

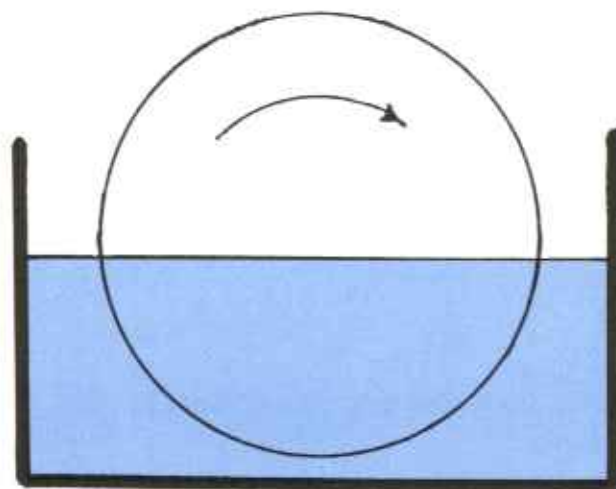
NORVAR

11
1990

Prosjektrapport

Forfellingens innflydelse på veksten i et biofilmanlegg

Forsøk i laboratorieskala ved VEAS



Norske VAR-selskapers forening

NORVAR-rapport

Norske VAR-selskapers forening

Postadresse: 2312 OTTESTAD
Besøksadresse: HIAS, Sandvika (Ottestad)
Telefon: 065 76255

Rapportnummer:

11 - 1990

Dato:

20. desember 1990

Antall sider (inkl. bilag)

42

Tilgjengelighet:

☒ Åpen

☐ Begrenset

Rapportens tittel:

FORFELLINGENS INNFLYTELSE PÅ VEKSTEN I ET BIOFILMANLEGG

Forsøk i laboratorieskala ved VEAS

Forfatter(e):

Bjørn Rusten, James D. Berg, Arne Lundar

Ekstrakt:

Det er gjennomført forsøk i laboratorieskala ved VEAS for finne ut under hvilke betingelser det kan dannes biofilm som fører til driftsproblemer. Et forsøksanlegg med 6 små biorotorer er kjørt ved forskjellige temperaturer og forskjellige driftsbetingelser. Det viste seg at betydelige vekst av filamentøse organismer bare forekom ved ekstrem høy organisk belastning.

Emneord, norske:

Biofilmanlegg

Driftsproblemer

Laboratorieforsøk

Emneord, engelske:

Biofilm Processes

Operational Problems

Laboratory Tests

Andre utgaver:

82-414-0012-8

FORORD

VEAS utførte i 1988 forsøk i laboratorieskala for å avklare forfellingens innflytelse på veksten i biofilmanlegg. Forsøket er definert som NORVAR-prosjekt ved at de øvrige NORVAR-medlemmer i avløpssektoren har deltatt med et symbolsk beløp.

Forsøkene ble utført av Aquateam A/S.

NORVAR vil med dette takke dem som har bidratt til gjennomføring av forsøket og for at vi får offentliggjøre rapporten som en NORVAR-rapport.

Ottestad, 20. desember 1990

Svein Erik Moen

O-8808

FORFELLINGENS INNFLYTELSE PÅ VEKSTEN I ET
BIOFILMANLEGG

Forsøk i laboratorieskala ved SRV

Oslo, 27.02.1989

Dr. Bjørn Rusten
Dr. James D. Berg
Ing. Arne Lundar

INNHOLDSFORTEGNELSE

SAMMENDRAG	3
1. INNLEDNING	4
2. FORSØKSOPPLEGG	5
2.1 <u>Utstyr</u>	5
2.2 <u>Vannkjemiske målinger</u>	6
2.3 <u>Mikrobiologiske undersøkelser</u>	7
2.3.1 Bakgrunn	7
2.3.2 Metoder	10
2.4 <u>Forsøksopplegg for første periode</u>	14
2.5 <u>Forsøksopplegg for andre periode</u>	15
3. RESULTATER FRA FØRSTE FORSØKSPERIODE	19
3.1 <u>Vannkjemiske analyser.</u>	19
3.2 <u>Undersøkelser av biofilmen</u>	22
3.3 <u>Vurdering av resultatene fra første forsøksperiode</u>	22
4. RESULTATER FRA ANDRE FORSØKSPERIODE.	24
4.1 <u>Vannkjemiske analyser.</u>	24
4.2 <u>Undersøkelser av biofilmen</u>	26
5. KONKLUSJON	34
6. LITTERATUR	35
VEDLEGG	36

SAMMENDRAG

Ved SRV ønsker VEAS å ta i bruk en biofilmprosess som vil komme etter det kjemiske rensetrinnet. Tidligere forsøk med biologisk rensing i pilot-skala resulterte i vekst av filamentøse bakterier og gjentetting av biofilmmediet. Dette skjedde ved lave organiske belastninger, hvor det ikke burde være problemer med stor påvekst av mikroorganismer. Det ble stilt spørsmålsteget ved om årsaken kunne være lav vanntemperatur, ting vedrørende driften av forfellingsanlegget (f.eks. kjemikalietyper, fosfatkonsentrasjon, pH-verdi, restmetallinnhold), eller en kombinasjon av disse.

På denne bakgrunn er det gjennomført forsøk i laboratorie-skala, for å finne ut under hvilke betingelser det kan dannes biofilm som fører til driftsproblemer. Et forsøksanlegg med 6 små biorotorer ble plassert ved SRV. Disse ble kjørt ved romtemperatur og ved lav temperatur. Ved forfelling av avløpsvannet ble det brukt AVR, jernklorid eller jernklorid + sjøvann. Jernklorid + sjøvann er den kombinasjonen som brukes ved SRV i dag. Effekten av tilsetning av fosfatfosfor ble også studert. I tillegg ble biorotorene podet med filamentøse bakterier fra diverse renkulturer og fra et biorotoranlegg i Akershus, for å se om noen av disse skulle klare å etablere seg i biofilmen.

Det viste seg imidlertid at ved normale organiske belastninger ($\leq 20 \text{ g TOC/m}^2\text{d}$) i forsøksanlegget var det ikke mulig å skape driftsforhold som førte til unormal vekst og etablering av filamentøse bakterier. Det gjennomførte forsøket gir derfor ikke noe grunnlag for å si at man bør slutte med jernklorid og sjøvann som fellingsmidler ved SRV.

Betydelig vekst av filamentøse organismer forekom bare ved ekstremt høy organisk belastning ($\approx 100 \text{ g TOC/m}^2\text{d}$). De to hovedtypene av filamentøse bakterier som ble identifisert var Eikelboom Type 021 og Thiothrix Type I. Begge disse typene trives med høye sulfidinnhold, som kan forekomme dersom man opererer med høy organisk belastning. Dette skyldes at oksygeninnholdet inne i en høybelastet biofilm blir for lavt, slik at sulfat (f.eks. fra sjøvann) reduseres til sulfid.

1. INNLEDNING

Ved SRV ønsker VEAS å ta i bruk en biofilmprosess, som vil komme etter det kjemiske rensetrinnet. Dette er en prosesskombinasjon hvor vi mangler grunnleggende kunnskaper om hvordan driften av forfellingsanlegget (kjemikalietyper, fosfatkonsentrasjon, pH-verdi, restmetallinnhold etc.) vil påvirke den biologiske prosessen.

I dag feller SRV med jernklorid og sjøvann. Tidligere forsøk med biologisk rensing i pilot-skala har resultert i vekst av filamentøse bakterier og gjentetting av biofilmmediet. Dette har skjedd ved lave organiske belastninger, hvor det ikke burde være problemer med stor påvekst av mikroorganismer. Årsaken til denne veksten er ukjent, men vanntemperaturen var lavere enn vanlig i den perioden man fikk problemer.

VEAS i samarbeid med NORVAR har engasjert Aquateam - Norsk vannteknologisk senter A/S til å undersøke under hvilke betingelser det dannes biofilm som kan gi gjentettingsproblemer.

Forsøk i laboratorieskala ble gjennomført i to perioder. Resultatene fra den først perioden er presentert tidligere (egen framdriftsrapport fra 6.10.88) /1/. Disse resultatene danner grunnlaget for forsøksopplegget for andre periode.

Rolf Tobiassen, som var engasjert av VEAS, har stått for den daglige driften av forsøksanlegget. Han har også utført de vannkjemiske analysene, med assistanse fra personalet ved SRV's laboratorium.

