

**Nitrifikationshæmningstest ved brug af ISO
9509 – Del 1**

Referencelaboratoriet

Agern Allé 11
2970 Hørsholm

Tel: 4516 9200
Fax: 4516 9292
E-mail: mwn@dhi.dk
Web: www.dhi.dk

Miljøstyrelsen

Nitrifikationshæmningstest ved brug af ISO 9509 – Del 1

Referencelaboratoriet

**Rapport
Februar 2003**

Projektleder: Margrethe Winther-Nielsen
Projektmedarbejdere: Kirsten Stuckert
Connie Seierø

Sagsnr.: 50954
Dato: 2003.02.10/TKH

Indholdsfortegnelse

1.	Indledning.....	3
2.	Hyppigt anvendte modifikationer af ISO 9509	5
3.	Gennemførte undersøgelser	6
4.	Databehandling.....	8
5.	Resultater og diskussion	8
5.1	Medium	8
5.2	Iltkoncentration.....	9
5.3	Ammonium/ammoniakkoncentration.....	11
5.4	Prøveopbevaring og optøningsprocedure	13
5.5	Referencestof	14
6.	Sammenfattende konklusion	16
7.	Referencer.....	17
Bilag 1	Testresultater fra forsøg med medium	19
Bilag 2	Testresultater fra forsøg med høj og lav iltkoncentration	23
Bilag 3	Testresultater fra forsøg med ammonium/ammoniak	38
Bilag 4	Testresultater fra forsøg med referencestoffer	56
Bilag 5	Notat vedrørende oxygenkoncentration i test samt referencestoffer	74

1. Indledning

Undersøgelse af kemikaliers og spildevands effekt på nitrifikationen i aktivt slam på danske laboratorier foretages generelt ved anvendelse af to metoder:

- ISO 9509 /1/
- MINNTOX (Screeningsmetode) /2, 3/

ISO 9509 har været anvendt siden 1989 som den eneste standardiserede metode på området. Testen udføres i åbne 500 milliliters beholdere og med en testblanding på 250 ml. MINNTOX og modifikationer af denne har været anvendt fra begyndelsen af 90'erne. Metoden følger princippet i ISO 9509, men udføres i mindre volumener på ca. 10 ml og i lukkede testglas. Udførelsen i lukkede glas gør metoden egnet til test af flygtige stoffer i modsætning til ISO 9509.

Under anvendelsen af ISO 9509 er der blevet identificeret en række svagheder, som har medført, at nogle laboratorier har udarbejdet deres egen modificerede version af metoden. Der foreligger ikke en fælles national metode, men metoden anvendes i forskellige udgaver på de danske laboratorier. Dette kan i værste fald betyde, at en test af den samme spildevandsprøve på forskellige laboratorier kan give væsentligt forskellige resultater. MINNTOX-metoden findes ligeledes i forskellige udgaver.

Et af hovedkritikpunkterne til ISO 9509 er det relativt lave krav til iltkoncentration på 2 mg O₂/l. Ved denne koncentration vil der være risiko for, at nitrifikationen er betydeligt hæmmet. For at undgå hæmning på grund af oxygenbegrænsning er det derfor blevet anbefalet at anvende en iltkoncentration på mellem 4 og 6 mg O₂/l /3, 4/.

Et andet forhold, der har været påpeget som kritisk, er ammonium/ammoniakkoncentrationen. Ammonium/ammoniak er set at kunne hæmme nitrifikation ved koncentrationer over 100 mg N/l i en test udført ved pH ca. 7,5 /3/. I ISO 9509 anvendes et testmedium, der øger ammonium/ammoniakkoncentration med 56 mg N/l i den færdige testblanding. ISO 9509 omtaler ikke risikoen for hæmning forårsaget af ammonium/ammoniak. Da det ikke er usædvanligt, at spildevandsprøver indeholder kvælstof i form af ammonium/ammoniak, er der ved test af spildevandsprøver risiko for hæmning forårsaget af ammonium/ammoniak. Det er derfor blevet anbefalet at kontrollere ammonium/ammoniakinholdet i en spildevandsprøve før test og tilpasse koncentrationen af ammonium/ammoniak i testmediet således, at den samlede koncentration ikke overstiger 100 mg N/l /3/.

Miljøstyrelsens Referencelaboratorium rejste dernæst i 1998 en kritik af ISO 9509s manglende angivelse af krav til temperatur- og pH-variationen under et testforløb. Det er kendt fra litteraturen, at både temperaturen og pH har effekt på nitrifikationen. På grundlag af undersøgelser udført af Referencelaboratoriet blev det anbefalet at fastholde en temperatur i testglasset på $\pm 1^{\circ}\text{C}$ og pH på $8,0 \pm 0,5$ /5,6/. Det kan naturligvis fremføres, at et spildevands hæmmende effekt bør undersøges ved det aktive slams iboende pH, som ofte vil være omkring 7,5. Den tidligere undersøgelse af pH's effekt på nitrifikationshastigheden viste, at et fald i pH fra ca. 7,5 til lidt under 7 resulterede i en reduktion af hastigheden på ca. 20%. Hastigheden faldt yderligere med faldende pH under pH 7. Det blev den gang vurderet, at gevinsten ved at teste tæt på slammets

iboende pH ikke opvejede risikoen for betragtelige variationer i nitrifikationshastigheden som funktion af pH-varianter i det lidt lavere pH-område under 7,5. Erfaringsmæssigt kan pH i de fleste tilfælde godt holdes stabil inden for $\pm 0,2$ ved test med modificeret MINNTOX. Ved test med modificeret ISO 9509 ligger pH imidlertid ofte mellem 8 og 9, og variationen for pH mellem testglas er større end i MINNTOX.

Andre kritisable forhold ved ISO 9509 er:

- Metoden foreskriver kun enkeltbestemmelser.
- Referenceinhibitoren allylthiourea (ATU) anvendes i en koncentration på 11,6 mg/l, der hæmmer nitrifikation 100%. ATU har derfor reelt ikke samme funktion som referencestof i andre toksicitetstest, hvor referencestoffet anvendes til at vurdere om effekten på testorganismen ligger på et forventet niveau f.eks. mellem 30 og 60%.
- Metoden nævner, at der skal være tilstrækkelig ammonium/ammoniak tilbage efter testperioden for at sikre, at ammonium/ammoniak ikke har været begrænsende for nitrifikationen. Der er imidlertid hverken angivet en minimumskoncentration eller stillet krav om en dokumentation af, at ammonium/ammoniak ikke har været begrænsende.
- Nitrifikationshæmningen beregnes på basis af de målte kvælstofkoncentrationer i form af enten ammonium/ammoniak eller nitrit- og nitratkoncentrationer i test- og kontrolblandingerne efter 4 timer ved at subtrahere koncentrationen af de tilsvarende komponenter i beholderen med ATU. Der er ikke krav om at korrigere for en eventuel variation i slamkoncentrationen mellem de enkelte glas, eller en bemærkning, der gør opmærksom på, at det er af afgørende betydning for testresultatet, at slamindholdet ikke varierer signifikant.

Nitrifikationshæmningstest anvendes i forbindelse med vurdering af industrispildevands toksicitet over for de biologiske processer på kommunale renseanlæg og som en reguleringsparameter /4/. Viser test af en spildevandsprøve, at en virksomhed udleder nitrifikationshæmmende stoffer i et uacceptabelt omfang, jf. kriterierne i Miljøstyrelsens Vejledning nr. 6 fra 1994, kan myndighederne gribe ind over for virksomhedens udledning /4/. Det er derfor af afgørende betydning, at resultaterne af en nitrifikationshæmningstest er pålidelige.

Miljøstyrelsens Referencelaboratorium iværksatte i efteråret 2000 en vurdering af de identificerede svagheder i ISO 9509. Formålet var at etablere et grundlag for udarbejdelse af en revideret udgave af ISO 9509, som primært er tænkt til brug for danske miljølaboratorier for at sikre anvendelse af en ensartet testprocedure.

2. Hyppigt anvendte modifikationer af ISO 9509

Miljøstyrelsens Referencelaboratorium har rutinemæssigt undersøgt spildevandsprøvers nitrifikationshæmmende effekt på aktivt slam efter princippet i ISO 9509 /1/ med følgende modifikationer:

- Spildevandsprøvens $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ -indhold kontrolleres umiddelbart før testen. Det sikres, at $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ -indholdet i en test ikke overstiger koncentrationer, der virker hæmmende for nitrifikation, dvs. $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ -N-koncentrationen skal være $\leq 100 \text{ mg N/l}$.
- Mediet, der anvendes i testen, fremstilles sædvanligvis af postevand med en høj alkalinitet (ca. 6 milliækvivalenter (meq) pr. liter), hvori der opløses 65,5 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ pr. liter vand. Ved test af spildevand med lav alkalinitet tilsættes NaHCO_3 til mediet. Dette medium tilsættes hvert testglas i et volumen, der medfører et totalindhold af $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$ -N på 27-30 mg/l.
- Spildevandsprøvens eller testopløsningens pH kontrolleres. Der foretages eventuelt en justering af pH til ca. 7,5-8,0 ved tildrypning af syre (saltsyre eller svovlsyre) eller base (natriumhydroxidopløsning).
- Der udtages prøver efter 10, 90 og 180 minutter til bestemmelse af den dannede mængde $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ -N, og nitrifikationshastigheden bestemmes ud fra disse data ved brug af lineær regression. Hastigheden angives som mg $\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$ -N dannet pr. g suspenderet stof pr. time.
- Det kontrolleres, at nitrifikationshastigheden i kontrolglas uden tilsætning af spildevand ikke er aftaget i løbet af testperioden. Dette kan forekomme, hvis ammonium/ammoniakkoncentrationen har været begrænsende for nitrifikationen. Eventuelt kontrolleres det ved kemisk analyse, at ammonium/ammoniakkoncentrationen ved testens afslutning er højere end 4 mg N/l. Hvis dette ikke er tilfældet, kasseres testresultatet, og testen gentages.
- Under testen bliver testopløsningen beluftet via luftsten eller pipette placeret i testglassets bund for at sikre en iltmætning på 6-8 mg O_2/l .
- Temperaturen og pH måles i hvert testglas og noteres.
- Der udtages mindst to prøver fra hvert testglas i sidste halvdel af testperioden til bestemmelse af suspenderet stof (SS) efter DS 207 /7/.
- Testen udføres med dobbeltbestemmelser.
- Hæmningsprocenten beregnes ud fra nitrifikationshastighederne i kontrolglas (N_K) og testglas med spildevandsprøve (N_P):

$$\% \text{hæmning} = \frac{N_K - N_P}{N_K} \times 100$$

Nogle af ovenstående modifikationer er blevet præsenteret på kurser afholdt af DHI - Institut for Vand og Miljø (tidligere VKI) for danske miljølaboratorier midt i 90'erne og anbefalet i Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 6 /4/. Der foreligger imidlertid ikke viden om, i hvor stort omfang disse modifikationer efterfølgende er blevet introduceret eller anvendt rutinemæssigt på laboratorierne.

Ved anvendelse af det modificerede medium er der blevet observeret vanskeligheder med at holde pH under 9 ved test af spildevand med lav alkalinitet. Når alkaliniteten i disse tilfælde blev øget ved tilsætning af NaHCO_3 , steg pH gradvist hen igennem testperioden. Det samme er konstateret på laboratorier, der anvender postevand med lav alkalinitet, og hvor der er benyttet et medium med den foreslåede koncentration af $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ suppleret med NaHCO_3 til 6 meq/l.

3. Gennemførte undersøgelser

Med udgangspunkt i de ovennævnte, kritiske forhold for ISO 9509 og de hidtidige erfaringer med testmetoden og modifikationer heraf blev der gennemført en række afklarende undersøgelser. Samtlige undersøgelser blev udført med de modifikationer, som er angivet i afsnit 2 med mindre andet er specificeret i de efterfølgende metodebeskrivelser. Kemiske analyser af nitrit- og nitratkvælstof blev udført efter DS 223 /8/.

1. *Medium*

Mediesammensætningens betydning blev undersøgt i et parallelforsøg og med anvendelse af aktivt slam fra Nivå Renseanlæg. Nitrifikationshastigheden blev bestemt i kontrolglas, hvor der var tilsat henholdsvis ISO 9509-medium og det modificerede medium af postevand og $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, som er nævnt i afsnit 2. Kontrolglassene blev fremstillet i duplikater. I begge forsøgsserier blev der endvidere fremstillet et glas med 11,6 mg ATU/l. Der blev udtaget prøver fra hvert glas efter 10, 90, 180 og 240 minutters nitrifikation til bestemmelse af nitrit+nitratkoncentration. Produktionen af nitrit/nitrat blev beregnet i henhold til princippet i ISO 9509, hvor [nitrit+nitratproduktionen efter 4 timer] = [nitrit+nitratkoncentrationen i et kontrol-/testglas efter 4 timer] - [nitrit+nitratkoncentrationen i glas med ATU efter 4 timer]. Nitrifikationshastigheden udtrykt som $\text{mg NO}_2^- + \text{NO}_3^- \text{-N/g SS/time}$ blev endvidere bestemt i hvert glas, jf. beskrivelsen i afsnit 2. Nitrifikationshastigheden blev beregnet på basis af såvel data fra de første 3 timer og data fra samtlige 4 timer. Forskellen i nitrit+nitratproduktionen og nitrifikationshastigheden i kontrolglas med og uden ISO-medium blev udtrykt i procent af henholdsvis nitrit+nitratproduktion og nitrifikationshastigheden i kontrolglas med ISO-medium.

2. *Iltkoncentration*

Iltkoncentrationens effekt på resultatet af en nitrifikationshæmningstest blev undersøgt i et parallelforsøg med et nitrifikationshæmmende, let omsætteligt stof og ved anvendelse af ISO-medium. I undersøgelsen blev anvendt aktivt slam fra

Usserød Renseanlæg. Der blev fremstillet to serier af testbeholdere (duplikater), som hver omfattede kontroller, ATU (enkeltbestemmelse) og tre testkoncentrationer af metanol (100, 250 og 500 mg/l). De to serier blev beluftet under hele testen ved tilledning af atmosfærisk luft, således at der i den ene serie var en iltkoncentration på ca. 7-8 mg O₂/l (høj iltkoncentration) og i den anden serie en iltkoncentration på ca. 2-4 mg O₂/l (lav iltkoncentration). Der blev udtaget prøver fra hvert glas efter 10, 180 og 240 minutters nitrifikation til bestemmelse af nitrit+nitratkoncentrationen i denne og de efterfølgende undersøgelser (pkt. 3 og 5). COD-koncentrationen blev endvidere målt i de filtrerede prøver udtaget efter 10 og 240 minutter fra kontrolbeholdere og beholdere med 500 mg metanol/l.

