rapport no.: 82-19.
3. Bjørndal, H. e.a. (1972). 'NTA in sewage treatment Part 3, biochemical stability of some metal chelates'. Vatten 28, 5-16.
4. Gudernatsch, H. (1970). 'Verhalten von Nitrilotriessigsäure im Klarprozess und im Abwasser'. GWf Wasser/Abwasser 111, 511-516.
5. Rossin, A. C. e.a. (1982). 'Removal of nitrilotriacetic acid during primary sedimentation and its effect on metal removal'. Environ. Pollut. (Series B) 4, 315-330.
6. Hof, O. van 't e.a. (1983). 'De verwijdering van Nitrilotriazijnzuur (NTA) in het actief-slibproces bij relatief lage slibbelasting'. H₂O (in druk).
7. Hof, O. van 't (1983). 'De verwijdering van Nitrilotriazijnzuur (NTA) in het actief-slibproces bij relatief hoge slibbelasting'. H₂O (in druk).
8. Haring, B. J. A. and Delft, W. v. (1977). 'Determination of nitrilotriacetic acid in water by derivative pulse polarography at a hanging mercury drop electrode'. Analytica Chimica Acta 94, 201-203.
9. Princeton Applied Research (1976). 'Differential pulse voltammetry of water and waste water'. Application brief W-1; AB W-1-12/76.
10. Thompson, J. E. and Duthie, J. R. (1968). 'The biodegradability of NTA'. J. Wat. Poll. Cont. Fed. 40, 306-319.
11. Swisher, R. D. e.a. (1967). 'Biodegradation of NTA in activated sludge'. Environ. Sci. Technol. 1, 820-827.
12. Wei, N. e.a. (1979). 'Impact of nitrilotriacetic acid (NTA) on activated sludge plant - a field study'. Agreement on great lakes water quality, project no. 71-3-3, Research report no.: 91. Ontario ministry of the environment, Toronto Canada.
13. Shannon, E. E. e.a. (1978). 'Activated sludge degradation of Nitrilotriacetic acid (NTA)-metal complexes'. EPS Report No. EPS 4-WP-78-5.
14. Jaziminski, K. B. und Wassiljew, W. P. (1963). 'Instabilitätskonstanten von Komplexverbindungen'. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften Berlin.
15. Veldkamp, R. G. (1977). 'De proefinstallatie voor zuivering van afvalwater van het laboratorium voor Gezondheidstechniek te Delft'. H₂O (10), 541-545 en 551.
16. Rijksinstituut voor zuivering afvalwater (1980). 'Literatuurstudie naar de invloed van fosfaatvervangende stoffen in wasmiddelen op het gedrag van zware metalen bij afvalwaterzuivering'. Nota nr.: 80.031.
17. Alink, A. en Duyvestein, R. C. M. (1983). 'De

bepalingsmethode van zware metalen in effluenten en actief slib van een zuiveringsinstallatie met behulp van atomaire absorptiespectrometrie'. Laboratorium voor Gezondheidstechniek TH Delft, rapport nr. 83-22.

18. NEN 3235. 'Methoden voor de analyse van afvalwater'. Nederlands Normalisatie Instituut, oktober 1978.

19. Rossin, A. C. e.a. (1982). 'The removal of nitrilotriacetic acid and its effect on metal removal during biological treatment: Part I - Adsorption and acclimation'. Environmental Pollution (Series A) 29, 271-302.

20. Rossin, A. C. e.a. (1983). 'The removal of nitrilotriacetic acid during biological treatment and its effect on metal removal: Part II - Under shock loading'. Environmental Pollution (Series A) 30, 1-26.

21. Obeng, L. A. e.a. (1982). 'The influence of transient temperature changes on the biodegradation of nitrilotriacetic acid in the activated sludge process'. Environmental Pollution (Series A) 28, 149-161.

Nota Koelwateronderzoek

Verschenen is de nota 'Overzicht van hydrobiologisch koelwateronderzoek in Nederland' (nr. WH 83.13), samengesteld door de Commissie Koelwater Normen (CKN) op verzoek van de Algemene Beraadsgroep Koelwater die op nationaal niveau het koelwateroverleg, dat in diverse commissies en werkgroepen plaatsvindt, coördineert.

De CKN kan worden beschouwd als het centrale orgaan, waardoor een ieder de mogelijkheid heeft ter zake dienende onderzoeksresultaten in te brengen en rekening te houden met resultaten welke elders zijn verkregen.

De CKN had in 1977 het voornemen om jaarlijks een aan de nieuwste ontwikkelingen aangepaste nota koelwateronderzoek te vervaardigen. Mede gelet op de ontwikkelingen op het gebied van koelwater en koelwateronderzoek kon na 1978 een jaarlijkse uitgave niet meer worden gerechtvaardigd.

De nota behandelt het koelwateronderzoek vanaf medio 1978 tot en met juni 1983.

Helaas moet worden geconstateerd dat van de in de nota genoemde onderzoeken niet alle (tussentijdse) resultaten tijdig aan het secretariaat zijn toegezonden. In het bijzonder de medewerking van het Rijksinstituut voor Visserij Onderzoek (RIVO) en het Rijksinstituut voor Zuivering van Afvalwater (RIZA) is debet aan de onvolledigheid van de nota, aldus de secretaris van de CKN.