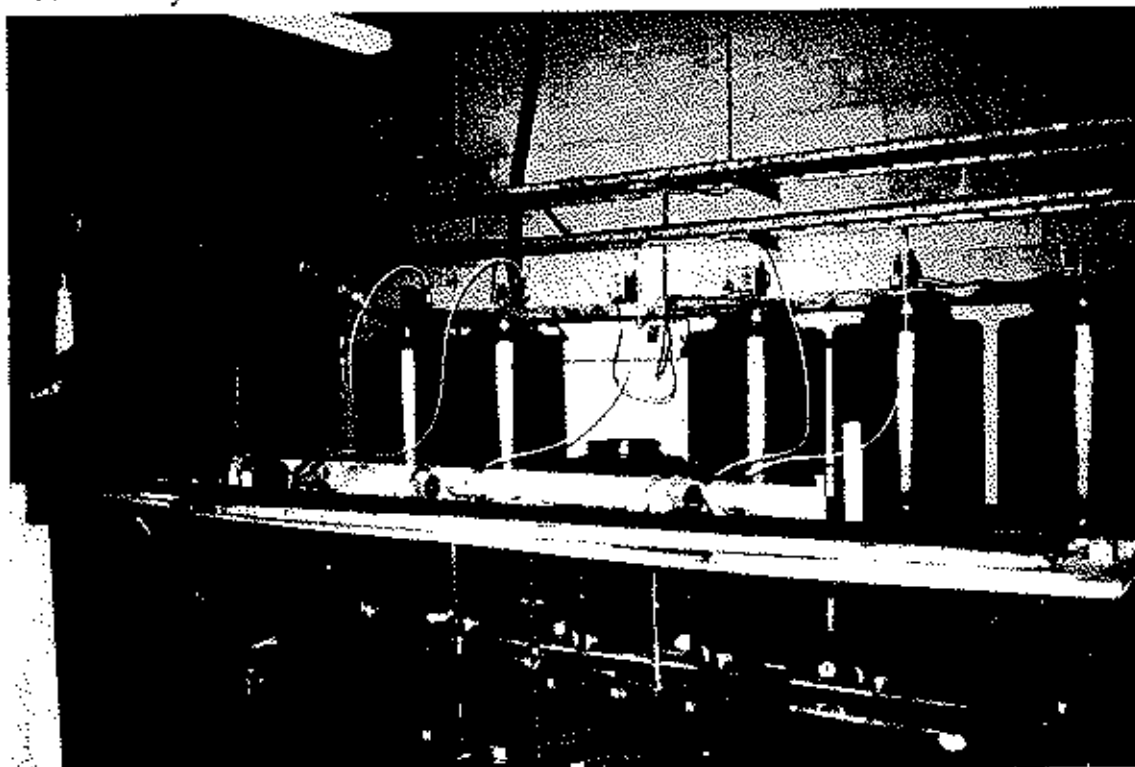
2. FORSØKSOPPLEGG

2.1 Utstyr

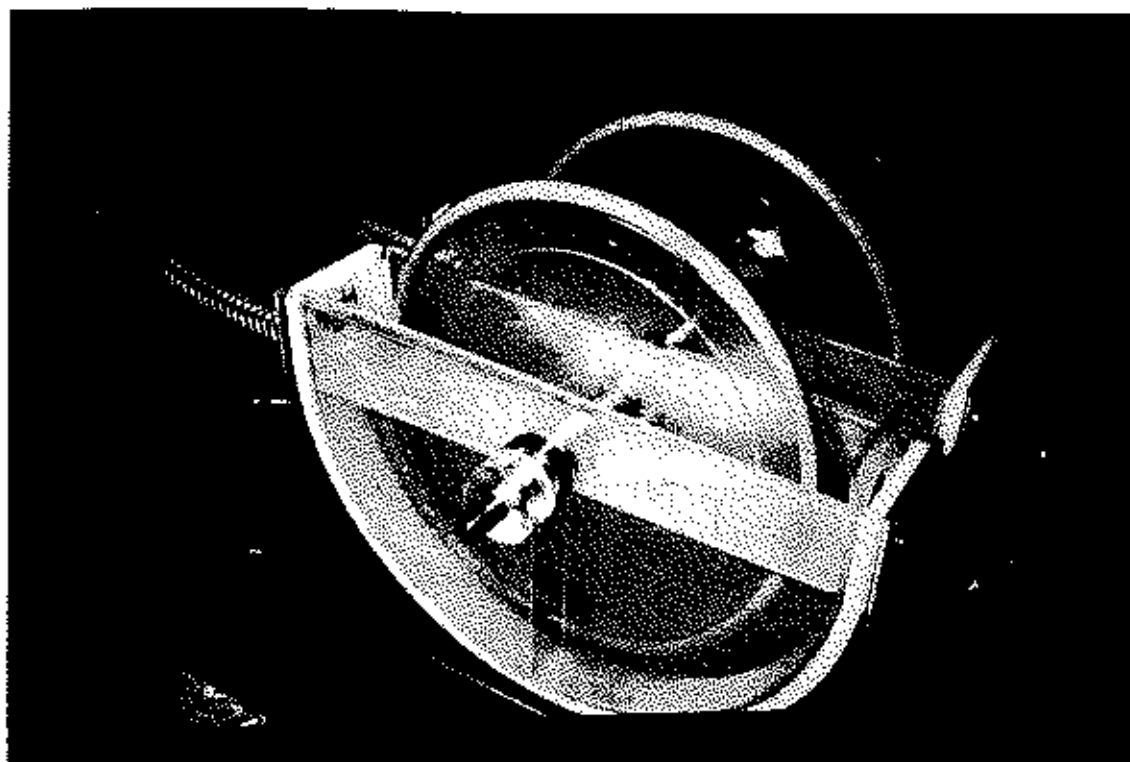
Det ble bygd et forsøksanlegg bestående av 6 små biorotorer. Disse ble tilført vann som var forfellt (i batch) på forskjellige måter. Figur 1 viser et bilde av biorotorene med motorer, innløpspumper, lagertanker for forfellt vann og tank for felling av avløpsvann. Figur 2 viser et nærbilde av to av biorotorene.

Hver biorotor hadde én skive med 20 cm diameter og et biofilmareal på $0,0628 \text{ m}^2$. Langs periferien av denne skiven var det festet små glassplater som kunne tas ut for nærmere analyse av biofilmen. Biorotorene roterte med 22 omdreininger pr. minutt. Hver biorotor hadde et vått volum på ca. 1,0 liter, tilsvarende et forhold mellom biofilmareal og reaktorvolum på $63 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Biorotorene var bygget av plexiglass. For å redusere begroingen på vegger og bunn ble disse sprayet med et teflon-belegg. Dessuten ble eventuell begroing på vegger og bunn fjernet regelmessig.

For å kunne kjøre en eller to av biorotorene ved lav temperatur ble det benyttet en modifisert fryseboks.



Figur 1. Oversiktsbilde av forsøksanlegget med lagertanker, pumper, motorer og biorotorer.



Figur 2. Nærbilde av to av biorotorene.

2.2 Vannkjemiske målinger

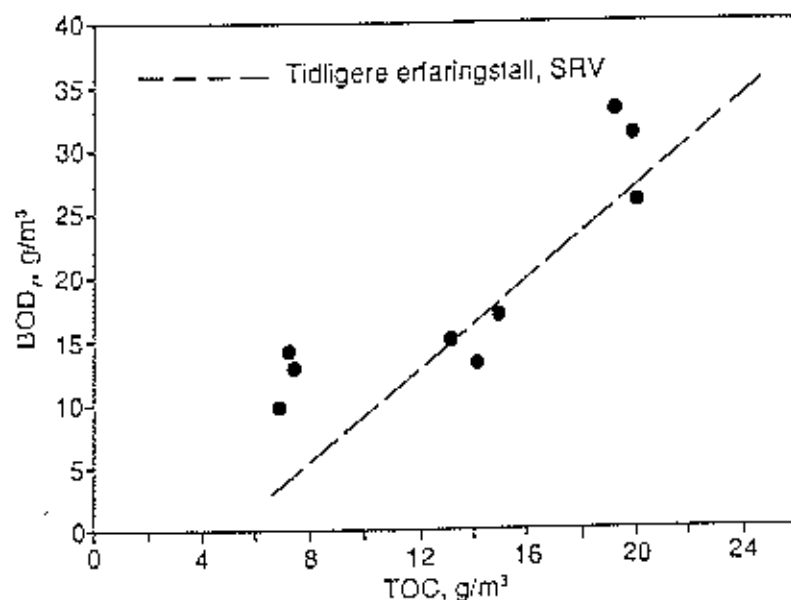
Temperatur, oksygeninnhold og pH ble målt i hvert biorotor-trau. Fra hver biorotor ble det tatt vannprøver av innløp og utløp. Disse ble analysert med hensyn på suspendert stoff (SS), totalt organisk karbon (TOC), totalfosfor (Tot-P), fosfatfosfor ($\text{PO}_4\text{-P}$), ammonium-nitrogen ($\text{NH}_4\text{-N}$), sulfat (SO_4) og jerninnhold på total og filtrert prøve (Tot-Fe og Filt-Fe). I tillegg ble løst organisk stoff (DOC) målt på utløpet. Utløpsprøvene ble tatt etter 30 minutters sedimentering i målesylinder.

SRV har tidligere funnet følgende sammenheng mellom BOD_7 og TOC:

$$\text{BOD}_7 = 1,8 \cdot \text{TOC} - 9 \quad (1)$$

der BOD_7 og TOC er konsentrasjoner i g/m^3 . Denne ligningen er vist med den stiplede linjen i figur 3. I tillegg er det vist datapunkter basert på noen få prøver fra andre forsøksperiode. I dette lave konsentrasjonsområdet må man regne med en del sprikende verdier. Dessuten vil forholdet mellom BOD_7 og TOC være avhengig av råvannets sammensetning og derfor kunne variere fra dag til dag.

Enkeltmålingene fra andre forsøksperiode bekrefter imidlertid at den stiplede linjen beskriver en sannsynlig sammenheng mellom BOD_7 og TOC. Ligning 1 bygger på et stort antall målinger og er derfor brukt i denne rapporten ved omregninger fra TOC til BOD_7 .



Figur 3. Sammenhengen mellom BOD_7 og TOC. Stiplet linje angir tidligere erfaringstall fra SRV (se ligning 1). Datapunktene er målt på noen prøver fra andre forsøksperiode.

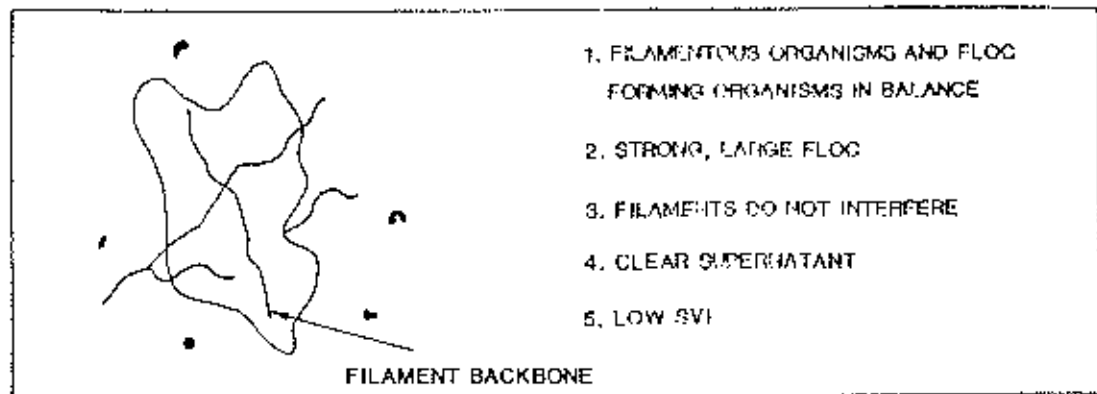
2.3 Mikrobiologiske undersøkelser

2.3.1 Bakgrunn

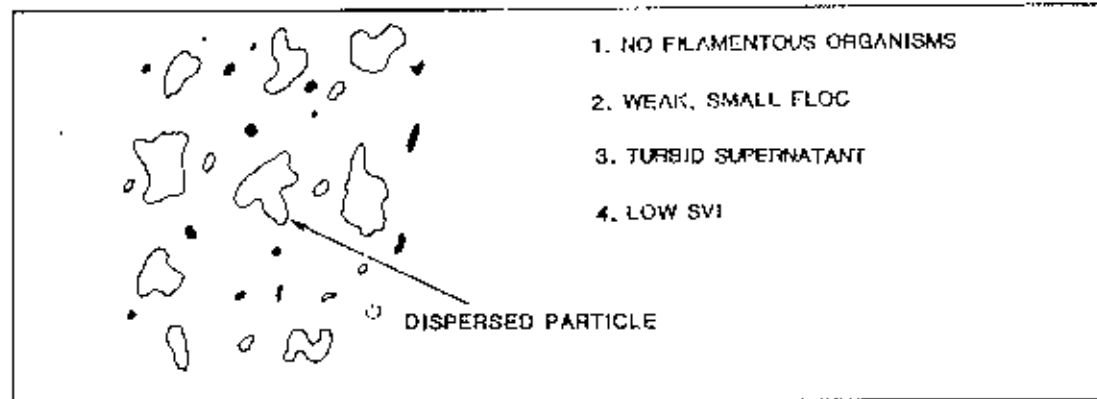
Tidligere forsøk ved SRV med biologisk rensing i pilot-skala resulterte i problemer. Biofilmmediet gikk tett, sannsynligvis på grunn av stor vekst av filamentøse bakterier.

Noe vekst av filamentøse typer er imidlertid en fordel i biologisk behandling. Dette er illustrert i figur 4. Filamentene gir struktur til biofilmen samt forbedrer kvaliteten på utslippene. For stor filamentøs vekst er selvfølgelig ugunstig pga. evt. gjentetting av rotor, tap av biofilmen fra overflaten og dårlig sedimentering.

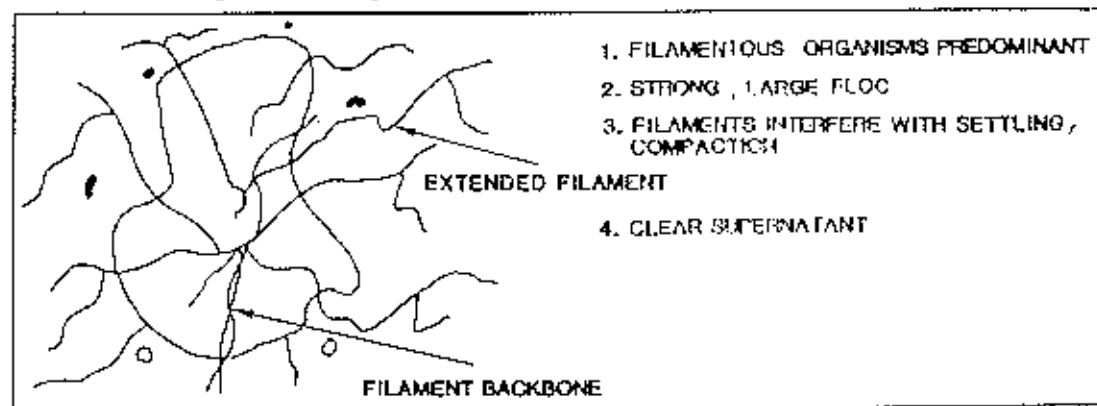
A. Ideal, Non-bulking Activated Sludge Floc.