3. *Ammonium/ammoniakkoncentration*

DHI - Institut for Vand og Miljø har tidligere gennemført en enkelt undersøgelse af ammonium/ammoniakkoncentrationens hæmmende effekt på nitrifikationen i aktivt slam. Ved denne undersøgelse, der blev udført med en modificeret udgave af MINNTOX, blev der fundet en begyndende hæmningseffekt ved 100 mg NH₄⁺/NH₃-N/l /3/. Med det formål at verificere det tidligere enkeltstående undersøgelsesresultat blev NH₄⁺/NH₃-koncentrationens effekt undersøgt ved test med aktivt slam fra to forskellige renseanlæg: Renseanlæg Lynetten og Nivå Renseanlæg. Der blev anvendt ISO-medium i testen. NH₄⁺/NH₃-N blev derudover tilsat testbeholderne i form af NH₄HCO₃ i følgende koncentrationer: 100; 300; 1.000; 3.000 og 10.000 NH₄⁺/NH₃-N-mg/l. NH₄⁺/NH₃-N-koncentrationen blev analyseret ved forsøgets afslutning ved brug af Dr. Lange testkit.

4. *Prøveopbevaring og optøningsprocedure*

Prøver, der udtages fra testbeholdere under en nitrifikationshæmningstest, filtreres straks på et nitrogenfrit papirfilter. Filtringstiden begrænses normalt til ca. 5 minutter for at undgå, at der sker yderligere biologisk kvælstofomsætning enten i form af nitrifikation eller denitrifikation. Hvis prøverne ønskes analyseret umiddelbart efter prøvetagning, placeres reagensglas med de opsamlede filtrater i isvand og opbevares nedkølet ved ca. 0°C indtil analysering. Filtrater, der ikke analyseres samme dag, fryses straks og optøs eventuelt i lunkent vand den dag, de skal analyseres.

For at vurdere betydningen af prøveopbevaring, dvs. filtratopbevaring, og optøningsprocedure på resultatet af nitrit/nitratanalysen, blev der gennemført et opbevarings- og optøningsforsøg i tilknytning til ammonium/ammoniakundersøgelsen (punkt 3). Tolv af de prøver, der var blevet udtaget i løbet af denne undersøgelse, indgik i forsøget. Prøverne blev udtaget efter 10, 180 og 240 minutters nitrifikation fra følgende fire beholdere: to kontrolbeholdere, en beholder med 300 mg NH₄⁺/NH₃-N/l og en beholder med 3.000 mg NH₄⁺/NH₃-N/l. Efter filtrering af en prøve blev den delt i flere delmængder, som derefter blev opbevaret og behandlet forskelligt før gennemførelse af nitrit/nitratanalyse. Opbevarings-/optøningsforsøget omfattede:

- **Friske prøver.** De filtrerede prøver blev placeret i isbad og analyseret umiddelbart efter afslutning af prøveudtagning og filtrering.
- **1 uge i fryser og langsom optøning.** De filtrerede prøver blev frosset og opbevaret ved ca. -20°C i 7 dage. Prøverne blev sat til optøning i køleskab aftenen før analyse.

- **1 uge i fryser og optøning i lunkent vand (25-30°C).** De filtrerede prøver blev frosset og opbevaret ved ca. -20°C i 7 dage. Prøverne blev optøet ved placering i 25-30°C varmt vand på selve analysedagen.
- **3 uger i fryser og optøning i lunkent vand (25-30°C).** De filtrerede prøver blev frosset og opbevaret ved ca. -20°C i 21 dage. Prøverne blev optøet ved placering i 25-30°C varmt vand på selve analysedagen.

5. *Referencestof*

Der blev gennemført en undersøgelse af ATUs og 3,5-dichlorphenols (3,5-DCP) hæmmende effekt på nitrifikationen i aktivt slam fra Nivå Renseanlæg. Formålet var at etablere et grundlag for en eventuel fremtidig anvendelse af disse stoffer som referencestoffer i nitrifikationshæmningstest. ATU blev testet i følgende koncentrationer: 0,1; 0,2; 0,5; 0,8 og 1,2 mg/l. 3,5-DCP blev testet i følgende koncentrationer: 1; 2; 5; 10 og 20 mg/l. Der blev anvendt ISO-medium i testen.

4. Databehandling

Nitrifikationshastigheden i de enkelte testbeholdere blev generelt bestemt som $\text{mg NO}_2^- + \text{NO}_3^- \text{-N-dannelsen pr. time}$ relateret til den tilsatte mængde suspenderet slamtørstof ($\text{mg NO}_2^- + \text{NO}_3^- \text{-N/g SS/time}$). Beregningerne blev udført ved brug af lineær regression. Se i øvrigt bemærkninger i afsnit 3. Den observerede hæmning af nitrifikationen i testbeholdere med teststof blev herefter angivet i procent af nitrifikationshastigheden i kontrollerne. Ved test af et stof i flere koncentrationer blev der endvidere foretaget en estimering af de testkoncentrationer, der medførte 10 (EC10), 50 (EC50) og 90% (EC90) hæmning ved hjælp af computerprogrammet TOXEDO /8/.

5. Resultater og diskussion

5.1 Medium

Testresultaterne fremgår af bilag 1 og tabel 5.1.

Tabel 5.1 Slamkoncentration, nitrit+nitratkoncentration, nitrifikationshastighed og hæmningseffekter for test med ISO-medium og DHI - Institut for Vand og Miljø modificerede ISO-medium

Medium	Testbeholder	Slamkoncentration	Nitrit/nitrat-konc.	Nitrifikationshastighed		Hæmning		
			4 timer	3 timer	4 timer			
		(gSS l ⁻¹)	(mg N/l)	(mgN gSS ⁻¹ t ⁻¹)		(%)		
			(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
ISO 9509	Kontrol	1,63	18,7	2,86	2,86	0	0	0
	Kontrol	1,65	18,7	2,83	2,83			
	ATU	1,65	0,1		0,00			100
DHI-mod.	Kontrol	1,71	20,4	2,85	2,90	-7	-1	-3
	Kontrol	1,72	20,8	2,92	2,95			
	ATU	1,67	0,78		0,01			100

Resultaterne viser, at nitrit+nitratproduktionen er størst i testbeholdere med det modificerede medium (DHI-mod.). Dette resulterer i, at den beregnede hæmningseffekt, der blev relateret til hastigheden i kontroller med ISO-medium, er negativ. En stor del af denne forskel skyldes, at den aktive slamkoncentrationen var størst i beholdere med det modificerede medium. Korrigeres der for variationen i slammængden mellem de enkelte testbeholdere ved at basere hæmningseffekten på de beregnede nitrifikationshastigheder, ses forskellen at aftage. Der er imidlertid ingen af de fundne forskelle, der kan betegnes som væsentlige.

Temperaturen og pH blev kontrolleret 5 gange i løbet af testperioden (bilag 1). Temperaturen lå mellem 20,5 og 21,7°C. I kontrolbeholdere varierede pH mellem 7,9 og 8,4, mens pH var 8,1-8,7 i beholdere med ATU. De to forskellige medier gav ikke anledning til væsentlige forskelle i pH.

Ved udførelse af test i relation til regulering af kemikalier og spildevand anbefales det at anvende mediet i den standardiserede ISO 9509. Endvidere anbefales det at bestemme koncentrationen af suspenderet slamtørstof i hver enkelt testbeholder og beregne hæmningseffekter på basis af nitrifikationshastigheder.

5.2 Iltkoncentration

Testresultaterne fremgår af bilag 2 og tabellerne 5.2 til 5.4.

Tabel 5.2 Nitrifikationshastigheder bestemt i kontrolglas og testglas med metanol ved henholdsvis høj og lav iltkoncentration (ca. 8 og 3 mg O₂/l)

Karakteristika	Nitrifikationshastighed			
	(mgN gSS ⁻¹ t ⁻¹)			
	Høj iltkoncentration [ca. 8 mg/l]		Lav iltkoncentration [ca. 3 mg/l]	
Kontrol	3,1	3,0	3,1	2,8
100 mg metanol/l	2,6	2,8	2,5	2,5
250 mg metanol/l	2,2	2,4	1,9	1,8
500 mg metanol/l	1,8	1,8	0,8	0,7

Nitrifikationshastighederne i de to sæt kontroller er ikke signifikant forskellige. Udførelse af en t-test viste ingen signifikans på 95 % niveau mod ens middelværdier. De anvendte metanolkoncentrationer virkede hæmmende på nitrifikationen i begge forsøgsserier. For de to højeste metanolkoncentrationer var hæmningen dog markant større i glassene med den lave iltkoncentration. De estimerede EC10-værdier ses at være næsten identiske for de to serier. EC50-værdien for testserien med lav iltkoncentration ses derimod at ligge ca. en faktor 2 under EC50 for serien med den høje iltkoncentration.

Tabel 5.3 Estimerede effektkoncentrationer for metanol opnået ved test med henholdsvis høj og lav iltkoncentration

Iltniveau	EC10 (mg/l)	EC50 (mg/l)	EC90 (mg/l)
Højt ≈ 8 mg O ₂ /l	<100 (94)	>500	>500
Lavt ≈ 3 mg O ₂ /l	<100 (93)	302 [253-370]	>500

Det kan ikke udelukkes, at der i løbet af testperioden kan være sket en reduktion i testglassenes metanolkoncentration, og at denne reduktion var størst i glassene med høj iltkoncentration. Hvis det er tilfældet, kan årsagen til de markante forskelle på testresultaterne for glassene med 500 mg metanol/l være en forskel i metanolkoncentrationen og ikke en direkte effekt af iltkoncentrationen. For at kunne vurdere dette, blev COD-koncentrationen bestemt i filtrerede prøver udtaget efter 10 og 240 minutters nitrifikation fra testglas med 500 mg metanol/l samt kontrolglas. COD-koncentrationerne målt i kontrolglas blev anvendt som baggrundsværdier. Resultatet af COD-analyserne for testglassene med metanol ses i tabel 5.4. De viste COD-koncentrationer er korrigeret for COD-baggrund. De korrigerede COD-værdier blev anvendt som mål for prøvernes metanolindhold.

Tabel 5.4 COD-koncentrationer i filtrerede prøver udtaget fra testglas med 500 mg metanol/l efter baggrundskorrektion

Iltkoncentration	COD-koncentration i filtreret prøve (mg/l)		
	Prøvetidspunkt		Middelværdi
	10 min.	240 min.	
Lav (testglas 1)	679	459	569
Lav (testglas 2)	582	557	
Høj (testglas 1)	560	492	523
Høj (testglas 2)	578	464	

Dataene i tabel 5.4 viser, at der sker en mindre reduktion af COD-koncentrationen og dermed metanolkoncentrationen i løbet af testperioden i testglas med både lav og høj iltkoncentration. Den største reduktion blev fundet i et af glassene med lav iltkoncentration (Lav 1), imens beregningen af middelværdierne viser, at COD-koncentrationer i glassene med lav iltkoncentration i gennemsnit var størst. Forskellene vurderes imidlertid at være så små, at der ikke er belæg for at konkludere, at de er årsagen til, at nitrifikationshastigheden i glassene med lav iltkoncentration var ca. 60% lavere end i glassene med høj iltkoncentration.

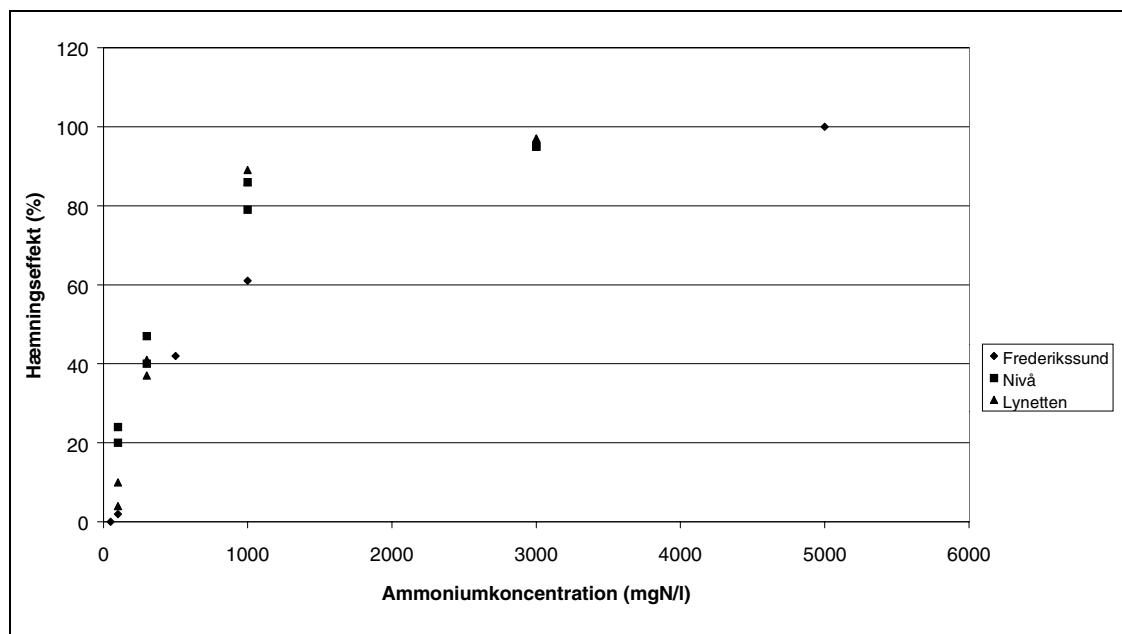
På grundlag af undersøgelsens resultater kan det sammenfattende konkluderes, at iltkoncentrationen og beluftsintensiteten i en nitrifikationshæmningstest kan have afgørende betydning for testresultatet. For at forbedre sammenligningsgrundlaget mellem laboratorier anbefales det at udføre nitrifikationstest i beholdere af ensartede dimensioner, anvende en defineret beluftsintensitet og belufte til iltmætning, dvs. 6-8 mg O₂/l.

En uddybning af iltkoncentrationens betydning er givet i bilag 5.

5.3 Ammonium/ammoniakkoncentration

Testresultaterne fremgår af bilag 3, figur 5.1 samt tabel 5.5.