B. Pin-point Floc.



C. Filamentous Bulking Activated Sludge.



Figur 4. Filamentøse mikroorganismer og deres innvirkning på biologiske renseprosesser (fra /2/).

Årsakene til at vekst av filamentøse organismer utvikler seg til et driftsproblem kan være mange. Noen betingelser som kan bidra til etablering av filamentøse typer er vist i figur 5. Typer som er understreket representerer bakterier som i dette prosjektet ble brukt til å finne ut om lavt O_2 -innhold, lav organisk belastning, sulfidinnhold eller galt forhold mellom næringsstoffene kan være årsaken til de overnevnte problemene i tidligere pilotforsøk.

Mulige årsaker til driftsproblemer	Typiske filamentøse typer
Lavt O_2 innhold	type 1701, <u>S. natans</u> , H. hydrossis
Lav organisk belastning	M. parvicella, H. hydrossis, Nocardia sp, <u>types 021N</u> , 0041, 0675, 0092, 0581 0961, 0803.
Anaerobt sulfidholdig avløpsvann	<u>Thiothrix sp.</u> , Beggiatoa og <u>type 021N</u>
Galt forhold mellom næringsstoffer	<u>Thiothrix sp.</u> , S. natans, <u>type 021N</u> og muligens H. hydrossis og type 0041 og 0675
Lav pH	sopp

Richard et al. 1982a; Strom and Jenkins 1984.

Figur 5. Mulige årsaker til driftsproblemer pga. filamentøse mikroorganismer. Bakterietyper som ble brukt i dett prosjektet er understreket (fra ref. /3,4/).

2.3.2 Metoder

De mikrobiologiske undersøkelser ble gjort en eller to ganger per uke. Hovedparametrene er vist nedenfor.

A. Anleggsbesøk

1. Generelt utseende
2. Filmtykkelse
3. Lukt
4. Farve
5. Utslippskvalitet - visuelt
6. Driftsforhold og evt. problemer oppgitt av operatøren
7. Prøver tatt for mikroskopi og eventuell måling av biomasse

B. Mikroskopiske analyser av alle prøver

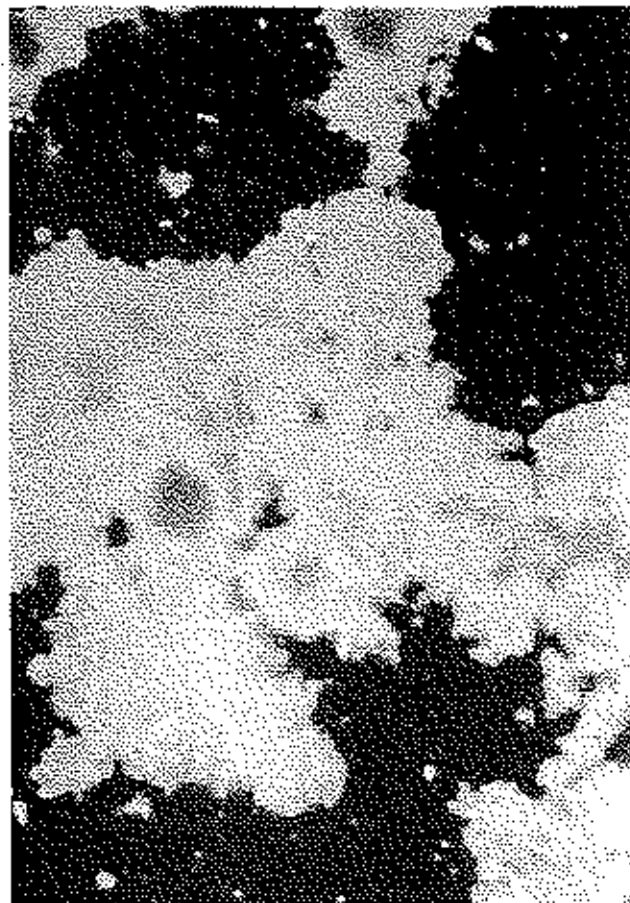
1. Generelt utseende ved ca. 100 x forstørrelse (se figur 6)
2. Biofilm "floc" størrelse, sammensetning og struktur
3. Sammensetning av det biologiske samfunn ("diversity")
4. "Filament Count" for å kvantifisere mengde og effekt av filamentøse typer. En skala fra 0 til 5 brukes, der "0" betyr ingen forekomst, mens "5" betyr skikkelig utvikling og evt. driftsproblemer

C. Biokjemiske analyser av prøver som er positive mhp. filamenter

Følgende tester ble gjennomført for å identifisere ulike typer i følge matrisen i figur 7. Eksempler på de forskjellige testene er vist i figur 8.

1. Gram farve - skiller mellom de to hovedtypene
2. Neisser farve - identifiserer typer som lager "polyphosphate granules" (polyfosfat-korn)
3. S-Test - identifiserer typer som lager "sulfur granules" (svovel-partikler)

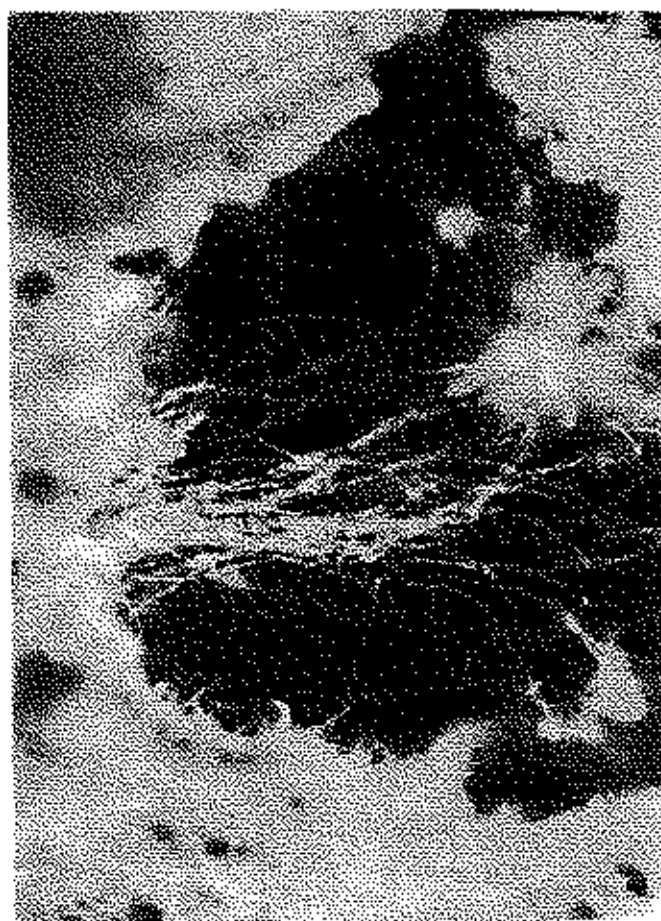
D. Biomasse (g tørrvekt/m²) ble målt periodevis



A



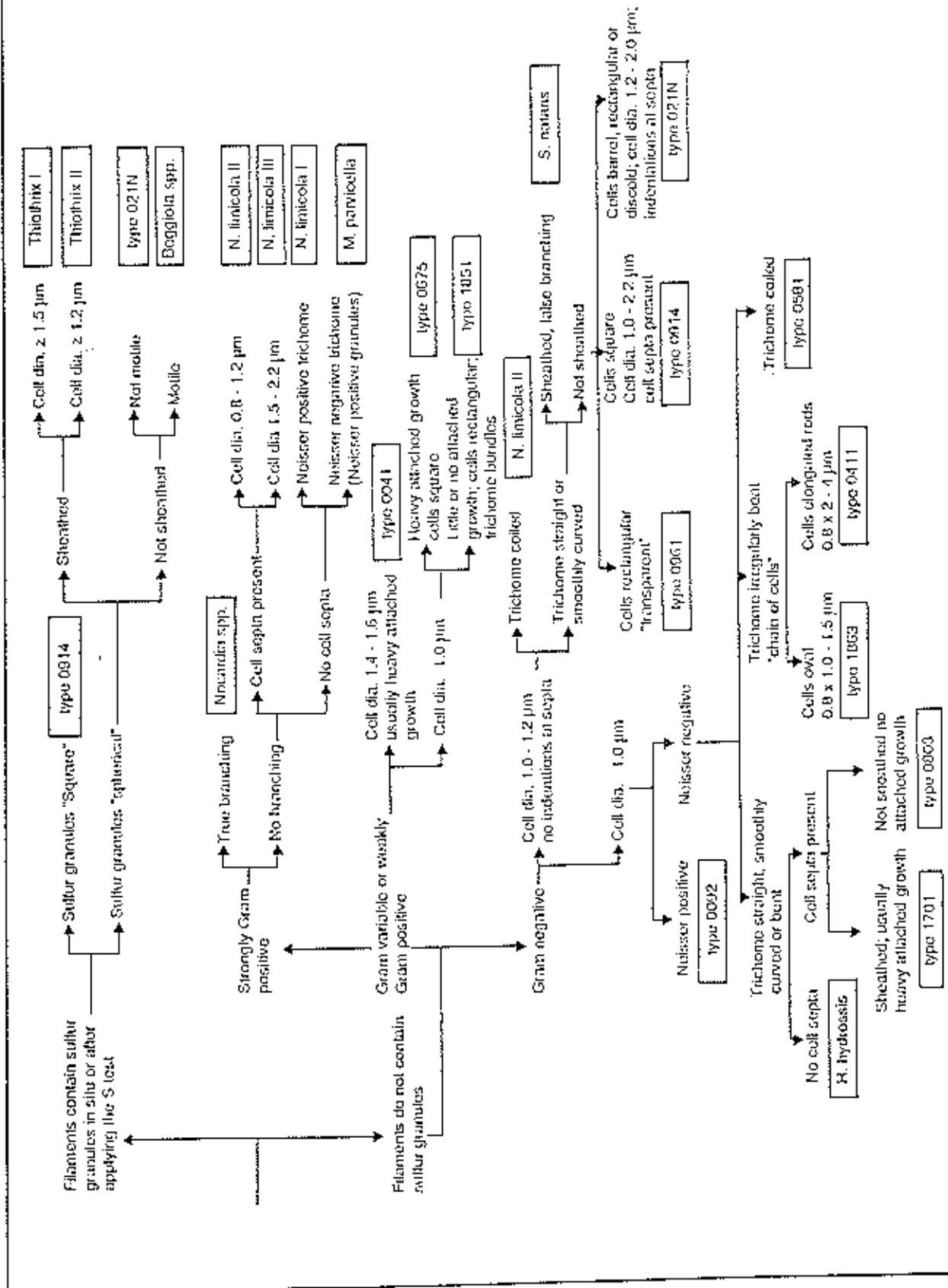
B



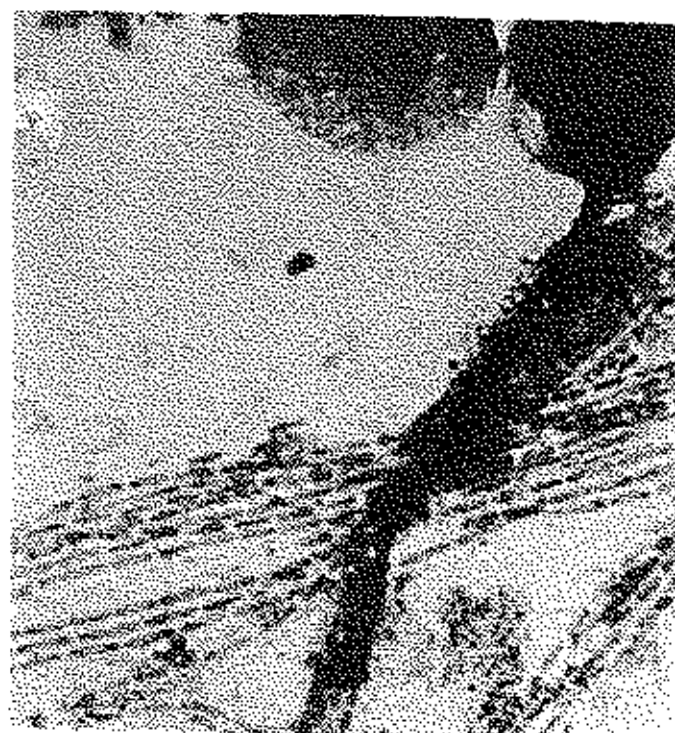
C

Figur 6. Generelt utseende med 100 x forstørrelse. Typisk biofilm "floc" (foto A); Overvekst av sopp (foto B). Betydelig, men akseptabel vekst av filamentøse typer (foto C).