Figur 5.1 viser hæmningskurverne for NH₄HCO₃ ved de gennemførte test med aktivt slam fra Nivå Renseanlæg og Renseanlæg Lynetten. I samme figur er endvidere vist de resultater, der tidligere er blevet fundet i en test med den modificerede MINNTOX. Denne test blev udført med slam fra Frederikssund Renseanlæg.



Figur 5.1 Ammonium/ammoniaks effekter på nitrifikationshastigheden i aktivt slam

Der er relativ god overensstemmelse mellem de tre sæt resultater i figur 5.1. Der blev dog generelt registreret lavere hæmningseffekter i den tidligere undersøgelse udført med MINNTOX på Frederikssundslam. Årsagerne hertil kan være flere. Slammets karakter kan variere, f.eks. kan NH_4^+ bindes til slammet i større eller mindre omfang /10/. Niveauet af pH kan endvidere spille en rolle. Det skal bemærkes, at pH i testen med modificerede ISO 9509 varierede mere, og lå i flere testglas en del over pH i det tidligere MINNTOX-forsøg. Det er det ikke-ioniserede NH_3 , der virker hæmmende på de nitrificerende bakterier. Da ligevægten $\text{NH}_3 + \text{H}^+ \leftrightarrow \text{NH}_4^+$ forskydes mod venstre med stigende pH, kan pH-forskellene i de to testsystemer være en sandsynlig årsag til de registrerede forskelle i hæmningseffekter.

De estimerede EC-værdier for undersøgelserne med slam fra Nivå og Lynetten (tabel 5.5) viser, at EC50-værdierne ligger på samme niveau for begge slamtyper. EC10-værdien for Nivå-slammet ses at være mindre end den laveste testkoncentration på 100 mg N/l og dermed lavere end EC10 bestemt i testen med slammet fra Lynetten, der er fundet at være 122 mg N/l.

Tabel 5.5 Estimerede effektkoncentrationer for NH_4^+ -N opnået ved test med aktivt slam fra Nivå Renseanlæg og Renseanlæg Lynetten

Slamkilde	EC10 (mg N/l)	EC50 (mg N/l)	EC90 (mg N/l)
Nivå Renseanlæg	<100	326 [276-388]	1.822 [1.322-2.854]
Renseanlæg Lynetten	122 [101-142]	384 [353-419]	1.210 [1.037-1.468]

Den gennemførte undersøgelse viser, at 100 mg $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3\text{-N/l}$ hæmmede nitrifikationen i Nivå-slammet med op til 24%, hvorimod hæmningseffekten på slammet fra Renseanlæg Lynetten var 4% og 10%. Undersøgelsens resultater indikerer dermed, at signifikant nitrifikationshæmning allerede kan forekomme ved en koncentration på 100 mg $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3\text{-N/l}$. Det anbefales fortsat at benytte 100 mg $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3\text{-N/l}$ som maksimumsgrænse for ammonium/ammoniakkoncentrationen, indtil der foreligger et større datagrundlag for forskellige slamtypers følsomhed over for ammonium/ammoniak. Det anbefales samtidigt at være opmærksom på, at der kan være et potentielt bidrag fra ammonium/ammoniak til en hæmningseffekt ved test af spildevandsprøver med et indhold af ammonium/ammoniak. For at vurdere effekten af ammonium/ammoniak kan der udføres en parallelundersøgelse med ammoniumbicarbonat som teststof.

5.4 Prøveopbevaring og optøningsprocedure

Resultaterne fra analyse af delprøver, der blev udsat for forskellige opbevarings- og optøningsprocedurer, er vist i tabel 5.6. Det fremgår heraf, at den delprøveserie, der blev optøet langsomt i køleskab, gav et væsentligt lavere analyseresultat end de tre øvrige delprøveserier. Under den lange optøningsprocedure er der tilsyneladende sket en omdannelse af det producerede nitrit/nitrat. Omdannelsen kan være sket via denitrifikation, hvor nitrit/nitrat omdannes biologisk til N_2 . Denitrifikation foregår under anoxiske forhold ved fravær af ilt. Da delprøverne blev optøet i lukkede beholdere uden iltforsyning er det muligt, at denitrifikation kan have fundet sted. Det er imidlertid usandsynligt, at de meget store reduktioner i nitrit/nitratreduktionen på op til ca. 8 mg N/l alene skyldes denitrifikation.

Analyseresultaterne fra de tre øvrige prøveserier viser, at der ikke er fundet systematiske forskelle på analyseresultaterne for disse serier. Variationskoefficienterne (= st.afv. · 100%/middelværdien) for de tre analyser på delmængder af den samme prøve varierer mellem 0,6% og 15%. De højeste variationskoefficienter er fundet ved de laveste nitrit+nitratkoncentrationer.

Tabel 5.6 Nitrit+nitratkoncentrationer i delprøver fra nitrifikationshæmningstest opbevaret/optøet under forskellige forhold

Karakteristika		Analysedato	Testtid i nitrifikationshæmningstest		
Prøvetype	Opbevaring/optøning		10 min.	180 min.	240 min.
			mg NO ₂ ⁻ +NO ₃ ⁻ -N/l		
Kontrol 1	Friske prøver	21.11.00	0,76	17,2	21,2
	1 uge i fryser & langsom optøning*	28.11.00	0,62	8,81	14,2
	1 uge i fryser & kort optøningstid	28.11.00	1,02	17,5	20,1
	3 uger i fryser & kort optøningstid	12.12.00	0,99	17,2	23,4
	Middelværdi og standardafvigelse		0,92±0,14	17,3±0,2	21,6±1,7
300 mg/l NH ₄ ⁺ -N	Friske prøver	21.11.00	0,81	11,4	14,3
	1 uge i fryser & langsom optøning*	28.11.00	0,80	7,00	7,88
	1 uge i fryser & kort optøningstid	28.11.00	0,97	11,8	14,6
	3 uger i fryser & kort optøningstid	12.12.00	0,95	11,0	13,5
	Middelværdi og standardafvigelse		0,91±0,09	11,4±0,4	14,1±0,6
3.000 mg/l NH ₄ ⁺ -N	Friske prøver	21.11.00	0,34	1,25	1,40
	1 uge i fryser & langsom optøning*	28.11.00	0,25	1,01	1,15
	1 uge i fryser & kort optøningstid	28.11.00	0,33	1,44	1,57
	3 uger i fryser & kort optøningstid	12.12.00	0,29	1,31	1,40
	Middelværdi og standardafvigelse		0,32±0,03	1,33±0,10	1,46±0,10
Kontrol 2	Friske prøver	21.11.00	0,86	17,6	21,1
	1 uge i fryser & langsom optøning*	28.11.00	0,72	9,22	15,8
	1 uge i fryser & kort optøningstid	28.11.00	1,12	17,8	23,6
	3 uger i fryser & kort optøningstid	12.12.00	1,07	17,6	23,0
	Middelværdi og standardafvigelse		1,02±0,14	17,7±0,1	22,6±1,3

*: Resultaterne fra denne serie indgår ikke i middelværdien

På basis af undersøgelsens resultater kan det konkluderes, at det ikke er tilrådeligt at stille prøver, der er udtaget under en nitrifikationshæmningstest, til langsom optøning. Det kan endvidere konkluderes, at det ikke er nødvendigt at analysere prøverne straks efter prøvetagning, men at det er muligt at analysere prøverne efter opbevaring i fryser i mindst 3 uger. Prøverne bør optøes ved rumtemperatur eller eventuelt i koldt eller lunkent vand så kort tid som muligt før analyse. Prøverne opbevares nedkølet indtil analyse, hvorefter de kasseres. Dvs. en optøet prøve kan ikke fryses igen med henblik på en eventuel gentagelse af analysen.

5.5 Referencestof

Testresultaterne fremgår af bilag 4 samt tabel 5.7. Resultaterne viser en EC50-værdi på 0,41 mg/l og <1 mg/l for henholdsvis ATU og 3,5-DCP.

Tabel 5.7 Estimerede effektkoncentrationer for test af allylthiourinstof (ATU) og 3,5-dichlorphenol (3,5-DCP) med aktivt slam fra Nivå Renseanlæg

Teststof	EC10 (mg/l)	EC50 (mg/l)	EC90 (mg/l)
ATU	0,11 [0,10-0,11]	0,41 [0,40-0,42]	1,2
3,5-DCP	<1	<1	5,6 [4,6-7,3]

Tidligere test af ATU's effekt på nitrifikation i aktivt slam fra Renseanlæg Lynetten har givet EC50-værdier på 0,4 mg/l, hvilket stemmer godt overens med resultatet af den foreliggende test med aktivt slam fra Nivå Renseanlæg. Referencelaboratoriet har dernæst igennem en periode som rutine gennemført test af ATU i en koncentration på 0,3 mg/l ved udførelse af nitrifikationshæmningstest. Der er i alt indsamlet 17 effektdata ved test udført med aktivt slam fra 9 forskellige renseanlæg. Dataene viser, at hæmningseffekten for 0,3 mg ATU/l varierede fra 12-40% i de gennemførte test, som både omfattede test efter modificeret MINNTOX og modificeret ISO 9509. Ved anvendelse af den fundne hæmningskurve for ATU (bilag 4) kan aflæses at 0,3 mg ATU/l ville have medført en hæmningseffekt på ca. 40% i den aktuelle test. Denne hæmningseffekt ligger således inden for det interval, som er set i de tidligere hæmningstest udført af Referencelaboratoriet.

Resultaterne fra testbeholdere med 11,6 g ATU/l (bilag 2) som svarer til "referencen" i ISO 9509 viser, at nitrifikationen var fuldstændigt hæmmet ved denne testkoncentration.

Der er kun fundet en enkelt EC50-værdi i litteraturen på 3,0 mg/l for 3,5-DCP, som stammer fra test med en renkultur af en *Nitrosomonas sp* /11/. Den gennemførte test med aktivt slam viser, at nitrifikationen i slammet fra Nivå Renseanlæg var væsentligt mere følsomt (dvs. lavere EC50) over for 3,5-DCP end den testede renkultur.

På grundlag af den gennemførte test med ATU og erfaringerne fra tidligere test af en ATU-koncentration på 0,3 mg/l kan det konkluderes, at effekten af ATU varierer fra en slamtype til en anden. Samtidig viser erfaringerne imidlertid, at effekten for de test, der er udført hidtil med en konstant ATU-koncentration, ligger inden for et afgrænset interval. Det kan endelige konkluderes, at der indtil videre kun er meget få erfaringer med 3,5-DCP's effekt på nitrifikation i aktivt slam. Det forhold, at et stofs eller spildevands effekt varierer ved test med forskellige slamtyper og også forskellige batch af den samme slamtype, er kendt fra tidligere undersøgelser /12/. Det er dog også i disse undersøgelser konstateret, at de målte effekter ofte ligger inden for tilsvarende afgrænsede intervaller.

Det anbefales, at der efter udarbejdelse af et tillæg til ISO 9509 med modifikationer til standardtesten udføres en metodeafprøvning på danske miljølaboratorier, som bl.a. omfatter test med ATU og 3,5-DCP. For at få et tilstrækkeligt grundlag for fastlæggelse af et validitetskriterium, dvs. et interval for en EC50-værdi for ATU eller 3,5 DCP, bør stofferne testes på samtlige deltagende laboratorier med:

- en delmængde af den samme slamprøve fra et specifikt renseanlæg

- med slam fra forskellige renseanlæg.

Bilag 5 indeholder et notat om referencestofferne effekt på nitrificerende bakterier.

6. Sammenfattende konklusion

Den standardiserede nitrifikationshæmningstest ISO 9509 er kritisabel på en række punkter. Der er derfor gennem årene introduceret flere modifikationer, som har ført til uvished om, om det er den samme version, der anvendes ved test på forskellige danske miljølaboratorier. Nitrifikationshæmningstest anvendes bl.a. til regulering af spildevandstilslutning til kommunale renseanlæg. Brug af forskellige versioner af testmetoden kan i værste fald medføre, at resultatet af en test vil være afhængig af det udførende laboratorium. Med det formål at etablere et grundlag for udarbejdelse af et nationalt tillæg med modifikationer til ISO 9509 blev der i efteråret 2000 gennemført en række undersøgelser på Miljøstyrelsens Referencelaboratorium.

De gennemførte undersøgelser omfattede:

- Parallelttest med ISO-medium og et modificeret ISO-medium.
- Parallelttest af et let omsætteligt stof (metanol) ved to forskellige ilt-niveauer - et højt niveau på ca. 8 mg O₂/l og et lavere niveau på ca. 3 mg O₂/l.
- Test af ammonium/ammoniakkoncentrationens effekt på nitrifikationen i aktivt slam fra to forskellige renseanlæg.
- Betydningen af prøveopbevaring og optøningsprocedure for nitrit/nitratindholdet.
- Test af allylthiourinstof og 3,5-dichlorphenol med henblik på at anvende disse stoffer som referencestoffer i nitrifikationshæmningstest.

På grundlag af resultaterne fra test med de to forskellige medier og tidligere erfaringer med brug af modificeret ISO-medium anbefales det fremover at anvende mediet fra ISO 9509. Koncentrationen af suspenderet slamtørstof bør endvidere bestemmes i hver enkelt testbeholder og hæmningseffekterne beregnes ud fra nitrifikationshastigheder.

Test af metanol ved forskellige iltkoncentrationer i testglas viste, at iltkoncentrationen og beluftsintensiteten kan have afgørende betydning for testresultatet. For at forbedre sammenligningsgrundlaget mellem laboratorier anbefales det at udføre nitrifikationstest i beholdere af ensartede dimensioner, anvende en defineret beluftsintensitet og belufte til iltmætning, dvs. ca. 6-8 mg O₂/l.

100 mg NH₄⁺/NH₃-N/l er tidligere blevet anvendt som maksimumsgrænse for NH₄⁺/NH₃-koncentrationen i nitrifikationshæmningstest. I en af de undersøgte slamtyper blev dog fundet en hæmningseffekt på op til 24% ved 100 mg NH₄⁺/NH₃-N/l. Det anbefales fortsat at benytte 100 mg NH₄⁺/NH₃-N/l som maksimumsgrænse for ammonium/ammoniakkoncentrationen, indtil der foreligger et bedre datagrundlag for forskellige slamtypers følsomhed over for ammonium/ammoniak.