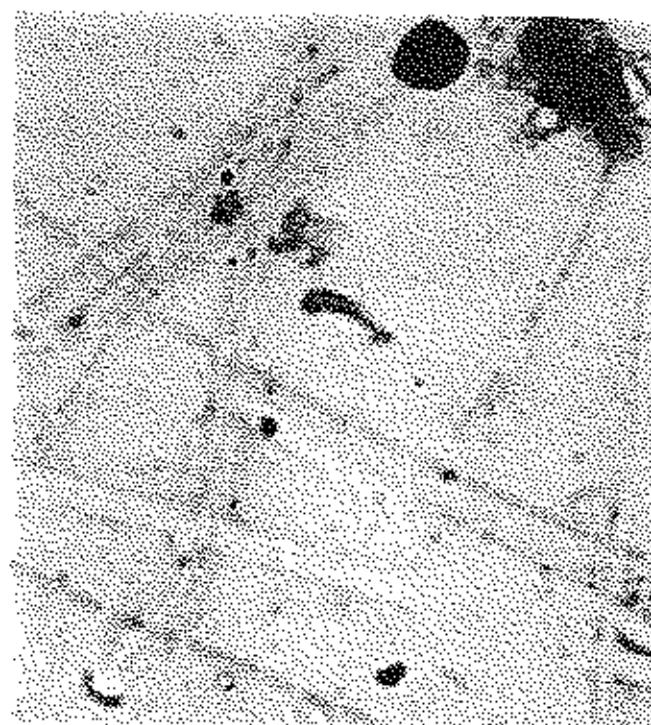
Matrise over problematiske typer



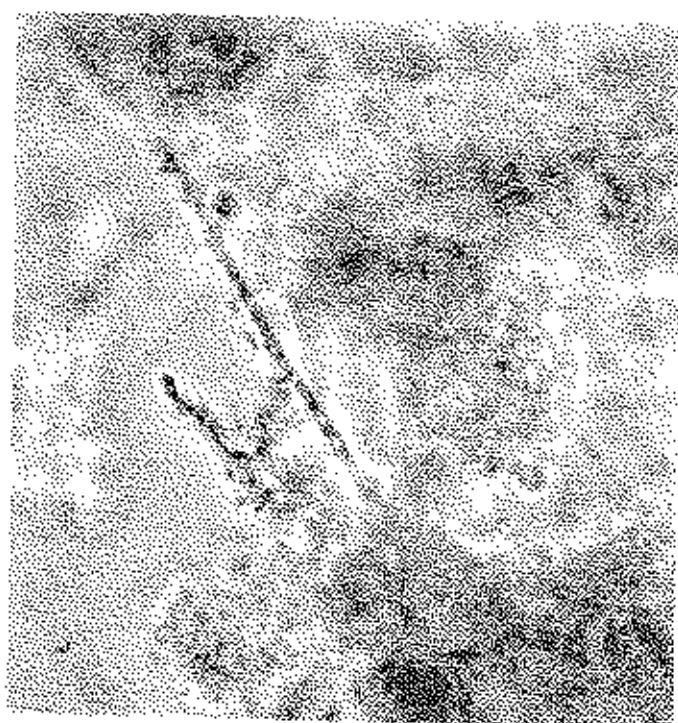
Figur 7



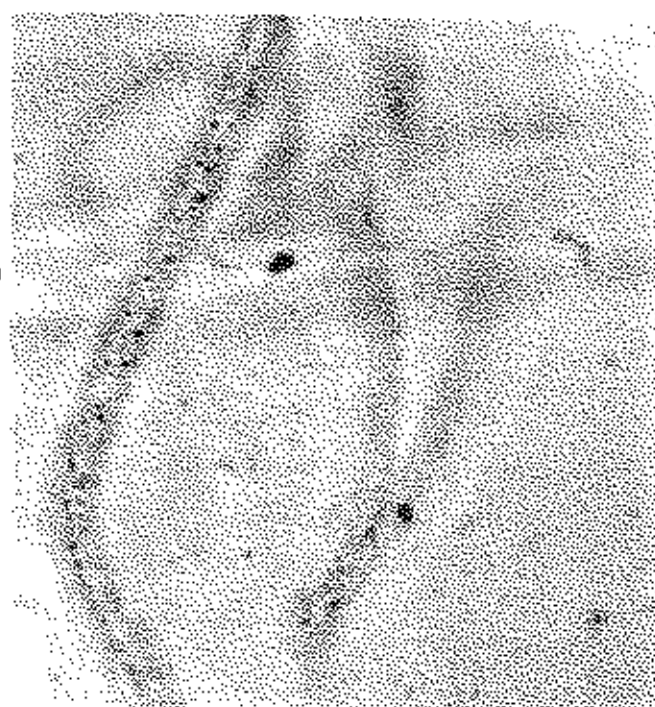
A



B



C



D

Figur 8. Biokjemiske analyser. Foto A, Gram (-) filamenter. Foto B, Neisser (+) filamenter. Foto C, positiv S-test uten behandling viser betydelig svovel-innhold. S-granuler er lyspunkter langs det store filamentet i midten av bildet. Foto D, positiv S-test etter behandling for å stimulere lagring av S-granuler (mørke punkter langs filamentene). (960 x forstørrelse)

2.4 Forsøksopplegg for første periode

I første forsøksperiode ble parametre som type fellingskemikalier, fosfortilsetting, organisk belastning og temperatur variert. Hensikten var å se om noen av disse driftsbetingelsene ville føre til oppblomstring av filamentøse bakterier. I denne forsøksperioden ble poding av filamentøse bakterier ikke benyttet.

Første forsøksperiode skulle vare i 5 uker. Motoren til biorotor 6, som gikk ved lav temperatur, stoppet 22.07.88. Denne ble ikke reparert på flere uker. Av denne grunn måtte forsøksperioden forlenges, slik at vi kunne få med resultater fra forsøk ved lav temperatur. Denne lavtemperaturperioden vil bli referert til som forsøksperiode 1B. I denne perioden ble det brukt tre biorotorer. To av disse gikk ved lav temperatur, mens den tredje ble brukt som referanse ved romtemperatur.

Tabell 1 gir en oversikt over forsøksopplegget i periode 1A og 1B.

Tabell 1. Oversikt over forsøksopplegget i første periode (periode 1A og 1B).

a) Periode 1A, fra 5.07.88 til 12.08.88.

Rotor	Fellingskemikalier	Tilsetting	Temperatur	Organisk belastning
1	AVR	-	Romtemp.	Normal
2	Jernklorid	-	Romtemp.	Normal
3	Jernklorid + sjøvann	-	Romtemp.	Lav
4	Jernklorid + sjøvann	Fosfor	Romtemp.	Normal
5	Jernklorid + sjøvann	-	Romtemp.	Normal
6	Jernklorid + sjøvann	-	Lavtemp.	Normal

b) Periode 1B, fra 15.08.88 til 12.09.88

Rotor	Fellingskjemikalier	Tilsetning	Temperatur	Organisk belastning
3	Jernklorid + sjøvann	-	Romtemp.	Normal
4	Jernklorid + sjøvann	-	Lavtemp.	Lav
5	Jernklorid + sjøvann	-	Lavtemp.	Normal

2.5 Forsøksopplegg for andre periode

Forsøksopplegget for andre periode ble planlagt på grunnlag av resultatene fra første periode (se pkt. 3.). Disse tydet på at type fellingskemikalie og bruk av sjøvann ikke hadde betydning for tilstedeværelse av filamentøse bakterier.

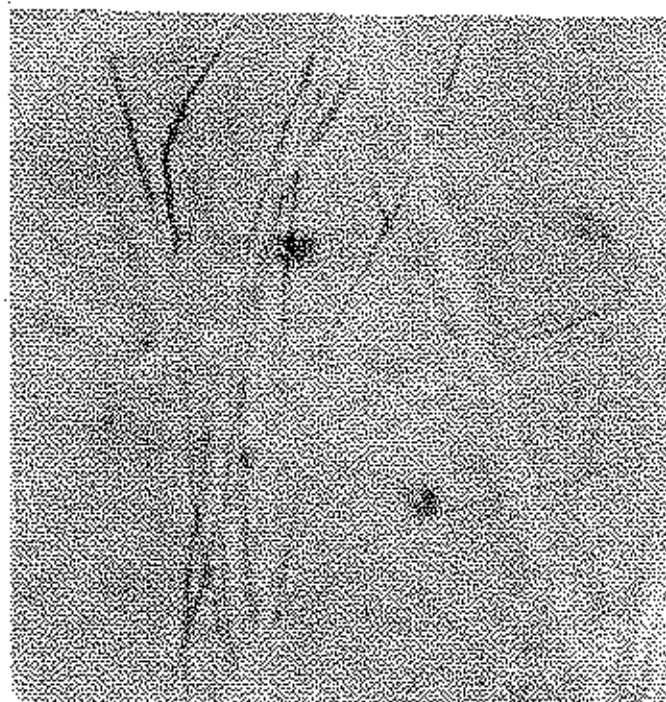
Det var bare 2 tilfeller av tilfeldig forekomst av filamentøse organismer i den første forsøksperioden. Derfor ble det i andre periode planlagt å pøde anlegget med forskjellige kulturer som er kjent for å føre til problemer på biologiske avløpsrensaneanlegg. Målet var å finne ut under hvilke betingelser disse organismene kunne etablere seg.

Andre forsøksperiode ble delt inn i to faser. I forsøksperiode 2 A, hvor biorotorene gikk med normal organisk belastning, ble disse pødet med en rekke kjente problematiske filamentøse organismer. Etter hver pøding ble den mikrobiologiske sammensetningen vurdert. Rotor 3 gikk uten pøding, som en kontroll.

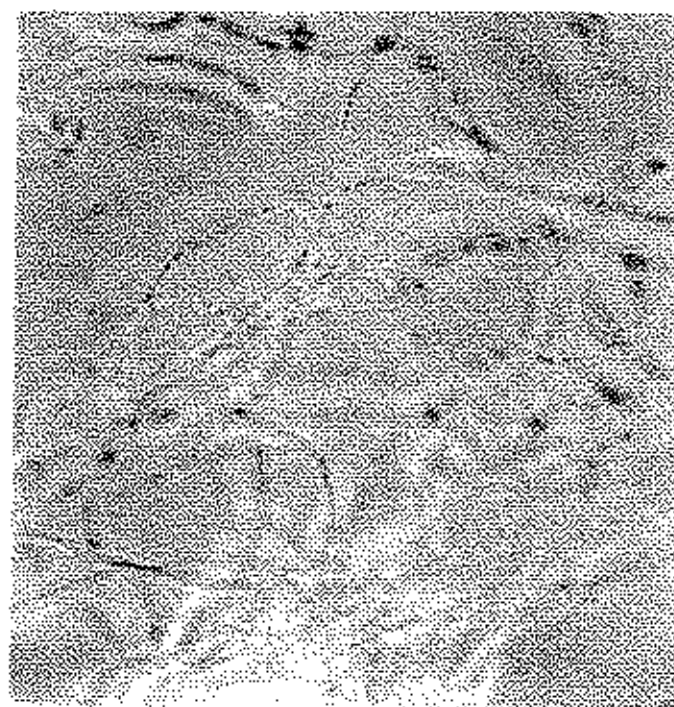
Dato for pøding og type kultur er vist i tabell 2 nedenfor. De rene kulturene kom fra USA og de ble dyrket opp i syntetiske media i 3 til 7 døgn før pøding. Figur 9 viser fotografier av de organismene som ble brukt til pøding.