Undersøgelsen af forskellige opbevarings- og optøningsforhold af prøver udtaget under testforløbet for analyse af nitrit/nitrat viste, at prøver, der har været frosne, kan optøs i lunkent vand (25-30°C). Optøningstiden skal være så kort som mulig, og prøverne skal

opbevares nedkølet indtil udførelse af analysen. Det kan endvidere konkluderes, at det ikke er nødvendigt at analysere prøverne straks efter prøvetagning, men at det er muligt at analysere prøverne efter opbevaring i fryser i op til mindst 3 uger. Prøver, der har været optøet, må ikke genfryses med henblik på senere analyse.

På grundlag af den gennemførte test med ATU og erfaringerne fra tidligere test af en ATU-koncentration på 0,3 mg/l kan det konkluderes, at effekten af ATU varierer fra en slamtype til en anden. Samtidig viser erfaringerne imidlertid, at effekten for de test, der er udført hidtil med en konstant ATU-koncentration ligger inden for et afgrænset interval på 12-40%. Det kan endelige konkluderes, at der indtil videre kun er meget få erfaringer med 3,5-DCP's effekt på nitrifikation i aktivt slam.

Det anbefales, at der udføres en metodeafprøvning på danske miljølaboratorier, som bl.a. omfatter test med ATU og 3,5-DCP. For at få et tilstrækkeligt grundlag for fastlæggelse af et validitetskriterium, dvs. et interval for en EC50-værdi for ATU eller 3,5-DCP, bør stofferne testes på samtlige deltagende laboratorier med:

- en delmængde af den samme slamprøve fra et specifikt renseanlæg
- med slam fra forskellige renseanlæg.

7. Referencer

- /1/ DS/EN ISO 9509 (1996): Vandundersøgelse. Nitrifikationshæmning for kemikalier og spildevand. Bestemmelse med aktiveret slam [Water quality - Method for assessing the inhibition of nitrification of activated sludge micro-organisms by chemicals and waste water.
- /2/ Arvin, E, S. Dyreborg, C. Menck & J. Olsen (1994): A mini-nitrification test for toxicity screening, *MINNTOX. Water Res.* 28(9):2929-2931.
- /3/ Naturvårdsverket (1995): Screeningsmetod för bestämning av nitrifikationshämning vid drift av kommunala avloppsreningsverk. SKARV-projektet. Naturvårdsverkets rapport 4424. April 1995.
- /4/ Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 6 (1994): Tilslutning af industrispildevand til kommunale spildevandsanlæg. Miljø. og Energiministeriet Miljøstyrelsen.
- /5/ Winther-Nielsen, M (1999). Mikrobielle hæmningstest til undersøgelse af spildevandseffekter på renseanlægsprocesser. dansk kemi, 80, nr.1
- /6/ REFLAB (1998): Nitrifikationshæmningstest. *Nyt fra REFLAB* 1998/2
- /7/ DS 207 (1985): Vandundersøgelse. Suspenderet stof og gløderest.
- /8/ DS 223 (1975): Vandundersøgelse. Bestemmelse af summen af nitrit- og nitratnitrogen.

- /9/ VKI (1999): TOXEDO, version 1.5. Program for statistical estimations of EC values, based on experimental data from ecotoxicological assays.
- /10/ Nielsen P.H. (1996): Adsorption of ammonium to activated sludge. *Wat. Res.* 30(3):762-764.
- /11/ Blum, D.J.W. & R.E. Speece (1991): A database of chemical toxicity to environmental bacteria and its use in interspecies comparisons and correlations. *Res. Jour. WPCF*, 63(3):198-207.
- /12/ Winther-Nielsen, M. & J. la Cour Jansen (1996): The role of the sludge in nitrification inhibition tests. *Wat. Sci. Tech.* 33(6):93-100

Bilag 1 Testresultater fra forsøg med medium

Sagsnummer : 50954/01/013
 Forsøg udført : 20001031
 Identifikation : KONTROL
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 1

SS : 1.63 g/l
 VSS : -
 pH : 8.2
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.80 A	-	-
90.0	-	7.02 A	-	-
180.0	-	14.00 A	-	-
240.0	-	18.70 A	-	-

Regressionsanalyse				Hast.	Norm.Hast.	No
Mærke	a	b	r ²	mgN/gSS*h	mgN/gVSS*h	

NO2+NO3-N						
A	0.02	0.08	1.00	2.86	-	4

Sagsnummer : 50954/01/013
 Forsøg udført : 20001031
 Identifikation : KONTROL
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 2

SS : 1.65 g/l
 VSS : -
 pH : 8.2
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.79 A	-	-
90.0	-	7.00 A	-	-
180.0	-	14.00 A	-	-
240.0	-	18.70 A	-	-

Regressionsanalyse				Hast.	Norm.Hast.	No
Mærke	a	b	r ²	mgN/gSS*h	mgN/gVSS*h	

NO2+NO3-N						
A	0.00	0.08	1.00	2.83	-	4

Sagsnummer : 50954/01/013
 Forsøg udført : 20001031
 Identifikation : ATU
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 3
 12 g/l

SS : 1.65 g/l
 VSS : -
 pH : 8.7
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.10 A	-	-
240.0	-	0.10 A	-	-

Regressionsanalyse							
Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No	
NO2+NO3-N							
A	0.10	0.00	-	0.00	-	2	

Sagsnummer : 50954/01/013
 Forsøg udført : 20001031
 Identifikation : KONTROL
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : DHI-mod. ISO hanevand + ammonium
 Karakteristika : Kolbe 4

SS : 1.71 g/l
 VSS : -
 pH : 8.2
 Te : 20.7°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	1.39 A	-	-
90.0	-	7.72 A	-	-
180.0	-	15.20 A	-	-
240.0	-	20.40 A	-	-

Regressionsanalyse							
Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No	
NO2+NO3-N							
A	0.44	0.08	1.00	2.90	-	4	

Sagsnummer : 50954/01/013
 Forsøg udført : 20001031
 Identifikation : KONTROL
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : DHI-mod. ISO hanevand + ammonium
 Karakteristika : Kolbe 5

SS : 1.72 g/l
 VSS : -
 pH : 8.1
 Te : 20.9°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	1.37 A	-	-
90.0	-	7.91 A	-	-
180.0	-	15.60 A	-	-
240.0	-	20.80 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.43	0.08	1.00	2.95	-	4

Sagsnummer : 50954/01/013
 Forsøg udført : 20001031
 Identifikation : ATU
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : DHI-mod. ISO hanevand + ammonium
 Karakteristika : Kolbe 6
 12 g/l

SS : 1.67 g/l
 VSS : -
 pH : 8.7
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.73 A	-	-
180.0	-	0.77 A	-	-
240.0	-	0.78 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.73	0.00	1.00	0.01	-	3

pH- , temperatur- og iltmålinger

Rumtemperatur: ca. 22 °C (klimarum 9)

Nr	Testblanding	10 min		60 min	75 min		150 min		225 min		240 min	
		pH	Temp. °C	O ₂ mg/L	pH	Temp. °C	pH	Temp. °C	pH	Temp. °C	pH	Temp. °C
1	ISO kontrol	7,9	21,6	7,4	8,3	21,1	8,3	21,1	8,3	20,9	8,2	21,0
2	ISO kontrol	7,9	21,6	7,5	8,3	21,2	8,3	21,2	8,3	20,9	8,2	21,0
3	ISO ATU	8,2	21,4	-	8,6	21,2	8,7	21,0	8,7	20,9	8,7	21,0
4	DHI-mod. kontrol	8,0	20,5	7,4	8,4	20,5	8,3	20,8	8,3	20,6	8,2	20,7
5	DHI-mod. kontrol	8,0	20,5	7,4	8,3	20,8	8,3	20,9	8,2	20,9	8,1	20,9
6	DHI-mod. ATU	8,1	20,7	-	8,6	20,7	8,6	21,0	8,7	21,0	8,7	21,0

Bilag 2 Testresultater fra forsøg med høj og lav iltkoncentration

Inhibition of the nitrification of activated sludge from Usseørd Renseanlæg with Methanol (høj O₂-koncentration).

Statistical parameters calculated from continuous responses based on continuous mean.

Testtype : Nitrification Inhibition Test

3 doses and 6 responses have been used during calculations.

Control values.

Concentration in mg/l	Relative nitrification	Inhibition in per cent
Control 1	3.10	-
Control 2	2.96	-
Control mean	3.03	0

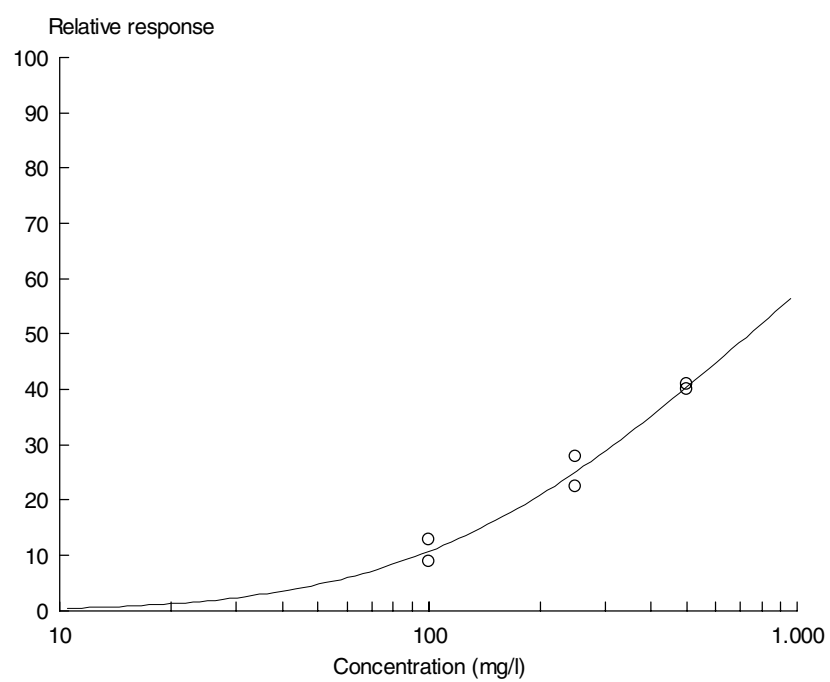
Experimental Data.

Concentration in mg/l	Relative nitrification	Inhibition in per cent
100	2.64	13
100	2.76	9
250	2.19	28
250	2.35	22
500	1.79	41
500	1.82	40

EC-values and limits of the 95% confidence interval.

y(EC)	LCL	EC(yo)	UCL
10	<100		
50	>500		
90	>500		

Experimental Data with Methanol (høj O2-koncentration)



Inhibition of the nitrification of activated sludge from Usserød Renseanlæg with Methanol (lav O₂-koncentration).

Statistical parameters calculated from continuous responses based on continuous mean.

Testtype : Nitrification Inhibition Test

3 doses and 6 responses have been used during calculations.

Control values.

Concentration in mg/l	Relative nitrification	Inhibition in per cent
Control 1	3.09	-
Control 2	2.78	-
Control mean	2.93	0

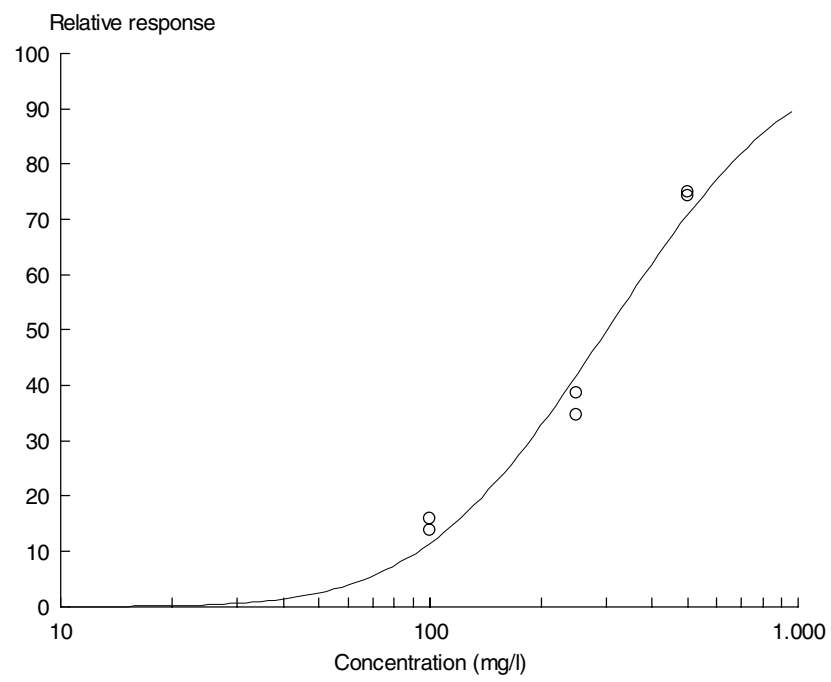
Experimental Data.