Tabell 2. Oversikt over podedato og podemateriale i forsøksperiode 2A.

Podedato	Kultur
31.10.88	Slam fra et biorotoranlegg i Akershus som har problemer med filamentøse typer.
04.11.88	<u>Sphaerotilus natans</u>
15.11.88	<u>Thiothrix</u> Strain I
22.11.88	Eikelboom type 021 N Strain B



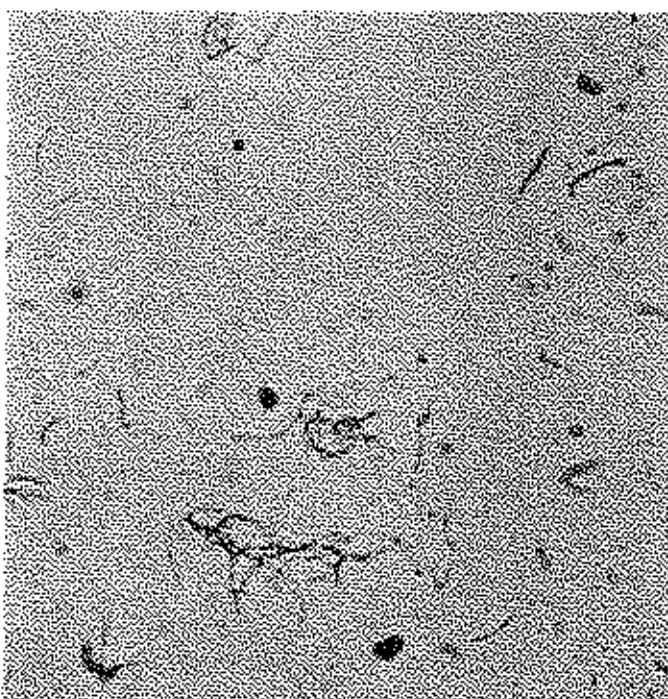
A



B



C



D

Figur 9. Forskjellige filamentøse typer brukt i prosjektet. Foto A, naturlig slam fra biorotoranlegg i Akershus; Foto B, Eikelboom Type 021 N; Foto C, *Thiobacillus* Strain I; Foto D, *Sphaerotilus natans*. (384 x forstørrelse)

I forsøksperiode 2B ble den organiske belastningen gradvis øket, slik at vi kom opp i meget høye belastninger. Bare rotor 2 og rotor 6 var i drift i denne perioden.

Tabell 3 viser en oversikt over forsøksopplegget i andre periode.

Tabell 3. Oversikt over forsøksopplegget i andre periode (periode 2A og 2B).

a) Periode 2A, fra 12.10.88 til 25.11.88

Rotor	Fellingskjemikalier	Tilsetning	Poding	Temperatur	Organisk belastning
1	Jernklorid + sjøvann	-----	Ja	Romtemp.	Normal
2	Jernklorid + sjøvann	Fosfor	Ja	Romtemp.	Normal
3	Jernklorid + sjøvann	Fosfor	Nei	Romtemp.	Normal
4	Jernklorid + sjøvann	Fosfor	Ja	Romtemp.	Normal
5	Jernklorid + sjøvann	-----	Ja	Lavtemp.	Normal
6	Jernklorid + sjøvann	Fosfor	Ja	Lavtemp.	Normal

b) Periode 2B, fra 28.11.88 til 19.12.88.

Rotor	*Fellingskjemikalier	Tilsetning	Poding	Temperatur	Organisk belastning
2	(Jernklorid) + sjøvann	-----	Nei	Romtemp.	Høy
6	(Jernklorid) + sjøvann	-----	Nei	Lavtemp.	Høy

* For å få høy organisk belastning ble etter hvert forfellt vann blandet med forsedimentert vann tilsatt sjøvann. Til slutt ble det brukt bare forsedimentert vann tilsatt sjøvann.

I andre forsøksperiode ble det også foretatt mikrobiologiske undersøkelser av biomassen på den Mecana biorotoren som SRV har hatt i drift.

3. RESULTATER FRA FØRSTE FORSØKSPERIODE

3.1 Vannkjemiske analyser

De viktigste resultatene fra første forsøksperiode er sammenstilt i tabellene 4 og 5. Avløpsvannet har vært tynt, og dette har også medført at renseeffektene med hensyn på TOC har vært relativt lave. Av de biorotorene som ble tilført vann fellet med sjøvann og jernklorid, var renseeffekten lavest i den rotoren som ble tilsatt fosforsyre. Dette kan inidlertid forklares med at innløpskonsentrasjonen av TOC var lavest i denne rotoren.

Tabell 5 viser også en klar sammenheng mellom innløpskonsentrasjon og renseeffekt. Innløpskonsentrasjonene ser ut til å være viktigere enn temperatur og organisk belastning i det testede området fra 9 til 15 g TOC/m²d.

I forsøksperiode 1B var det stort standardavvik på jerninnholdet i innløpsvannet til rotorene 4 og 5. Dette skyldes ekstremt høye jernkonsentrasjoner i de to siste prøvene. Betydningen av dette blir diskutert senere.

Tabell 4: Fellingsbetingelser, temperatur, organisk belastning og konsentrasjoner i forsøksperiode 1A.

Rotor	AVR	FeCl ₃	Sjø- vann	PO ₄ -P	Temp. °C	Org.belastn. gTOC/m ² d	TOC, mg/l		TOC-red.		PO ₄ -P, mg/l	
							Inn		%	Inn	Inn	Ut
1	X				17,9 ± 0,9	10,2 ± 4,3	9,7 ± 3,2	24 ± 18		~0		~0
2		X			18,2 ± 0,8	9,6 ± 6,0	9,0 ± 4,6	21 ± 18		~0		~0
3		X	X		18,1 ± 0,8	4,3 ± 2,1	7,9 ± 3,1	42 ± 18		~0		~0
4		X	X	X	17,6 ± 0,7	8,5 ± 3,9	7,3 ± 2,6	27 ± 21	1,18 ± 0,27			1,05 ± 0,31
5		X	X		18,1 ± 0,8	9,6 ± 4,3	8,7 ± 3,5	42 ± 19		~0		~0
6*		X	X		9,4 ± 3,2	2,8 ± 1,2	5,2 ± 2,1	20 ± 4		~0		~0

Rotor	Tot.-Fe, mg/l		SO ₄ , mg/l	
	Inn	Ut	Inn	Ut
1	1,1 ± 0,6	0,8 ± 0,3	87 ± 16	84 ± 10
2	6,2 ± 3,9	4,1 ± 3,6	77 ± 14	75 ± 14
3	5,3 ± 2,2	1,7 ± 1,3	122 ± 20	116 ± 20
4	3,2 ± 0,7	2,6 ± 2,5	123 ± 16	126 ± 19
5	4,9 ± 3,1	2,6 ± 2,7	120 ± 17	121 ± 22
6	1,4**	1,5 ± 1,3	143 ± 11	140**

* Ikke i drift etter 22.07.88
 ** Bare en måling

Tabell 5: Fellingsbetingelser, temperatur, organisk belastning og konsentrasjoner i forsøksperiode 1B.

Rotor	FeCl ₃	Sjø- vann	Temp. °C	Org. belastn. g TOC/m ² d	TOC, mg/l		TOC-red.		Tot.-Fe, mg/l		SO ₄ , mg/l	
					Inn	Ut	Inn	Ut	Inn	Ut	Inn	Ut
3	X	X	17,4 ± 0,4	14,9 ± 4,4	6,7 ± 1,8		8 ± 13		3,9 ± 1,2	2,0 ± 0,6	121 ± 8	126 ± 7
4	X	X	9,8 ± 2,8*	9,3 ± 3,3	8,3 ± 3,2		19 ± 16		5,9 ± 5,9	3,4 ± 1,7	123 ± 7	120 ± 9
5	X	X	9,6 ± 2,8*	15,4 ± 3,6	7,1 ± 1,6		12 ± 13		5,6 ± 3,9	3,3 ± 1,4	118 ± 4	118 ± 7

* De siste to ukene av forsøksperioden var temperaturen 6,8 ± 1,5 °C i rotor 4 og 6,6 ± 1,1 °C i rotor 5.

3.2 Undersøkelser av biofilmen

Biofilmen utviklet seg normalt på alle biorotorene. Biorotorene hadde tykkeste biofilm ved høy organisk belastning. Det ble aldri observert filamentøse bakterier i så store mengder at det kunne føre til gjentetting.

Alle biorotorene hadde biofilm med en normal og mangfoldig sammensetning av mikroorganismer. Det ble funnet organismer i alle de trofiske nivå som er vanlige i en "sunn" biologisk renseprosess. Hele biofilmen så ut til å være aerob og det ble ikke observert sopp av betydning.

Vekst av filamentøse organismer ble observert tre ganger, som vist i tabell 6. De to første gangene ble de filamentøse bakteriene aldri etablert, og de forsvant etter noen dager. Dette tyder på at driftsbetingelsene ikke lå til rette for etablering av filamentøse bakterier i så store mengder at de kan forårsake problemer (dvs. "Filament Count" på 4 eller 5). I det siste tilfellet (12.09.88), hvor biorotorene gikk ved lav temperatur, var de filamentøse bakteriene tilstede i over en uke, helt til forsøksperioden måtte avsluttes.

Tabell 6. Observasjon av filamentøse organismer.

Forsøksperiode	Dato	Rotor	"Filament Count"	Type
1A	08.07.88	2	3	Thiothrix eller 0914
1A	12.08.88	1	1	0092
1B	12.09.88	4+5	1	0092 og Thiothrix eller 0914

3.3 Vurdering av resultatene fra første forsøksperiode

På grunnlag av resultatene fra første forsøksperiode kunne vi trekke følgende foreløpige konklusjoner:

- Sulfatinnhold (sjøvann) ikke signifikant for etablering av filamentøse organismer ved organiske belastninger $\leq 15 \text{ g TOC/m}^2\text{d}$.

- b) Jerninnholdet kan ha betydning for etablering av filamentøse organismer. Før observasjonene av filamentøse organismer 08.07.88 og 12.09.88 var jerninnholdet betydelig høyere enn normalt. Konsentrasjonen av suspendert stoff inn på rotorene var også høyere enn normalt på disse dagene.
- c) Lav temperatur kan ha betydning for etablering av filamentøse organismer.
- d) Organisk belastning, innenfor det variasjonsområdet vi har testet, ser ikke ut til å være avgjørende for tilstedeværelse eller etablering av filamentøse organismer. Høyere belastning gir imidlertid en tykkere biofilm.

4. RESULTATER FRA ANDRE FORSØKSPERIODE

4.1 Vannkjemiske analyser

Alle resultatene er listet opp i tabellene 9 til 14 i vedlegg. Driftsbetingelsene og de viktigste resultatene er sammenstilt i tabell 7.

I forsøksperiode 2A var avløpsvannet meget tynt, og dette har medført at renseeffektene med hensyn på TOC ble lave. Med innløpskonsentrasjoner på ca. 7 mg TOC/l ble det oppnådd renseeffekter fra 4 - 10 %. Rotor 6 oppnådde en renseeffekt på 20 % med en midlere innløpskonsentrasjon på ca. 9 mg TOC/l. Det er her viktig å være klar over at tidligere korrelasjoner (se figur 3) har vist at en restkonsentrasjon på 0 mg BOD₇/l tilsvarer ca. 5 mg TOC/l. Det betyr at av den TOC som ble tilført biorotorene var mesteparten vanskelig biologisk nedbrytbar. Middelverdiene for utløpskonsentrasjonen av DOC varierte fra 4,3 til 5,0 mg/l for de 6 rotorene.

Resultatene fra rotor 1, 2 og 3 viser at rotor 2, som ble tilsatt fosfor, hadde best renseeffekt. Forskjellen er imidlertid ikke signifikant fordi standardavvikene er 3 til 4 ganger større enn forskjellen i renseeffekt.