Concentration in mg/l	Relative nitrification	Inhibition in per cent
100	2.53	14
100	2.47	16
250	1.92	35
250	1.80	39
500	0.76	74
500	0.74	75

EC-values and limits of the 95% confidence interval.

y(EC)	LCL	EC(yo)	UCL
10	<100		
50	253	302	370
90	>500		

Experimental Data with Methanol (lav O2-koncentration)



Resultatskema for methanol med høj iltkoncentration

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001114
 Identifikation : Kontrol
 Slam : Aktivt slam fra Usserød Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 1

SS : 2.16 g/l
 VSS : -
 pH : 8.2
 Te : 19.5°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.90 A	-	-
180.0	-	19.56 A	-	-
240.0	-	26.69 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
-------	---	---	----------------	--------------------	--------------------------	----

NO2+NO3-N						
A	-0.28	0.11	1.00	3.10	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001114
 Identifikation : Methanol
 Slam : Aktivt slam fra Usserød Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 2
 100 mg/l

SS : 2.21 g/l
 VSS : -
 pH : 8.1
 Te : 20.1°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.78 A	-	-
180.0	-	18.35 A	-	-
240.0	-	22.74 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
-------	---	---	----------------	--------------------	--------------------------	----

NO2+NO3-N						
A	0.02	0.10	1.00	2.64	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001114
 Identifikation : Methanol
 Slam : Aktivt slam fra Usseørd Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 3
 100 mg/l

SS : 2.12 g/l
 VSS : -
 pH : 8.3
 Te : 19.5°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.81 A	-	-
180.0	-	17.88 A	-	-
240.0	-	23.10 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	-0.07	0.10	1.00	2.76	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001114
 Identifikation : Methanol
 Slam : Aktivt slam fra Usseørd Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 4
 250 mg/l

SS : 2.22 g/l
 VSS : -
 pH : 8.4
 Te : 19.3°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.85 A	-	-
180.0	-	15.22 A	-	-
240.0	-	19.25 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.16	0.08	1.00	2.19	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001114
 Identifikation : Methanol
 Slam : Aktivt slam fra Usseørd Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 5
 250 mg/l

SS : 2.14 g/l
 VSS : -
 pH : 8.4
 Te : 19.3°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.77 A	-	-
180.0	-	15.49 A	-	-
240.0	-	19.86 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.03	0.08	1.00	2.35	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001114
 Identifikation : Methanol
 Slam : Aktivt slam fra Usseørd Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 6
 500 mg/l

SS : 2.18 g/l
 VSS : -
 pH : 8.4
 Te : 19.7°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.81 A	-	-
180.0	-	12.14 A	-	-
240.0	-	15.70 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.21	0.07	1.00	1.79	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001114
 Identifikation : Methanol
 Slam : Aktivt slam fra Usseørd Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 7
 500 mg/l

SS : 2.16 g/l
 VSS : -
 pH : 8.5
 Te : 19.2°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.71 A	-	-
180.0	-	12.18 A	-	-
240.0	-	15.61 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.13	0.07	1.00	1.82	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001114
 Identifikation : Kontrol
 Slam : Aktivt slam fra Usseørd Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 8

SS : 2.20 g/l
 VSS : -
 pH : 8.2
 Te : 19.4°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	1.18 A	-	-
180.0	-	19.53 A	-	-
240.0	-	26.13 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.08	0.11	1.00	2.96	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001114
 Identifikation : ATU
 Slam : Aktivt slam fra Usseørd Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 9
 12 mg/l

SS : 2.21 g/l
 VSS : -
 pH : 8.7
 Te : 19.4°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.26 A	-	-
240.0	-	0.28 A	-	-

Regressionsanalyse				Hast.	Norm.Hast.	No
Mærke	a	b	r ²	mgN/gSS*h	mgN/gVSS*h	
NO2+NO3-N						
A	0.26	0.00	1.00	0.00	-	2

Resultatskema for methanol med lav iltkoncentration

Sagsnummer : 50954
Forsøg udført : 20001114
Identifikation : Kontrol
Slam : Aktiv slam fra Usseørd Renseanlæg
Medium : ISO
Karakteristika : Kolbe 10

SS : 2.12 g/l
VSS : -
pH : 7.6
Te : 20.5°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.89 A	-	-
180.0	-	19.28 A	-	-
240.0	-	26.06 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N A	-0.24	0.11	1.00	3.09	-	3

Sagsnummer : 50954
Forsøg udført : 20001114
Identifikation : Methanol
Slam : Aktiv slam fra Usseørd Renseanlæg
Medium : ISO
Karakteristika : Kolbe 11
100 mg/l

SS : 2.21 g/l
VSS : -
pH : 7.7
Te : 20.6°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.84 A	-	-
180.0	-	17.03 A	-	-
240.0	-	22.13 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N A	-0.02	0.09	1.00	2.53	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001114
 Identifikation : Methanol
 Slam : Aktiv slam fra Usseørd Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 12
 100 mg/l

SS : 2.17 g/l
 VSS : -
 pH : 7.7
 Te : 20.6°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.85 A	-	-
180.0	-	17.05 A	-	-
240.0	-	21.00 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.17	0.09	1.00	2.47	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001114
 Identifikation : Methanol
 Slam : Aktiv slam fra Usseørd Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 13
 250 mg/l

SS : 2.17 g/l
 VSS : -
 pH : 7.7
 Te : 20.5°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.84 A	-	-
180.0	-	14.42 A	-	-
240.0	-	16.15 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.51	0.07	0.98	1.92	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001114
 Identifikation : Methanol
 Slam : Aktiv slam fra Usseørd Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 14
 250 mg/l

SS : 2.13 g/l
 VSS : -
 pH : 7.9
 Te : 20.5°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.69 A	-	-
180.0	-	10.27 A	-	-
240.0	-	15.84 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	-0.21	0.06	0.99	1.80	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001114
 Identifikation : Methanol
 Slam : Aktiv slam fra Usseørd Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 15
 500 mg/l

SS : 2.17 g/l
 VSS : -
 pH : 8.0
 Te : 20.6°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.63 A	-	-
180.0	-	5.66 A	-	-
240.0	-	6.84 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.43	0.03	0.99	0.76	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001114
 Identifikation : Methanol
 Slam : Aktiv slam fra Usseørd Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 16
 500 mg/l

SS : 2.12 g/l
 VSS : -
 pH : 7.9
 Te : 20.5°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.68 A	-	-
180.0	-	5.73 A	-	-
240.0	-	6.47 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.54	0.03	0.98	0.74	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001114
 Identifikation : Kontrol
 Slam : Aktiv slam fra Usseørd Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 17

SS : 2.15 g/l
 VSS : -
 pH : 7.6
 Te : 20.5°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	1.04 A	-	-
180.0	-	15.83 A	-	-
240.0	-	24.77 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	-0.40	0.10	0.98	2.78	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001114
 Identifikation : ATU
 Slam : Aktiv slam fra Usseørd Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 18

SS : 2.08 g/l
 VSS : -
 pH : 8.2
 Te : 20.4°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.39 A	-	-
240.0	-	0.22 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.40	-0.00	1.00	0.02	-	2

pH- , temperatur- og iltmålinger

Nr	Testblanding	10-20 min.			180 min.		240 min.		
		O ₂ mg/L	Temp. °C	pH	O ₂ mg/L	Temp. °C	O ₂ mg/L	Temp. °C	pH
1	Kontrol	8,1	19,8	8,2	8,1	18,9	8,1	18,6	8,2
2	100 mg/L metanol	7,2	20,2	8,2	7,2	19,9	7,6	19,9	8,1
3	100 mg/L metanol	7,9	19,7	8,2	8,2	18,9	8,3	18,6	8,3
4	250 mg/L metanol	8,1	19,4	8,3	8,5	18,4	8,4	18,3	8,4
5	250 mg/L metanol	8,2	19,6	8,3	8,5	18,6	8,5	18,3	8,4
6	500 mg/L metanol	7,6	19,9	8,2	8,0	19,4	8,0	19,3	8,4
7	500 mg/L metanol	8,0	19,4	8,3	8,5	18,3	8,7	18,1	8,5
8	Kontrol	7,7	19,8	8,3	8,0	18,8	8,0	18,7	8,2
9	ATU	8,6	19,7	8,4	8,7	19,1	8,3	18,8	8,7

Nr	Test-blanding	10-20 min.			45 min.		100 min.		150 min.		180 min.		240 min.		
		O ₂ mg/L	Temp. °C	pH	O ₂ mg/L	Temp. °C	O ₂ mg/L	Temp. °C	O ₂ mg/L	Temp. °C	O ₂ mg/L	Temp. °C	O ₂ mg/L	Temp. °C	pH
10	Kontrol	2,5	20,3	7,9	2,8	20,4	2,4	20,5	3,1	20,5	2,6	20,5	3,5	20,6	7,6
11	100 mg/l metanol	1,7	20,4	7,9	2,4	20,6	2,5	20,7	2,5	20,7	2,8	20,7	4,0	20,7	7,7
12	100 mg/l metanol	1,5	20,4	7,9	3,0	20,5	3,8	20,6	4,0	20,6	4,6	20,6	3,1	20,6	7,7
13	250 mg/l metanol	3,7	20,4	7,9	2,9	20,5	5,1	20,5	3,9	20,6	4,8	20,5	1,8	20,6	7,7
14	250 mg/l metanol	2,7	20,3	7,9	2,8	20,4	2,4	20,5	2,3	20,6	2,8	20,7	5,0	20,6	7,9
15	500 mg/l metanol	3,4	20,4	7,9	2,9	20,5	4,3	20,6	3,7	20,7	3,9	20,7	4,5	20,6	8,0
16	500 mg/l metanol	3,7	20,4	7,9	3,0	20,5	4,2	20,6	4,0	20,6	4,7	20,5	3,8	20,7	7,9
17	Kontrol	3,2	20,4	7,9	2,1	20,4	4,6	20,4	3,2	20,5	2,9	20,5	3,6	20,5	7,6
18	ATU	6,7	20,2	8,0	7,5	20,3	7,0	20,4	6,6	20,4	6,8	20,5	6,7	20,5	8,2

Bilag 3 Testresultater fra forsøg med ammonium/ammoniak

Inhibition of the nitrification of activated sludge from Nivå Renseanlæg with ammonium/ammonia (ammoniumbicarbonat).

Statistical parameters calculated from continuous responses based on continuous mean.

Testtype : Nitrification Inhibition Test

5 doses and 9 responses have been used during calculations.

Control values.

Concentration in mg/l	Relative nitrification	Inhibition in per cent
Control 1	2.98	-
Control 2	3.04	-
Control mean	3.01	0

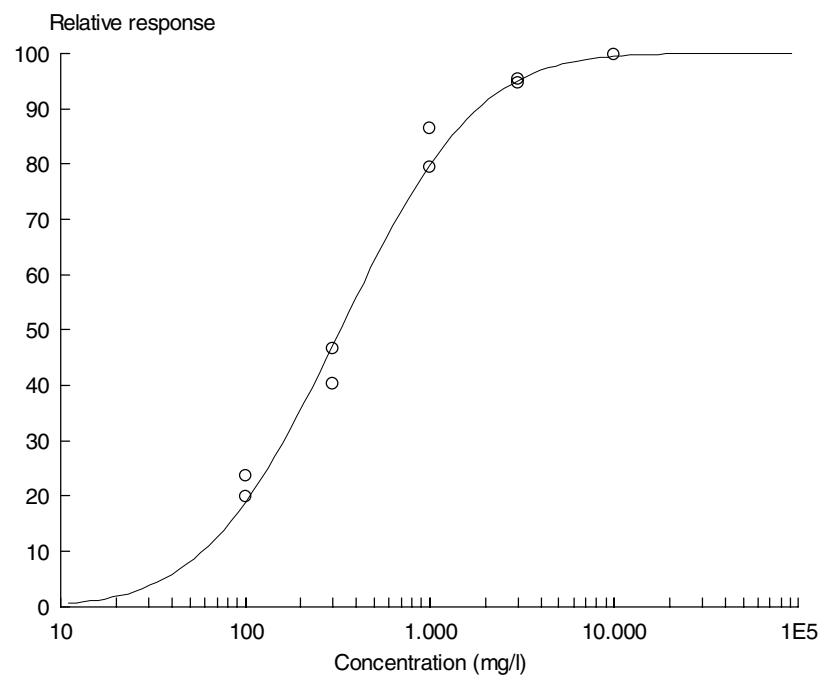
Experimental Data.

Concentration in mg/l	Relative nitrification	Inhibition in per cent
100	2.41	20
100	2.30	24
300	1.80	40
300	1.61	47
1000	0.62	79
1000	0.41	86
3000	0.16	95
3000	0.14	95
10000	0.00	100
10000	0.01	100

EC-values and limits of the 95% confidence interval.

y(EC)	LCL	EC(yo)	UCL
10	< 100		
50	276	326	388
90	1322	1822	2854

Experimental Data with Ammonium (ammoniumbicarbonat)



Inhibition of the nitrification of activated sludge from Renseanlæg Lynetten with ammonium (ammoniumbicarbonat).

Statistical parameters calculated from continuous responses based on continuous mean.

Testtype : Nitrification Inhibition Test

5 doses and 10 responses have been used during calculations.

Control values.

Concentration in mg/l	Relative nitrification	Inhibition in per cent
Control 1	2.98	-
Control 2	2.39	-
Control mean	2.69	0

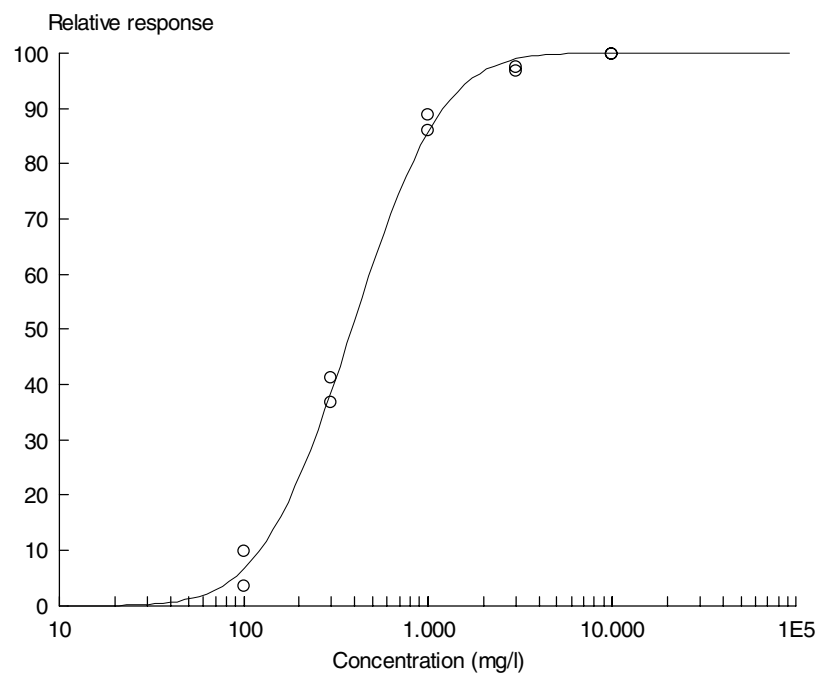
Experimental Data.