Den organiske belastningen ble skrudd kraftig opp i forsøksperiode 2B. Med en midlere belastning på ca. 100 g TOC/m²d og innløpskonsentrasjoner på 16 til 17 mg TOC/l ble det målt midlere renseeffekter på 5 % og 9 %. For å komme opp i denne høye organiske belastningen måtte vannføringen til rotorene være så stor at den hydrauliske oppholdstiden (kontaktiden mellom biofilmen og vannet) ble redusert til under 4 minutter.

Ved denne høye belastningen ble det observert en kraftig økning av utløpskonsentrasjonen av suspendert stoff. Biofilmslam med dårlig sedimenterbarhet er vanlig forekommende ved høybelastede biofilmanlegg. Utløpskonsentrasjoner av DOC steg fra ca. 5 mg/l ved lav belastning til ca. 8 mg/l ved belastningen på ca. 100 g TOC/m²d.

Tabell 7: Fellingsbetingelser, temperatur, organisk belastning og konsentrasjoner i forsøksperiode 2.

Rotor	Dato	FeCl ₃	Sjø- vann	PO ₄ -P	Temp. °C	Org. belastn. gTOC/m ² -d	TOC, mg/l Inn	TOC-red. %	PO ₄ -P, mg/l Inn	Ut	forts.
1	17.10-25.11	X	X		15,9±0,5	16,3±3,4	7,3±1,6	4,2±10,3	≤0,01	≤0,01	
2	17.10-25.11	X	X	X	15,8±0,5	16,1±3,1	7,1±1,3	8,5±11,8	0,34±0,08	0,35±0,07	
5	17.10-25.11	X	X		8,3±0,5	16,3±4,2	7,4±1,8	5,5±11,8	≤0,01	≤0,01	
6	17.10-25.11	X	X	X	8,6±0,5	20,3±9,2	9,3±4,3	20,0±21,8	0,35±0,07	0,36±0,07	
3	17.10-25.11	X	X	X	16,1±0,4	11,3±1,9	6,9±1,2	10,1±12,4	0,39±0,11	0,37±0,09	
4	17.10-25.11	X	X	X	15,8±0,4	11,3±2,4	6,9±1,5	6,0±12,8	0,35±0,11	0,35±0,08	
2	5.12-19.12	(X)	X		15,8±0,6	102±27	17,3±4,6	4,5±9,7	0,45±0,35	0,40±0,33	
6	5.12-16.12	(X)	X		12,0±0,6	100±24	16,2±3,4	9,0±12,9	0,33±0,34	0,31±0,32	

Rotor	Filt.-Fe, mg/l Inn	Ut	SO ₄ , mg/l Inn	Ut
1	0,13±0,08	0,09±0,04	127±7	116±12
2	0,11±0,04	0,10±0,03	120±9	121±7
5	0,12±0,06	0,10±0,04	123±8	119±9
6	0,11±0,04	0,11±0,03	115±8	120±7
3	0,12±0,06	0,11±0,03	121±7	119±9
4	0,11±0,04	0,11±0,03	122±9	115±8
2	0,19±0,12	0,16±0,04	110±0	113±3
6	0,17±0,10	0,15±0,05	110±0	113±3

Belastninger over 100 g TOC/m²d er utenkelig i fullskala biorotoranlegg som renser kommunalt avløpsvann med normale konsentrasjoner. Man ville i så fall få ekstremt tykk biofilm og anaerobe forhold. I våre forsøk var imidlertid midlere oksygeninnhold i vannfasen i biorotorene henholdsvis 2,4 mg O₂/l for rotor 2 og 3,2 mg O₂/l for rotor 6. Dette er mulig fordi små biorotorer har mye større oksygenoverføring (pr. arealenhet biofilm) enn store biorotorer, mye av den målte TOC-belastningen er vanskelig biologisk nedbrytbar og fordi innløpskonsentrasjonen av TOC var lav.

4.2 Undersøkelser av biofilmen

Resultater fra de mikrobiologiske undersøkelsene er vist i tabell 8. De tre hovedparametrene som kunne kvantifiseres, ble registrert, nemlig "Filament Count", "Diversity" og biomasse. De forskjellige filamentøse kulturene ble podet inn i anlegget den 31.10, 4.11, 15.11 og 22.11. Reaktor 3 ble brukt som en kontroll uten poding. Det var bare tilfeldige forekomster i alle tilfellene i løpet av forsøksperiode 2A. Som vist i figur 10 ble filamentene hovedsakelig plassert rundt kanten av "floc"-partiklene. Driftsforholdene var ikke i noen av tilfellene slik at noen av kulturene kunne trives og skape driftsproblemer.

"Diversity" er et mål for sammensetningen av de mikrobiologiske samfunn. En verdi på "1", som var typisk i startfasen, indikerer at bare bakterier forekommer. En verdi på "2" betyr at noen protozoer også har etablert seg, mens "3" betyr at samfunnet er frisk og velutviklet. I dette stadium er også organismer som nematoder eller hjuldyr tilstede. Kvaliteten på utløpsvannet er vanligvis god pga. optimal biologisk rensing. "Diversity" ble i de fleste tilfellene "2" eller "3" etter den 11.11, og fortsatte som velutviklede samfunn uansett driftsforhold.

Tabell 8. Oppsummering av den mikrobiologiske vurderingen i forsøksperiode 2.

<u>DATO</u>	<u>ROTOR</u>	<u>F.C.¹⁾</u>	<u>DIV.²⁾</u>	<u>BIOMASSE</u>	<u>DATO</u>	<u>ROTOR</u>	<u>F.C.</u>	<u>DIV.</u>
<u>BIOMASSE</u>				<u>g/m²</u>				<u>g/m²</u>
24.10.88	1	0	1		15.11.88	1	0	2
	2	0	1		(C)	2	1	1/2
	3	0	1			3	0	2
	4	-	-			4	1	2
	5	0	1			5	1	2/3
	6	0	1			6	0	2/3
31.10.88	1	0	1		18.11.88	1	0	2/3
(A)	2	0	1			2	1	2/3
	3	0	1			3	1	2/3
	4	0	1			4	1	2/3
	5	-	-			5	0	2/3
	6	-	-			6	0	2/3
04.11.88	1	0	2		22.11.88	1	0	2
(B)	2	0	2		(D)	2	1	2/3
	3	0	2/3			3	1	3
	4	0	2/3			4	1	2/3
	5	0	2			5	1	3
	6	0	2			6	1	2/3
07.11.88	1	0	2	16,4				
	2	0	2/3	14,9	28.11.88	2	1	3
	3	0	2	10,2	(E)	6	0	2
	4	-	2/3	5,3				
	5	0	1/2	2,8	02.12.88	2	0	3
	6	-	1	6,9		6	0	2/3
09.11.88	1	0	3	19,9				
	2	0	2/3	15,4	09.12.88	2	0	3
	3	1	2	14,9		6	0	3
	4	1	3	12,3				
	5	-	1/2	7,2	16.12.88	2	2	3
	6	0	2	12,3		6	2	2
11.11.88	1	0	2		19.12.88	2	5	3+
	2	1	3					
	3	1	2					
	4	0	3					
	5	0	1					
	6	0	2					

(A) Pøde med Akershus filamentøst slam

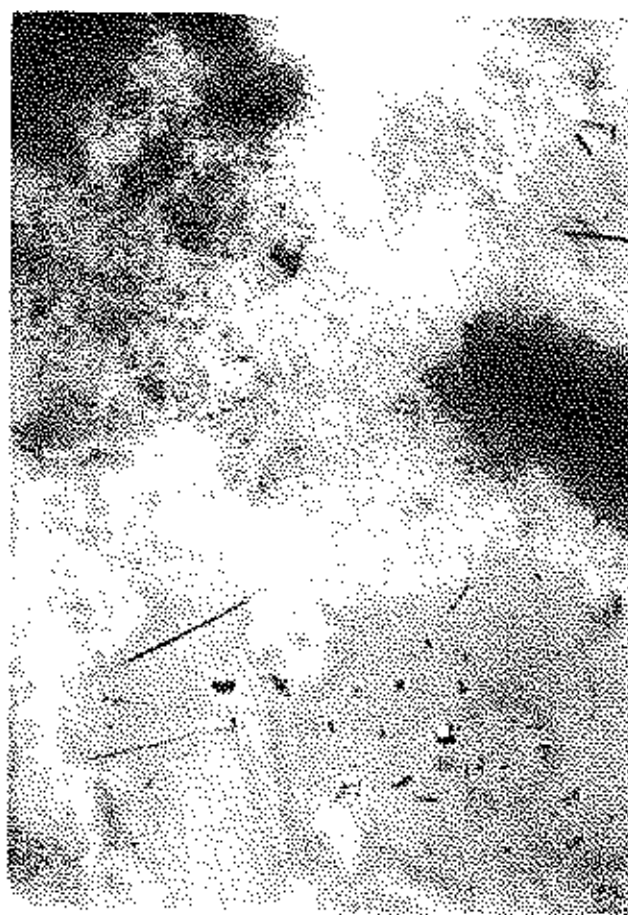
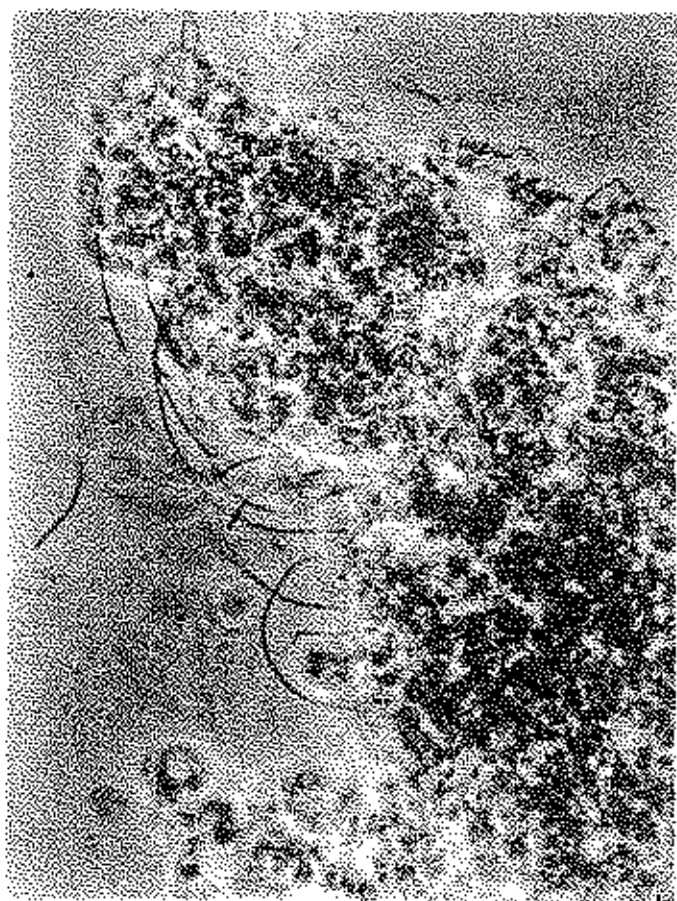
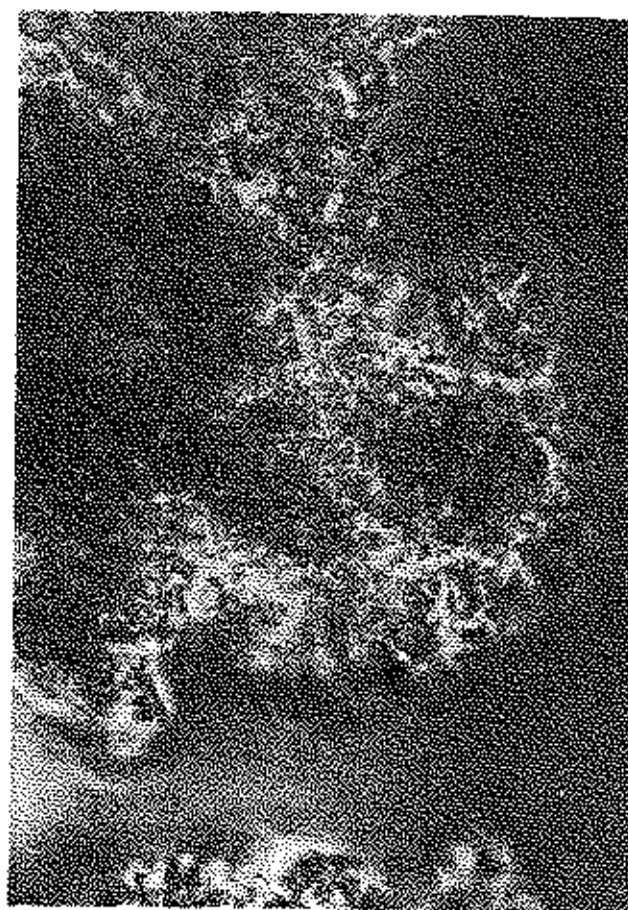
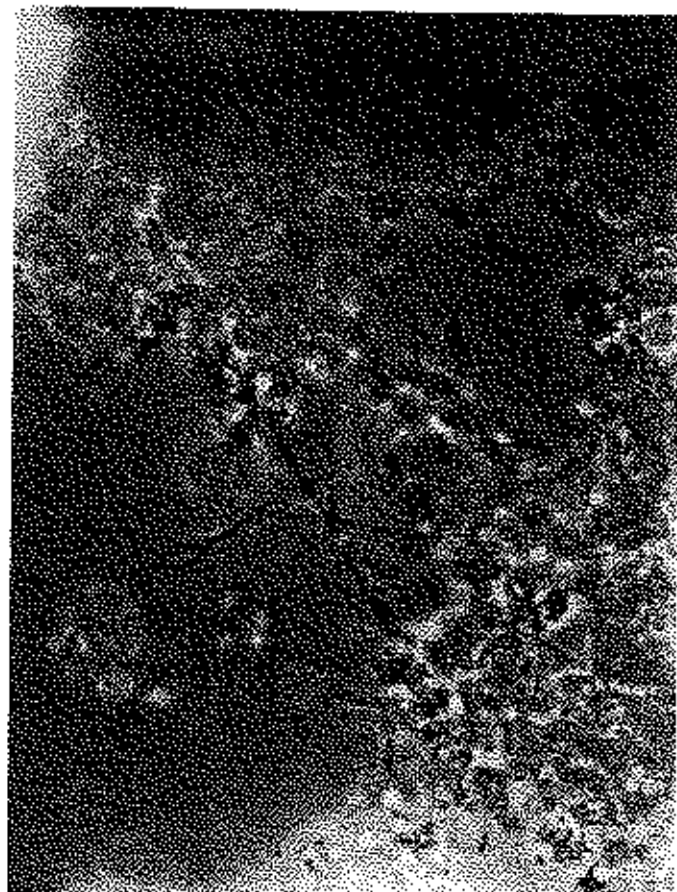
(B) Pøde med *S. natans* kultur(C) Pøde med *Thiodrix* kultur