Concentration in mg/l	Relative nitrification	Inhibition in per cent
100	2.42	10
100	2.59	4
300	1.58	41
300	1.70	37
1000	0.38	86
1000	0.30	89
3000	0.07	97
3000	0.09	97
10000	0.01	100
10000	0.01	100

EC-values and limits of the 95% confidence interval.

y(EC)	LCL	EC(yo)	UCL
10	101	122	142
50	353	384	419
90	1037	1210	1468

Experimental Data with Ammonium (ammoniumbicarbonat)



Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001121
 Identifikation : Kontrol
 Slam : Aktiv slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 1

SS : 1.95 g/l
 VSS : -
 pH : 8.1
 Te : 21.1°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.99 A	-	-
180.0	-	17.20 A	-	-
240.0	31.1	23.40 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	-0.04	0.10	1.00	2.98	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001121
 Identifikation : ammonium (ammoniumbicarbonat)
 Slam : Aktiv slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 2
 100 mg/l total

SS : 1.87 g/l
 VSS : -
 pH : 8.2
 Te : 21.1°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.74 A	-	-
180.0	-	13.34 A	-	-
240.0	82.4	18.10 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	-0.05	0.08	1.00	2.41	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001121
 Identifikation : ammonium (ammoniumbicarbonat)
 Slam : Aktiv slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 3
 100 mg/l total

SS : 1.92 g/l
 VSS : -
 pH : 8.2
 Te : 21.1°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.80 A	-	-
180.0	-	13.93 A	-	-
240.0	-	17.45 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.20	0.07	1.00	2.30	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001121
 Identifikation : ammonium (ammoniumbicarbonat)
 Slam : Aktiv slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 4
 300 mg/l total

SS : 1.85 g/l
 VSS : -
 pH : 8.8
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.95 A	-	-
180.0	-	11.00 A	-	-
240.0	297	13.50 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.52	0.06	1.00	1.80	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001121
 Identifikation : ammonium (ammoniumbicarbonat)
 Slam : Aktiv slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 5
 300 mg/l total

SS : 1.97 g/l
 VSS : -
 pH : 8.7
 Te : 21.1°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.95 A	-	-
180.0	-	10.96 A	-	-
240.0	-	12.75 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.63	0.05	0.99	1.61	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001121
 Identifikation : ammonium (ammoniumbicarbonat)
 Slam : Aktiv slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 6
 1000 mg/l total

SS : 1.85 g/l
 VSS : -
 pH : 8.9
 Te : 21.1°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.49 A	-	-
180.0	-	3.97 A	-	-
240.0	1080	4.80 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.35	0.02	0.99	0.62	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001121
 Identifikation : ammonium (ammoniumbicarbonat)
 Slam : Aktiv slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 7
 1000 mg/l total

SS : 2.01 g/l
 VSS : -
 pH : 9.0
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.51 A	-	-
180.0	-	2.79 A	-	-
240.0	-	3.71 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.36	0.01	1.00	0.41	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001121
 Identifikation : ammonium (ammoniumbicarbonat)
 Slam : Aktiv slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 8
 3000 mg/l

SS : 1.88 g/l
 VSS : -
 pH : 9.0
 Te : 21.1°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.29 A	-	-
180.0	-	1.31 A	-	-
240.0	3140	1.40 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.27	0.01	0.97	0.16	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001121
 Identifikation : ammonium (ammoniumbicarbonat)
 Slam : Aktiv slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 9
 3000 mg/l

SS : 1.98 g/l
 VSS : -
 pH : 9.0
 Te : 21.1°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.23 A	-	-
180.0	-	1.29 A	-	-
240.0	-	1.22 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.24	0.00	0.91	0.14	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001121
 Identifikation : ammonium (ammoniumbicarbonat)
 Slam : Aktiv slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 10
 10000 mg/l total

SS : 1.77 g/l
 VSS : -
 pH : 9.1
 Te : 21.3°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.17 A	-	-
180.0	-	0.19 A	-	-
240.0	10400	0.15 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.18	-0.00	0.06	0.00	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001121
 Identifikation : ammonium (ammoniumbicarbonat)
 Slam : Aktiv slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 11
 10000 mg/l total

SS : 1.68 g/l
 VSS : -
 pH : 9.1
 Te : 21.4°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.19 A	-	-
180.0	-	0.17 A	-	-
240.0	-	0.24 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.18	0.00	0.23	0.01	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001121
 Identifikation : Kontrol
 Slam : Aktiv slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 12

SS : 1.89 g/l
 VSS : -
 pH : 8.2
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	1.07 A	-	-
180.0	-	17.60 A	-	-
240.0	-	23.00 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.16	0.10	1.00	3.04	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001121
 Identifikation : ATU
 Slam : Aktiv slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 13

SS : 1.90 g/l
 VSS : -
 pH : 8.6
 Te : 20.8°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.11 A	-	-
240.0	-	0.20 A	-	-

Regressionsanalyse						
Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.11	0.00	1.00	0.01	-	2

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001121
 Identifikation : Kontrol
 Slam : Aktiv slam fra Renseanlæg Lynetten
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 14

SS : 1.88 g/l
 VSS : -
 pH : 8.0
 Te : 20.5°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.88 A	-	-
180.0	-	14.17 A	-	-
240.0	29.6	23.32 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	-0.59	0.09	0.97	2.98	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001121
 Identifikation : Ammonium (ammoniumbicarbonat)
 Slam : Aktiv slam fra Renseanlæg Lynetten
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 15
 100 mg/l total

SS : 1.88 g/l
 VSS : -
 pH : 8.2
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.84 A	-	-
180.0	-	11.97 A	-	-
240.0	80.8	18.93 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	-0.28	0.08	0.98	2.42	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001121
 Identifikation : Ammonium (ammoniumbicarbonat)
 Slam : Aktiv slam fra Renseanlæg Lynetten
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 16
 100 mg/l total

SS : 1.84 g/l
 VSS : -
 pH : 8.2
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.85 A	-	-
180.0	-	13.69 A	-	-
240.0	-	19.34 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	-0.08	0.08	1.00	2.59	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001121
 Identifikation : Ammonium (ammoniumbicarbonat)
 Slam : Aktiv slam fra Renseanlæg Lynetten
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 17
 300 mg/l total

SS : 1.80 g/l
 VSS : -
 pH : 8.7
 Te : 20.9°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.81 A	-	-
180.0	-	9.15 A	-	-
240.0	290	11.64 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.39	0.05	1.00	1.58	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001121
 Identifikation : Ammonium (ammoniumbicarbonat)
 Slam : Aktiv slam fra Renseanlæg Lynetten
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 18
 300 mg/l total

SS : 1.73 g/l
 VSS : -
 pH : 8.7
 Te : 20.9°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.87 A	-	-
180.0	-	9.61 A	-	-
240.0	-	12.00 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.46	0.05	1.00	1.70	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001121
 Identifikation : Ammonium (ammoniumbicarbonat)
 Slam : Aktiv slam fra Renseanlæg Lynetten
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 19
 1000 mg/l total

SS : 1.78 g/l
 VSS : -
 pH : 8.9
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.43 A	-	-
180.0	-	2.78 A	-	-
240.0	1020	2.90 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.40	0.01	0.96	0.38	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001121
 Identifikation : Ammonium (ammoniumbicarbonat)
 Slam : Aktiv slam fra Renseanlæg Lynetten
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 20
 1000 mg/l total

SS : 1.65 g/l
 VSS : -
 pH : 8.8
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.45 A	-	-
180.0	-	1.93 A	-	-
240.0	-	2.29 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.39	0.01	1.00	0.30	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001121
 Identifikation : Ammonium (ammoniumbicarbonat)
 Slam : Aktiv slam fra Renseanlæg Lynetten
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 21
 3000 mg/l

SS : 1.72 g/l
 VSS : -
 pH : 9.0
 Te : 20.6°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.21 A	-	-
180.0	-	0.64 A	-	-
240.0	3120	0.67 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.20	0.00	0.96	0.07	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001121
 Identifikation : Ammonium (ammoniumbicarbonat)
 Slam : Aktiv slam fra Renseanlæg Lynetten
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 22
 3000 mg/l

SS : 1.75 g/l
 VSS : -
 pH : 8.9
 Te : 21.2°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.28 A	-	-
180.0	-	0.85 A	-	-
240.0	-	0.84 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.28	0.00	0.93	0.09	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001121
 Identifikation : Ammonium (ammoniumbicarbonat)
 Slam : Aktiv slam fra Renseanlæg Lynetten
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 23
 10000 mg/l total

SS : 1.62 g/l
 VSS : -
 pH : 9.0
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.21 A	-	-
180.0	-	0.29 A	-	-
240.0	10300	0.24 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.22	0.00	0.37	0.01	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001121
 Identifikation : Ammonium (ammoniumbicarbonat)
 Slam : Aktiv slam fra Renseanlæg Lynetten
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 24
 10000 mg/l total

SS : 1.68 g/l
 VSS : -
 pH : 8.9
 Te : 21.2°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.19 A	-	-
180.0	-	0.25 A	-	-
240.0	-	0.23 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.19	0.00	0.69	0.01	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001121
 Identifikation : Kontrol
 Slam : Aktiv slam fra Renseanlæg Lynetten
 Medium : ISO
 Karakteristika : Kolbe 25

SS : 1.82 g/l
 VSS : -
 pH : 7.9
 Te : 20.7°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.90 A	-	-
180.0	-	14.41 A	-	-
240.0	-	17.14 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.42	0.07	0.99	2.39	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001121
 Identifikation : ATU
 Slam : Aktiv slam fra Renseanlæg Lynetten
 Medium : ISO
 Karakteristika : KOLbe 26

SS : 1.82 g/l
 VSS : -
 pH : 8.3
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	0.21 A	-	-
240.0	-	0.25 A	-	-

Regressionsanalyse						
Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	0.21	0.00	1.00	0.01	-	

Bilag 4 Testresultater fra forsøg med reference-stoffer

Inhibition of the nitrification of activated sludge from Nivå Renseanlæg with ATU.

Statistical parameters calculated from continuous responses based on continuous mean.

Testtype : Nitrification Inhibition Test

5 doses and 10 responses have been used during calculations.

Control values.

Concentration in mg/l	Relative nitrification	Inhibition in per cent
Control 1	2.87	-
Control 2	2.86	-
Control 3	2.88	-
Control mean	2.87	0

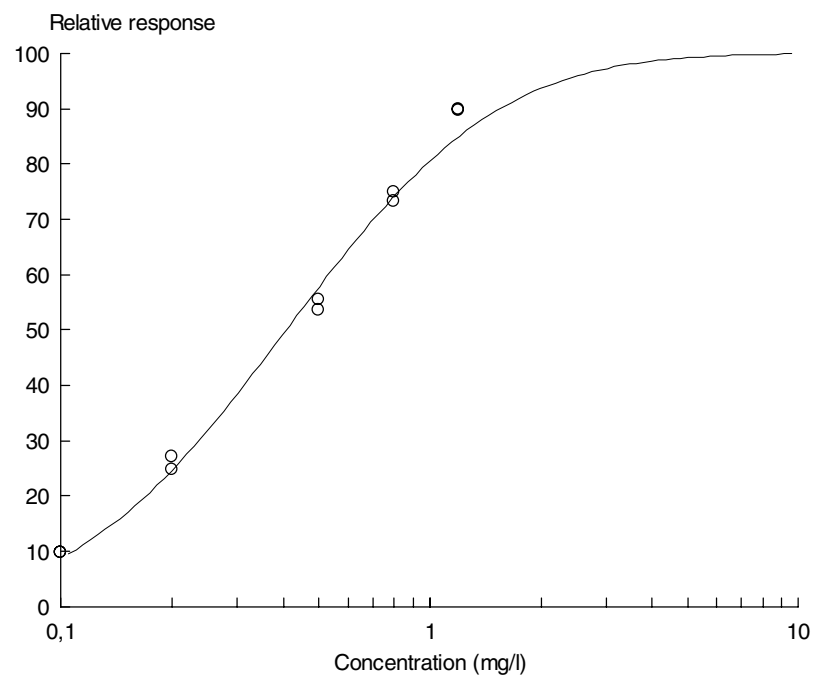
Experimental Data.

Concentration in mg/l	Relative nitrification	Inhibition in per cent
0.1	2.59	10
0.1	2.59	10
0.2	2.09	27
0.2	2.16	25
0.5	1.33	54
0.5	1.28	55
0.8	0.72	75
0.8	0.77	73
1.2	0.29	90
1.2	0.30	90

EC-values and limits of the 95% confidence interval.

y(EC)	LCL	EC(yo)	UCL
10	0.10	0.11	0.11
50	0.40	0.41	0.42
90	1.2		

Experimental Data with ATU



Inhibition of the nitrification of activated sludge from Nivå Renseanlæg with 3,5-DCP.

Statistical parameters calculated from continuous responses based on continuous mean.

Testtype : Nitrification Inhibition Test

5 doses and 9 responses have been used during calculations.

Control values.

Concentration in mg/l	Relative nitrification	Inhibition in per cent
Control 1	2.87	-
Control 2	2.86	-
Control 3	2.88	-
Control mean	2.87	0

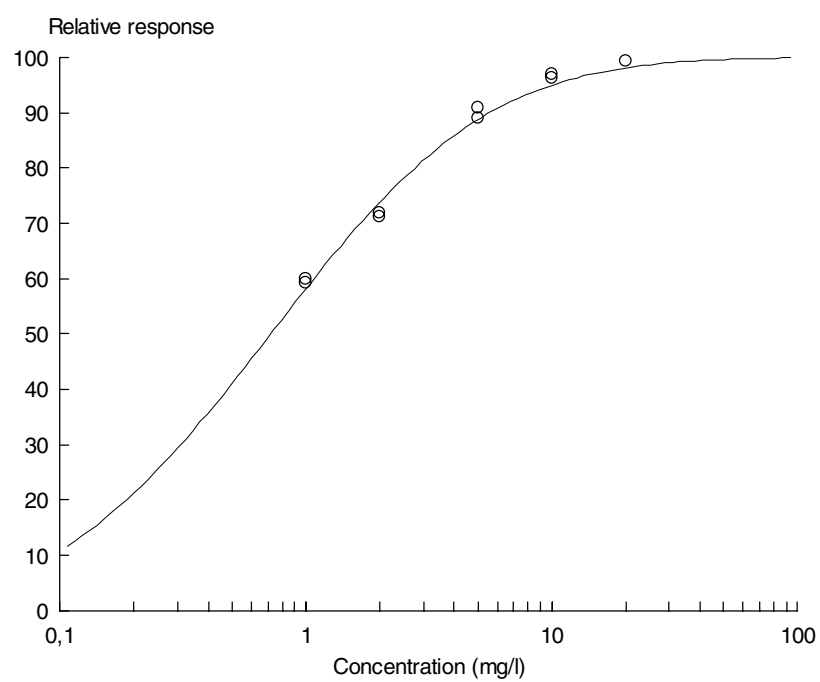
Experimental Data.

Concentration in mg/l	Relative nitrification	Inhibition in per cent
1.0	1.17	59
1.0	1.15	60
2.0	0.83	71
2.0	0.81	72
5.0	0.32	89
5.0	0.26	91
10.0	0.11	96
10.0	0.09	97
20.0	0.02	99
20.0	0.00	100

EC-values and limits of the 95% confidence interval.

y(EC)	LCL	EC(yo)	UCL
10	<1.0		
50	<1.0		
90	4.6	5.6	7.3

Experimental Data with 3,5-DCP



Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001107
 Identifikation : Kontrol
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO-medium
 Karakteristika : Kolbe 1

SS : 1.65 g/l
 VSS : -
 pH : 8.1
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	2.41 A	-	-
180.0	-	15.90 A	-	-
240.0	-	20.50 A	-	-

Regressionsanalyse				Hast.	Norm.Hast.	No
Mærke	a	b	r ²	mgN/gSS*h	mgN/gVSS*h	
NO2+NO3-N						
A	1.64	0.08	1.00	2.87	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001107
 Identifikation : ATU
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO-medium
 Karakteristika : Kolbe 2
 0,1 mg/l

SS : 1.65 g/l
 VSS : -
 pH : 8.2
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	2.57 A	-	-
180.0	-	14.90 A	-	-
240.0	-	18.90 A	-	-

Regressionsanalyse				Hast.	Norm.Hast.	No
Mærke	a	b	r ²	mgN/gSS*h	mgN/gVSS*h	
NO2+NO3-N						
A	1.90	0.07	1.00	2.59	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001107
 Identifikation : ATU
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO-medium
 Karakteristika : Kolbe 3
 0,1 mg/l

SS : 1.63 g/l
 VSS : -
 pH : 8.2
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	2.45 A	-	-
180.0	-	14.80 A	-	-
240.0	-	18.50 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	1.82	0.07	1.00	2.59	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001107
 Identifikation : ATU
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO-medium
 Karakteristika : Kolbe 4
 0,2 mg/l

SS : 1.67 g/l
 VSS : -
 pH : 8.4
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	2.41 A	-	-
180.0	-	12.50 A	-	-
240.0	-	15.70 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	1.87	0.06	1.00	2.09	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001107
 Identifikation : ATU
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO-medium
 Karakteristika : Kolbe 5
 0,2 mg/l

SS : 1.64 g/l
 VSS : -
 pH : 8.4
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	2.44 A	-	-
180.0	-	12.70 A	-	-
240.0	-	15.90 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	1.90	0.06	1.00	2.16	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001107
 Identifikation : ATU
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO-medium
 Karakteristika : Kolbe 6
 0,5 mg/l

SS : 1.62 g/l
 VSS : -
 pH : 8.5
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	2.42 A	-	-
180.0	-	8.67 A	-	-
240.0	-	10.60 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	2.09	0.04	1.00	1.33	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001107
 Identifikation : ATU
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO-medium
 Karakteristika : Kolbe 7
 0,5 mg/l

SS : 1.66 g/l
 VSS : -
 pH : 8.6
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	2.18 A	-	-
180.0	-	8.46 A	-	-
240.0	-	10.20 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	1.88	0.04	1.00	1.28	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001107
 Identifikation : ATU
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO-medium
 Karakteristika : Kolbe 8
 0,8 mg/l

SS : 1.67 g/l
 VSS : -
 pH : 8.6
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	2.16 A	-	-
180.0	-	5.67 A	-	-
240.0	-	6.73 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	1.98	0.02	1.00	0.72	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001107
 Identifikation : ATU
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO-medium
 Karakteristika : Kolbe 9
 0,8 mg/l

SS : 1.65 g/l
 VSS : -
 pH : 8.6
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	2.10 A	-	-
180.0	-	5.77 A	-	-
240.0	-	6.93 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	1.90	0.02	1.00	0.77	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001107
 Identifikation : ATU
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO-medium
 Karakteristika : Kolbe 10
 1,2 mg/l

SS : 1.69 g/l
 VSS : -
 pH : 8.7
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	2.08 A	-	-
180.0	-	3.50 A	-	-
240.0	-	3.91 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	2.01	0.01	1.00	0.29	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001107
 Identifikation : ATU
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO-medium
 Karakteristika : Kolbe 11
 1,2 mg/l

SS : 1.64 g/l
 VSS : -
 pH : 8.7
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	2.05 A	-	-
180.0	-	3.47 A	-	-
240.0	-	3.91 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	1.98	0.01	1.00	0.30	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001107
 Identifikation : Kontrol
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO-medium
 Karakteristika : Kolbe 12

SS : 1.68 g/l
 VSS : -
 pH : 8.2
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	2.31 A	-	-
180.0	-	16.00 A	-	-
240.0	-	20.70 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	1.52	0.08	1.00	2.86	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001107
 Identifikation : Kontrol
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO-medium
 Karakteristika : Kolbe 23

SS : 1.61 g/l
 VSS : -
 pH : 7.8
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	1.97 A	-	-
180.0	-	15.00 A	-	-
240.0	-	19.80 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	1.17	0.08	1.00	2.88	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001107
 Identifikation : Kontrol
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO-medium
 Karakteristika : Kolbe 1

SS : 1.65 g/l
 VSS : -
 pH : 8.1
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	2.41 A	-	-
180.0	-	15.90 A	-	-
240.0	-	20.50 A	-	-

Regressionsanalyse				Hast.	Norm.Hast.	No
Mærke	a	b	r ²	mgN/gSS*h	mgN/gVSS*h	
NO2+NO3-N						
A	1.64	0.08	1.00	2.87	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001107
 Identifikation : Kontrol
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO-medium
 Karakteristika : Kolbe 12

SS : 1.68 g/l
 VSS : -
 pH : 8.2
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	2.31 A	-	-
180.0	-	16.00 A	-	-
240.0	-	20.70 A	-	-

Regressionsanalyse				Hast.	Norm.Hast.	No
Mærke	a	b	r ²	mgN/gSS*h	mgN/gVSS*h	
NO2+NO3-N						
A	1.52	0.08	1.00	2.86	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001107
 Identifikation : 3,5-DCP
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO-medium
 Karakteristika : Kolbe 13
 1 mg/l

SS : 1.60 g/l
 VSS : -
 pH : 8.5
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	1.90 A	-	-
180.0	-	7.38 A	-	-
240.0	-	8.98 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	1.63	0.03	1.00	1.17	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001107
 Identifikation : 3,5-DCP
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO-medium
 Karakteristika : Kolbe 14
 1 mg/l

SS : 1.63 g/l
 VSS : -
 pH : 8.6
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	1.83 A	-	-
180.0	-	7.40 A	-	-
240.0	-	8.91 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	1.57	0.03	1.00	1.15	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001107
 Identifikation : 3,5-DCP
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO-medium
 Karakteristika : Kolbe 15
 2 mg/l

SS : 1.65 g/l
 VSS : -
 pH : 8.7
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	1.85 A	-	-
180.0	-	6.02 A	-	-
240.0	-	7.00 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	1.68	0.02	0.99	0.83	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001107
 Identifikation : 3,5-DCP
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO-medium
 Karakteristika : Kolbe 16
 2 mg/l

SS : 1.60 g/l
 VSS : -
 pH : 8.6
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	1.94 A	-	-
180.0	-	5.89 A	-	-
240.0	-	6.78 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	1.78	0.02	0.99	0.81	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001107
 Identifikation : 3,5-DCP
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO-medium
 Karakteristika : Kolbe 17
 5 mg/l

SS : 1.65 g/l
 VSS : -
 pH : 8.6
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	1.51 A	-	-
180.0	-	3.34 A	-	-
240.0	-	3.43 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	1.49	0.01	0.96	0.32	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001107
 Identifikation : 3,5-DCP
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO-medium
 Karakteristika : Kolbe 18
 5 mg/l

SS : 1.63 g/l
 VSS : -
 pH : 8.6
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	1.55 A	-	-
180.0	-	2.77 A	-	-
240.0	-	3.15 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	1.49	0.01	1.00	0.26	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001107
 Identifikation : 3,5-DCP
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO-medium
 Karakteristika : Kolbe 19
 10 mg/l

SS : 1.65 g/l
 VSS : -
 pH : 8.7
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	1.39 A	-	-
180.0	-	1.92 A	-	-
240.0	-	2.10 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	1.36	0.00	1.00	0.11	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001107
 Identifikation : 3,5-DCP
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO-medium
 Karakteristika : Kolbe 20
 10 mg/l

SS : 1.66 g/l
 VSS : -
 pH : 8.7
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	1.41 A	-	-
180.0	-	1.77 A	-	-
240.0	-	1.97 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	1.38	0.00	0.99	0.09	-	3

Sagsnummer : 50954							
Forsøg udført : 20001107							
Identifikation : 3,5-DCP							
Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg							
Medium : ISO-medium							
Karakteristika : Kolbe 21							
20 mg/l							
SS : 1.62 g/l							
VSS : -							
pH : 8.7							
Te : 21.0°C							
Tid NH3 NO2+NO3 TE pH							
10.0 - 1.33 A - -							
180.0 - 1.25 A - -							
240.0 - 1.48 A - -							
Regressionsanalyse							
Mærke a b r² Hast. mgN/gSS*h Norm.Hast. mgN/gVSS*h No							
NO2+NO3-N A 1.30 0.00 0.17 0.02 - 3							
½							

Sagsnummer : 50954							
Forsøg udført : 20001107							
Identifikation : 3,5-DCP							
Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg							
Medium : ISO-medium							
Karakteristika : Kolbe 22							
20 mg/l							
SS : 1.59 g/l							
VSS : -							
pH : 8.7							
Te : 21.0°C							
Tid NH3 NO2+NO3 TE pH							
10.0 - 1.33 A - -							
180.0 - 1.33 A - -							
240.0 - 1.36 A - -							
Regressionsanalyse							
Mærke a b r² Hast. mgN/gSS*h Norm.Hast. mgN/gVSS*h No							
NO2+NO3-N A 1.33 0.00 0.49 0.00 - 3							

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001107
 Identifikation : Kontrol
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO-medium
 Karakteristika : Kolbe 23

SS : 1.61 g/l
 VSS : -
 pH : 7.8
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	1.97 A	-	-
180.0	-	15.00 A	-	-
240.0	-	19.80 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	1.17	0.08	1.00	2.88	-	3

Sagsnummer : 50954
 Forsøg udført : 20001107
 Identifikation : Reference ATU
 Slam : Aktivt slam fra Nivå Renseanlæg
 Medium : ISO-medium
 Karakteristika : Kolbe 24
 12 mg/l

SS : 1.58 g/l
 VSS : -
 pH : 8.7
 Te : 21.0°C

Tid	NH3	NO2+NO3	TE	pH
10.0	-	1.21 A	-	-
180.0	-	1.25 A	-	-
240.0	-	1.25 A	-	-

Regressionsanalyse

Mærke	a	b	r ²	Hast. mgN/gSS*h	Norm.Hast. mgN/gVSS*h	No
NO2+NO3-N						
A	1.21	0.00	0.94	0.01	-	3

Bilag 5 Notat vedrørende oxygenkoncentration i test samt referencestoffer



NOTAT

Til: Styringsgruppen for Miljøstyrelsens Referencelaboratorium

cc: Kirsten Stuckert, Connie Seierø

Fra: Margrethe Winther-Nielsen

Dato: 2003.02.10

Vedr: **Laboratorieundersøgelser til specifikation af ISO-metode til nitrifikationshæmning**

Indledning

Styringsgruppen for Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for kemiske miljøanalyser har på møde nr. 19, 12. marts 2001, behandlet rapportudkastet: Nitrifikationshæmningstest ved brug af ISO 9509, Referencelaboratoriet, februar 2001 /1/.

Styringsgruppen har ønsket en belysning af oxygenkoncentrationens betydning både med hensyn til sammenlignelighed af testresultater og tolkning i relation til et renseanlægs drift. Der er blevet stillet spørgsmålstejn ved, om det er hensigtsmæssigt at ændre testens minimumskrav til oxygenkoncentration fra det nuværende niveau til oxygenmætning, når renseanlæg normalt drives ved ca. 1 mg O₂/l, og da en af de gennemførte undersøgelser viste, at de nitrificerende bakterier påvirkes kraftigere af giftstoffer, når oxygenindholdet i spildevandet er lavere.

Derudover ønskede Styringsgruppen en belysning af, hvorfor både allylthiourinstof (ATU) og 3,5-dichlorphenol (3,5-DCP) anvendes som referencestoffer, da de synes at have omtrent samme EC50- og EC90-værdier.

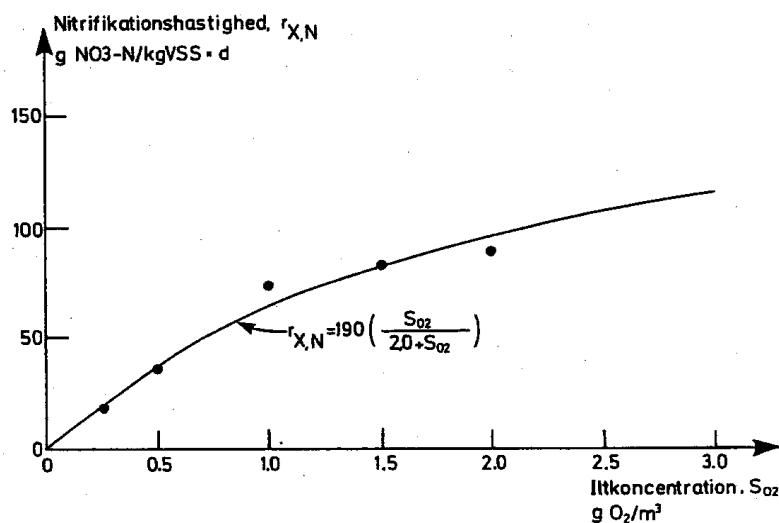
Oxygenkoncentrationens betydning

Minimumskravet til oxygenkoncentrationen i ISO 9509 på 2 mg O₂/l har igennem en årrække været kraftigt kritiseret. Argumentet har været, at ved denne lave koncentration kan nitrifikationen være betydeligt hæmmet pga. oxygenbegrænsning. I Danmark er det derfor generelt blevet anbefalet at anvende en oxygenkoncentration på mere end 6 mg O₂/l /2/. Der foreligger ikke tilgængelige resultater fra test af nitrifikationshæmmende stoffer med ISO 9509, der viser betydningen af at øge minimumskravet for oxygen fra 2 til 6 mg O₂/l.