(D) Pøde med Type 021 N kultur

(E) Begynt trinnsvis økning i belastningen tom. avslutningen

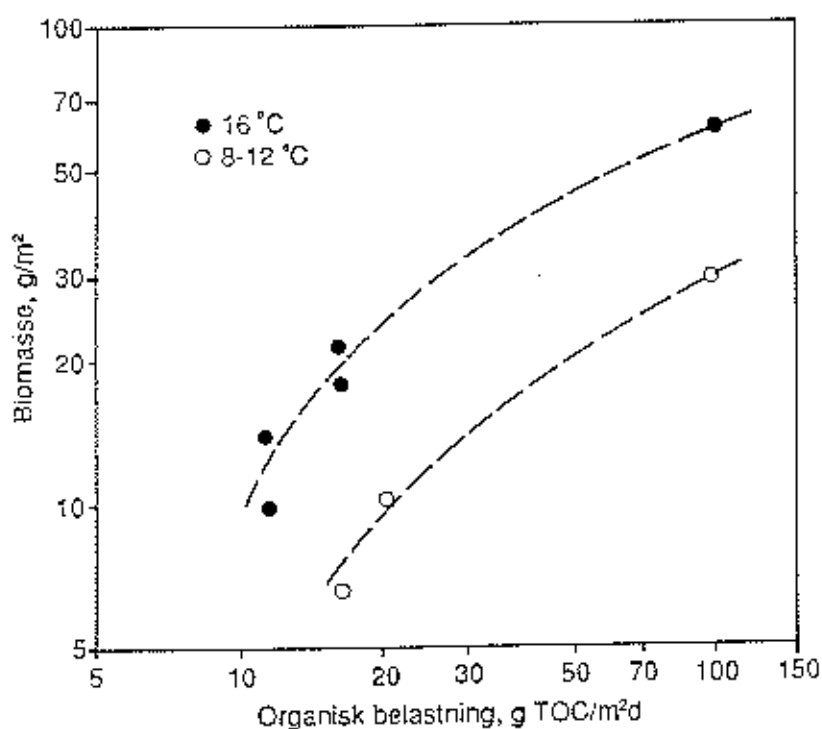
1) Filament Count

2) Diversity



Figur 10. Bilder fra forskjellige biorotorer som viste filamentøs vekst i forsøksperiode 2A. "Filament Count"-verdiene tilsvarer "1" i alle tilfellene. (384 x forstørrelse)

Biomassen ble målt som tørrvekt pr. arealenhet. Biomassen vil normalt være en funksjon av organisk belastning og temperatur, slik som vist i figur 11. I denne figuren er middelerdiene for henholdsvis biomasse og organisk belastning for hver av biorotorene plottet. De to datapunktene ved høy belastning er fra forsøksperiode 2B. Det er viktig å være klar over at denne figuren kun gjelder for situasjonen ved SRV. Et vann med høyere konsentrasjon av lett nedbrytbart organisk stoff ville sannsynligvis ha resultert i mere biomasse ved tilsvarende organiske belastninger.



Figur 11. Biomasse på biorotorene (g tørrvekt/m² biofilmareal) som funksjon av organisk belastning.

Det var ingen skikkelig etablering av filamentøse typer før økningen i den organiske belastningen som tok til den 28.11. Etter ca. 2-3 uker med høy belastning ble en betydelig vekst av filamentøse bakterier påvist i begge de høybelastede biorotorene (se figur 12).

De to hovedartene som ble oppdaget i slutfasen av prosjektet, samt i Mecana biorotoren, var Eikelboom Type 021 N og *Thiothrix* I (se figur 13). Begge artene er Gram (-), Neisser (-) og S-test (+). Lignende arter er også observert i tidligere

pilotundersøkelser, både under perioder beskrevet som problematiske og perioder beskrevet som normale (se figur 14).

Begge artene kan trives dersom man har høyt sulfidinnhold eller galt forhold mellom næringsstoffene. Dessuten kan Type 021 N trives ved lav organisk belastning.

Resultatene fra forsøkene viser at hverken forholdet mellom næringsstoffer ($\pm$ fosfor-tilsetning) eller sulfidinnhold (O_2 var alltid > 2 mg/l) var årsak til etablering av filamentøse typer ved normale organiske belastninger. Ved meget høy organisk belastning kan imidlertid biofilmen bli anaerob, selv om det er rikelig med oksygen i vannfasen. Dermed kan sulfat fra sjøvannet reduseres til sulfid og danne grunnlaget for uønsket vekst av filamentøse organismer.



A

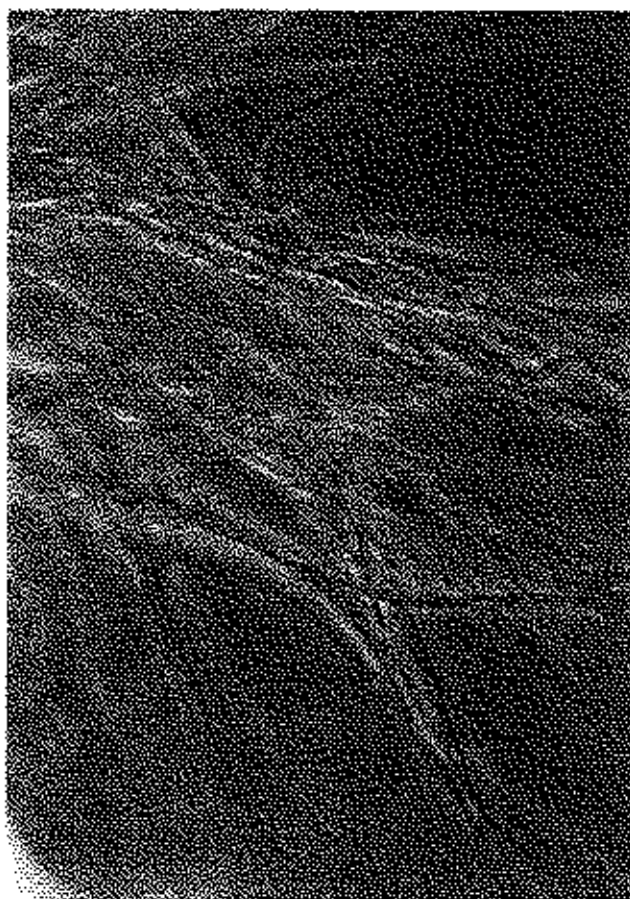
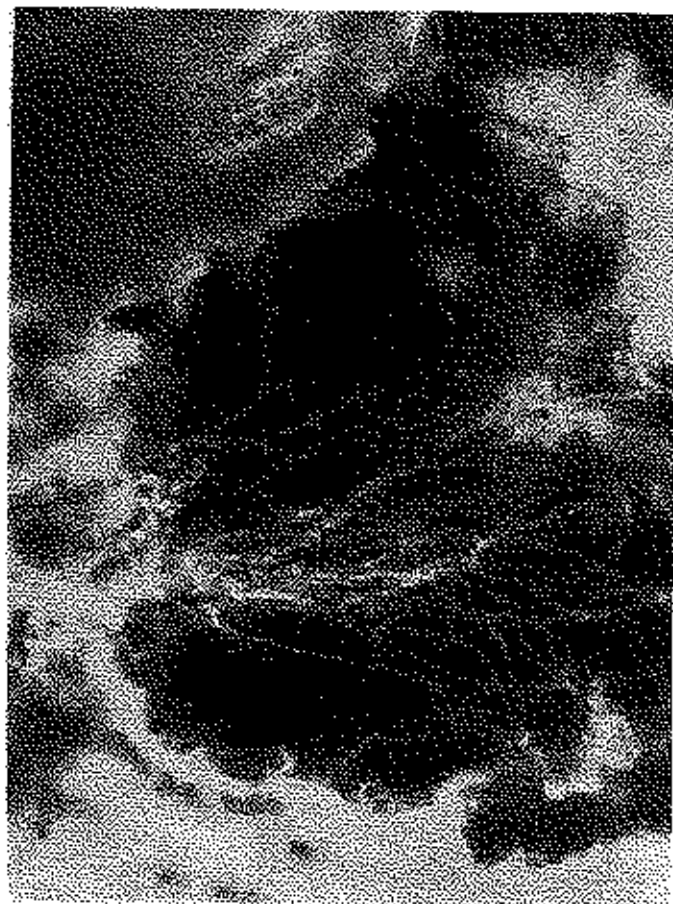


C



B

Figur 12. Filamentøs vekst etter høy organisk belastning. Foto A og B viser vekst på overflaten (A) og gjennom (B) biofilmen. Foto (C) viser anaerobe soner (svarte områder) og filamentøs vekst inne i filmen. (96 x forstørrelse)



Figur 13. Lignende filamentøse typer fra Mecana-biorotoren, tatt i perioden 31.10. til 19.12.88. (96 x forstørrelse)