Ved test af prøver med et højt indhold af letomsætteligt COD som f.eks. methanol vil en del af den tilstedeværende oxygen i et testglas forbruges til COD-omsætning. For at hindre at en COD-omsætning medfører et fald i oxygenkoncentrationen til et niveau, der hæmmer nitrifikation, må testglasset tilføres oxygen under hele testperioden. Vi kan naturligvis godt vælge at operere med en oxygenkoncentration, der ligger tæt på det, der normalt anvendes i beluftningstankene på kommunale renseanlæg, dvs. ca. 1 mg O₂/l. I praksis kan det imidlertid være svært at styre i en nitrifikationshæmningstest, hvor det er meget enklere at belufte til oxygenmætning, dvs. ca. 8 mg O₂/l. Nitrifikationsprocessen er meget følsom over for selv mindre variationer i oxygenkoncentrationen netop omkring 1 mg O₂/l, hvilket fremgår af de efterfølgende afsnit.

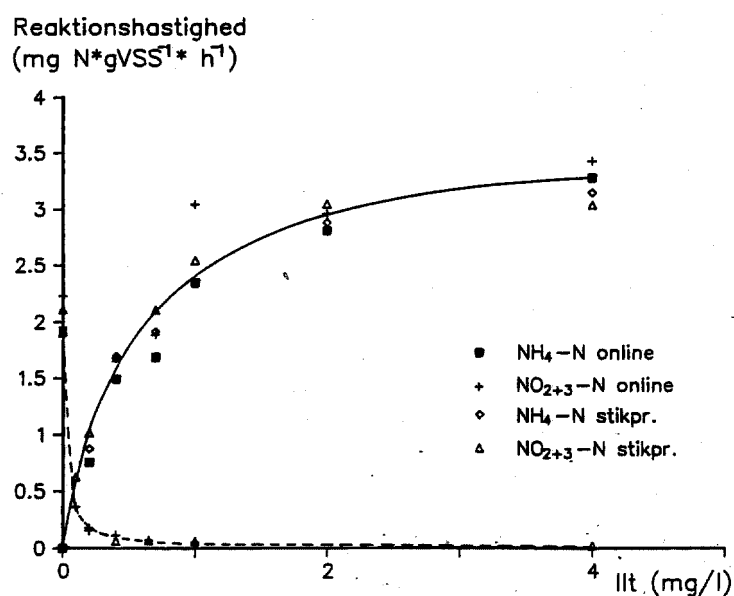
Undersøgelser af oxygenkoncentrationens betydning for nitrifikationshastigheden for renkulturer af nitrificerende bakterier og i aktivt slam har vist, at sammenhængen kan beskrives ved hjælp af et Michaelis-Menten udtryk. Henze et al. rapporterer om

halvmætningskonstanter (K_{S, O_2}) på 0,5-1,0 for Nitrosomonas ($NH_4^+ \rightarrow NO_2^-$) og på 0,5-1,5 for Nitrobacter ($NO_2^- \rightarrow NO_3^-$) /3/. I US-EPA's procesdesignmanual for kontrol af kvælstof er angivet en halvmætningskonstant på 2 mg O_2/l for nitrifikation i aktivt slam /4/. Sammenhængen mellem oxygenkoncentration og nitrifikationshastighed, som den er beskrevet af US-EPA, er gengivet i figur 1 /4/. En undersøgelse af nitrifikationsprocessen i et pilotprojekt, der blev udført af Vandkvalitetsinstituttet (VKI) og DTU sidst i 80'erne og først i 90'erne, viste en K_{S, O_2} på 0,5 mg O_2/l i aktivt slam og en sammenhæng mellem oxygenkoncentration og nitrifikationshastighed, som vist i figur 2 /5/. De to datasæt i figur 1 og 2 illustrerer, at der kan være store variationer i oxygenkoncentrationens indflydelse på nitrifikationshastigheden i forskellige aktivslamanlæg. Det skal bemærkes, at de to datasæt beskriver oxygenafhængigheden i reaktionstanke og ikke i laboratorietest. Sammenhængen mellem hastighed og oxygenkoncentration kan være en anden i et laboratoriesystem.



Figur 1

Nitrifikationshastighedens oxygenafhængighed. Halvmætningskonstanten $K_{S, O_2} = 2 \text{ g } O_2/m^3$ /4/.



Figur 2

Oxygenindholdets indflydelse på nitrifikations- og denitrifikationshastigheden i aktivslamtanke /5/.



Den "tilsyneladende" halvmætningskonstant i et aktivt slamsystem vil bl.a. være afhængig af slamflokkenes størrelse. Den observerede halvmætningskonstant vil således stige som funktion af slamflokkens størrelse. Dette skyldes, at aktiviteten af de nitrificerende bakterier i en slamflok er afhængig af oxygendiffusionen ind i slamflokken. Lave koncentrationer af opløst oxygen i en hæmningstest kan medføre, at oxygen ikke når ind i centeret af en slamflok, og at nitrifikationsprocessen derved bliver oxygenbegrænset.

Udføres en nitrifikationshæmningstest ved en oxygenkoncentration tæt på halvmætningskonstanten eller i det område af Michaelis-Menten-kurven, hvor oxygenafhængigheden kan beskrives med en førsteordenskinetik, vil selv mindre ændringer af oxygenkoncentrationen kunne påvirke nitrifikationshastigheden betydeligt. Af hensyn til dette, anbefales det, at nitrifikationshæmningstest udføres i det flade område af kurven, dvs. hvor processen følger en nulteordenskinetik. Da der sædvanligvis ikke foreligger data, der beskriver nitrifikationens oxygenafhængighed for de anvendte slamtyper og testforhold, anbefales det at belufte testblandingen til oxygenmætning. Dette forventes at ville have en gunstig indvirkning på metodens reproducerbarhed.

Endelig skal det nævnes, at DS/EN ISO 8192 "Bestemmelse af hæmning af oxygenforbrug i aktiveret slam" (respirationshæmningstesten) foreskriver, at testblandingerne beluftes til så tæt som muligt på oxygenmætning /6/. Da både respirations- og nitrifikationshæmningstest benyttes til at vurdere kemikaliers eller spildevands effekt på de biologiske processer under aerobe forhold i samme system - beluftningstanken på et renseanlæg - vil det være hensigtsmæssigt at benytte samme oxygenkoncentration i begge testsystemer.

Tolkning af testresultater i relation til renseanlæggets drift

Hovedparten af de danske renseanlæg drives både med en nitrifikations- og en denitrifikationsproces. Generelt udnyttes det indkomne spildevands indhold af let omsættelige kulstof som kulstofkilde i denitrifikationsprocessen. I f.eks. Bio-Denitro-processen (BDN), som er vidt udbredt i Danmark, udnyttes det let omsættelige kulstof ved at tilledes det friske spildevand til aktivslamtanken under den anoxiske fase, dvs. mens beluftningen er standset. Det betyder, at spildevandets indhold af let omsætteligt stof er opbrugt eller kraftigt reduceret, før beluftningen genoptages, og nitrifikationen går i gang. Da let omsætteligt kulstof (glucose, acetat, metanol etc.) er nødvendigt, for at denitrifikationsprocessen kan forløbe, er det ikke hensigtsmæssigt at frasortere spildevandprøver med denne type stoffer. Dette kan ske selv ved test, der udføres ved en høj oxygenkoncentration, men risikoen vil være langt større, hvis testen udføres ved en lav oxygenkoncentration.

Ved søgning i litteraturen har det ikke været muligt at fremskaffe data, der kan belyse oxygenkoncentrationens effekt på nitrifikationen under test af ikke-let omsættelige, nitrifikationshæmmende stoffer. Det vurderes dog som sandsynligt, at hæmningseffekten vil øges med faldende oxygenkoncentration. Ved en lav oxygenkoncentration vil de nitrificerende bakterier operere under suboptimale forhold, og det kan ikke udelukkes, at tilledning af et hæmmende stof i den situation vil have en relativt kraftig effekt. Med den nuværende viden er det ikke muligt at foretage en fyldestgørende tolkning af den effekt, vi finder i et oxygenmættet laboratoriesystem i relation til renseanlæggets drift. Hertil kræves undersøgelser af forskellige hæmmendes stoffers effekt på nitrifikationen i aktivt slam ved forskellige oxygenkoncentration i laboratorietest suppleret med tilsvarende undersøgelser i pilotanlæg.

De hidtige erfaringer med nitrifikationstest under oxygenmættede forhold er, at de giver et realistisk grundlag for at vurdere om et kemikalie eller et spildevand kan hæmme nitrifikationen i et renseanlæg. Resultaterne af testene kan derfor bruges til at rangere kemikalier eller spildevandstyper efter giftighed og reducere tilledningen af hæmmende stoffer til et renseanlæg. Ved test af opsamlet indløbsvand til renseanlæg fra perioder, hvor der har optrådt hæmningshændelser (akut hæmning af processen) på anlægget, har det



ofte været muligt at relatere hæmningshændelsen til hæmmende stoffer i indløbsvandet /7, 8/. På grundlag af de hidtidige erfaringer kan det konkluderes, at der er en sammenhæng mellem hæmningseffekter målt i laboratorietest og hæmning af nitrifikationsprocessen på renseanlæg, men at det ikke er muligt at forudsige omfanget af effekten på renseanlægget.

Referencestoffer

De to stoffer, allylthiourea og 3,5-dichlorphenol, der foreslås overvejet som referencestoffer, har helt forskellige strukturer og egenskaber. Det kan derfor også forventes, at deres indvirkning på nitrifikationsprocessen skyldes forskellige virkemekanismer. ATU har længe været kendt som en specifik nitrifikationsinhibitor, mens 3,5-DCP virker toksisk over for mange forskellige organismer. 3,5-DCP er i øvrigt et hyppigt anvendt referencestof i økotoksikologiske test.

Flere undersøgelser har vist, at Cu har en vigtig rolle i aktiviteten af det enzym (ammoniummonooxidase = AMO), som katalyserer ammoniumoxidationen. Det er sandsynligt, at ATU virker hæmmende på aktiviteten af AMO, ved at C=S-komponenten i ATU kompleksbinder til Cu i enzymets aktive sted /9/. McCarty, der for nylig har givet et sammendrag af litteraturen omhandlende nitrifikationsinhibitorers virkemekanismer, omtaler ikke hypoteser for chlorphenolers virkemekanisme /9/. 3,5-DCP indeholder imidlertid ikke C=S-grupper, og det kan derfor udelukkes, at 3,5-DCP virker ved samme bindingsmekanisme til Cu som ATU.

I de undersøgelser referencelaboratoriet udførte i efteråret 2000 blev ATU testet i koncentrationer fra 0,1 til 1,2 mg/l. EC50 for ATU blev estimeret til 0,41, mens EC90 var 1,2 mg/l. 3,5-DCP blev testet i koncentrationer fra 1,0 til 20 mg/l. Testkoncentrationen på 1,0 mg/l af 3,5-DCP gav en hæmningseffekt på 60%. Det blev derfor konkluderet, at EC50 var mindre end 1,0 mg/l. EC90 blev estimeret til 5,6 mg/l. Resultaterne af undersøgelserne tyder på, at ATU var lidt mere toksisk end 3,5-DCP over for nitrifikationen i det anvendte aktivslam.

Kemikaliers effekt over for nitrificerende bakterier i slam kan variere afhængig af slammets oprindelse, dvs. arten af tilledt spildevand, renseanlægstype og lokale driftsforhold /10/. Andre slamtyper kan derfor give et helt andet resultat end det, der blev fundet ved de gennemførte test med slam fra Nivå Renseanlæg. I rapportudkastet /1/ blev det foreslået, at en metodeafprøvning på danske miljølaboratorier skulle omfatte test med både ATU og 3,5-DCP. Testen skulle udføres med en delmængde af den samme slamtype samt med slam fra forskellige lokale renseanlæg (et lokalt slam pr. laboratorium). Vi vil derved kunne få et datagrundlag for at fastlægge validitetskriterier, samt vurdere om begge eller bare et af stofferne skal benyttes som referencestof i den danske modifikation af ISO 9509.

Referencer

- /1/ Winther-Nielsen, M, K. Stuckert og C. Seierø (2001): Nitrifikationshæmningstest ved brug af ISO 9509. Referencelaboratoriet. Rapportudkast til Miljøstyrelsen. DHI – Institut for Vand og Miljø, februar 2001.
- /2/ Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 6 (1994): Tilslutning af industrispildevand til kommunale spildevandsanlæg . Miljø- og Energiministeriet. Miljøstyrelsen.
- /3/ Henze, M., P. Harremoës, J. la Cour Jansen og E. Arvin (1990): Spildevandsrensning. Biologisk og kemisk. Polyteknisk Forlag, Lyngby.
- /4/ US-EPA (1975): Process design manual for nitrogen control. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C. – refereret i Henze, M., P. Harremoës, J. la



Cour Jansen og E. Arvin (1990): Spildevandsrensning. Biologisk og kemisk. Polyteknisk Forlag, Lyngby.

- /5/ Vandkvalitetsinstituttet, ATV og Laboratoriet for Teknisk Hygiejne, DTH (1991): Simuleringssystem til styring af renseanlæg. Intern projektrapport, oktober 1991. Teknologirådsprojekt.
- /6/ DS/EN ISO 8192 (1996): Vandundersøgelse. Bestemmelse af hæmning af oxygenforbrug i aktiveret slam.
- /7/ Sinkjær, O., P. Bøgebjerg, H. Grüttner, P. Harremoës, K.F. Jensen and M. Winther-Nielsen (1996). External and internal sources which inhibit the nitrification process in wastewater treatment plants. Wat. Sci. Tech. Vol. 33, 6:57-66.
- /8/ Harremoës, P., A. Haarbo, M. Winther-Nielsen and C. Thirsing (1998): Six years of pilot plant studies for design of treatment plants for nutrient removal.. Wat. Sci. Tech. Vol. 38, 1:219-226.
- /9/ McCarty, G.W. (1999): Modes of action of nitrification inhibitors. Biol. Fertil. Soils Vol. 29:1-9.
- /10/ Winther-Nielsen, M. and J. la Cour Jansen (1996). The role of the sludge in nitrification inhibition tests. Wat. Sci. Tech. Vol. 33, 6:93-100.



DHI - Institut for Vand og Miljø - RAPPORTDATABLAD			
Dato	:	2003.02.10	
Sagsnr.	:	50954	
Division(er)	:	Miljøkemisk	
Afdeling(er)	:	Økotox	
Sagsbehandler(e)	:	MWN	
Sekretær	:	TKH	
TITEL			
Nitrifikationshæmning ved brug af ISO 9509 - del 1 Referencelaboratoriet			
Antal sider	:	78	
Geografisk Område :			
Rekvirent	:	Miljøstyrelsen	
Rapporttype	A	:	☐
	B	:	☒
	D	:	☐
I samarbejde med :			
Bemærkninger	:	Diskette	