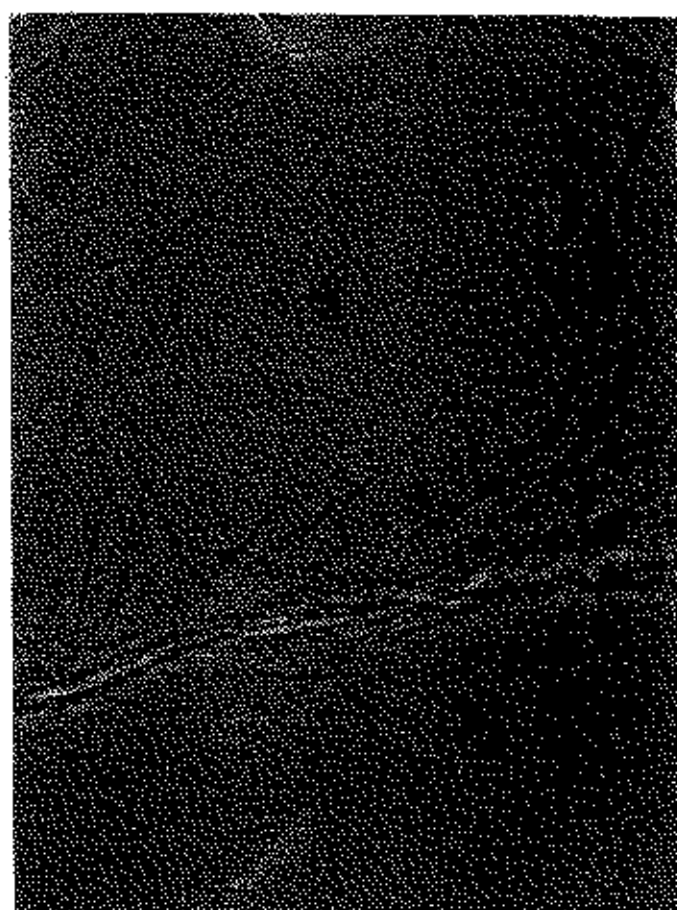


33

A



B



C



D

Figur 14. Samme type filamentøse typer observert i pilot-anlegg under en problemperiode fra 1.11 til 15.12.87 (foto A og B), og under normale forhold etterpå (foto C og D). Bildene er tatt av L. Andren, SRV. (384 x forstørrelse)

5 KONKLUSJON

1. Ingen av de forskjellige driftsforholdene i forsøksanlegget, f.eks. $\pm P$, forskjellige fellingsmetoder, forskjellig temperatur, førte til betydelig vekst av problematiske filamentøse mikroorganismer ved normale organiske belastninger ($\leq 20 \text{ g TOC/m}^2\text{d}$).
2. Betydelig vekst forekom bare ved ekstremt høy organisk belastning ($\approx 100 \text{ g TOC/m}^2\text{d}$).
3. De to hovedtypene som ble identifisert var Eikelboom Type 021 og Thiothrix Type I. Begge typene trives med høye sulfidinnhold, som kan forekomme dersom man opererer med høy organisk belastning. Dette er pga. sulfat (f.eks. fra sjøvann) kan reduseres i biofilmen under høy belastning, fordi O_2 -innholdet inne i biofilmen blir for lavt.

6 LITTERATUR

1. Rusten B., Berg J.D. og Lundar A.: Framdriftsrapport - Forfellingens innflytelse på veksten i et biofilmanlegg. Forsøk i laboratorieskala ved SRV. Aquateam - Norsk vannteknologisk senter A/S, 6.10.88.
2. Jenkins D.: The control of activated sludge bulking. 52 nd Annual Conference WPCF, Monterey, CA, 1980.
3. Richard M.G., et al.: The isolation and characterization of filamentous micro-organisms from activated sludge bulking. Rpt. No. 81-2 SEHRL, Univ. of Cal., Berkeley, CA, 1982.
4. Strom P.F. and Jenkins D.: Identification and significance of filamentous micro-organisms in activated sludge, J. Wat. Poll. Cont. Fed. 56:52, 1984.

VEDLEGG

Diverse data fra andre forsøksperiode.

Tabell 9. Driftsbetingelser og resultater for rotor 1: forsøksperiode 2.

FORSØKSPERIODE 2

ROTOR 1 IFK15 4 sjøvann, romtemperatur

DATE	Dw l/d	pH	O2 g/m3	Temp. C	TDC inn g/m3	TDC ut g/m3	RENESEFF. %	SD07 inn g/m3	SDC ut g/m3	DPH-TIO min.	ØKONOMISK BELASTNING g TOC/m3 d i SD07/SD06	MH-K inn g/m3	MH-K ut g/m3
081014	69,0	8,6	8,5	16,0	8,6			2,9		24,0	8,3	2,7	
081017	145,7	8,5	8,3	16,7	5,7	5,0	11,6	1,2	3,9	10,0	13,0	2,8	3,6
081019	149,8	8,5	5,7	15,9	9,4	8,2	7,7	0,0		9,6	22,5	19,0	
081021	150,0	8,3	4,9	15,9	7,9	8,0	-1,6	5,2		9,6	18,9	12,5	
081024	148,2	8,7	4,3	16,5	8,9	10,9	-11,9	7,0		9,7	21,0	16,6	
081026	143,4	8,6	4,3	16,1	7,1	8,0	3,0	3,8	4,9	10,0	16,2	8,6	15,6
081028	153,6	8,3	7,6	14,6	5,1	5,0	0,8	0,1		9,4	12,4	0,2	
081031	158,5	8,5	4,5	16,3	4,3	4,3	0,7	-1,2		9,1	11,0	-3,0	
081102	130,5	8,7	4,8	15,1	6,9	6,7	2,9	3,5	5,6	10,4	15,3	7,7	11,8
081104	141,4	8,3	2,5	15,1	8,8	7,9	10,9	8,9		10,2	19,9	15,6	
081107	139,2	8,7	2,4	16,2	10,3	9,4	8,1	9,5		10,6	22,1	20,5	
081109	136,1	8,5	5,2	15,6	7,1	8,5	-20,7	3,7	5,3	10,6	15,3	8,0	16,4
081111	167,0	8,5	7,1	16,2	8,5	8,2	27,0	8,2		13,5	14,4	10,6	
081114	127,4	8,4	6,0	16,1	5,8	6,2	-2,4	1,4		11,8	11,3	2,7	
081116	141,1	8,4	5,9	15,8	6,1	5,5	10,0	1,9	5,8	10,2	12,7	4,6	12,8
081118	138,4	8,4	4,0	15,9	7,9	6,7	15,6	5,3		10,4	17,5	11,7	
081121	132,9	8,4	1,5	16,6	8,0	7,2	10,1	5,4		10,8	17,0	11,5	
081123	163,2	8,1	5,2	15,7	5,8	5,6	3,8	1,5	4,4	8,8	15,1	5,8	13,5
081125	145,3	8,3	4,5	16,0	7,1	6,9	3,4	3,8		9,9	16,5	8,9	
17/10-25/11													
1109FL	161,6	8,5	4,8	15,9	7,3	6,9	6,2	4,1	5,0	10,3	16,3	9,0	13,3
ST.NVV3X	12,5	8,1	1,5	8,3	1,6	1,5	10,3	2,8	0,7	1,9	5,4	6,3	4,9

DATE	TP inn g/m3	TP ut g/m3	PO4-P inn g/m3	PO4-P ut g/m3	Tot-Fe inn g/m3	Tot-Fe ut g/m3	Filt-Fe inn g/m3	Filt-Fe ut g/m3	SD4 inn g/m3	SD4 ut g/m3	SS inn g/m3	SS ut g/m3	*FILAMENT COUNT*	*DISSOLV- SITY*	ATCHASSE g/m3
081014	0,22		0,01		3,4		0,70				15				
081017	0,14	0,15	<0,01	<0,01	2,8	2,6	0,20	0,10	125	115	16	16			
081019	0,41		<0,01	0,01	4,7		0,20	0,20			16				
081021	0,31		0,01	0,01	3,9		0,12	0,10			14				
081026	0,36		0,01	0,01	3,8		0,08	0,09			17		8	1	
081028	0,14	0,17	0,02	0,02	2,0	1,5	0,10	0,14	118	114	12	9			
081028	0,17		0,01	0,01	2,7		0,08	0,07			13				
081031	0,18		0,01	0,01	2,8		0,08	0,06			13		6	1	
081102	0,28	0,28	0,03	0,01	4,4	2,4	0,10	0,11	130	125	15	10			
081104	0,35		0,01	0,01	4,3		0,11	0,12			17		8	2	
081107	0,39		0,01	0,01	3,8		0,18	0,12			18		4	2	16,4
081109	0,32	0,57	<0,01	<0,01	1,2	1,5	0,11	0,08	120	99	15	24	6	3	19,9
081111	0,11		0,01	0,01	1,9		0,07	0,04			14		0	2	
081114	0,17		0,01	0,01	1,5		0,10	0,05			13		0	2	27,6
081116	0,22	0,19	0,01	0,01	3,0	2,5	0,10	0,05	140	123	16	11			
081118	0,28		0,01	0,02	3,2		0,06	0,04			13		8	2/3	
081121	0,21		0,01	0,01	3,2		0,39	0,11			14		"	2	
081123	0,27	0,19	0,01	0,01	3,3	2,1	0,08	0,07	120	127	14	9			
081125	0,27		<0,01	0,01	3,6		0,18	0,10			17				
17/10-25/11															
1109FL	0,27	0,25	0,01	0,01	3,1	2,1	0,13	0,09	127	115	16	13			21,3
ST.NVV3X	0,08	0,15	0,01	0,00	1,0	0,3	0,08	0,04	7	12	2	4			4,7

Tabell 10. Driftsbetingelser og resultater for rotor 2:
forsøksperiode 2.

FORSØKSPERIODE 2

ROTOR 2 i FeCl3 + søkvern, romtemperatur, tilsatt fosfor

ØKID	Øv l/d	pH	IT g/m ²	Temp. C	TDC inn g/m ²	ITC ut g/m ²	ROKSEFF. %	SDS inn g/m ²	SDS ut g/m ²	ØFFH.TID min.	ØGGRINNT g	ØLÅRTHSD g	ØGGRINNT g	ØGGRINNT g	ØGGRINNT g	ØGGRINNT g	ØGGRINNT g
ØØ1014	140,7	6,4	6,5	16,1	6,0			1,8		20,4	6,0	2,0					
ØØ1017	126,9	6,5	6,5	15,8	5,2	5,1	2,9	6,4	4,1	20,5	11,5	6,3			3,0	3,6	
ØØ1019	149,2	6,4	5,2	15,9	8,5	8,7	-2,6	6,3		9,7	20,2	15,1					
ØØ1021	147,7	6,2	4,5	15,9	8,0	6,9	14,1	5,9		9,7	16,8	12,7					
ØØ1024	148,9	6,7	4,9	16,4	7,7	8,0	-4,3	4,8		9,7	16,2	11,4					
ØØ1025	145,2	5,7	4,7	16,8	7,1	5,6	20,4	3,7	5,6	9,9	16,3	8,5			16,0	17,2	
ØØ1028	149,4	6,5	7,6	14,5	4,3	4,4	-4,6	-1,4		9,6	10,1	-3,2					
ØØ1031	154,9	6,6	3,9	16,2	4,8	4,4	7,7	-0,4		9,7	11,8	-3,9					
ØØ1032	147,7	6,7	6,1	15,3	7,5	5,0	19,2	4,4	4,7	10,0	17,0	20,1			11,2	11,6	
ØØ1034	146,0	6,6	5,6	15,1	8,6	7,8	9,2	6,5		9,9	20,1	15,2					
ØØ1037	139,0	6,7	1,9	16,1	8,0	9,3	-4,2	6,0		10,4	19,4	15,0					
ØØ1039	147,8	6,5	8,2	15,5	6,9	7,6	-10,4	3,4	5,5	10,1	15,7	7,7			17,3	18,4	
ØØ1041	114,2	6,6	7,2	16,0	8,5	6,6	21,8	6,3		12,6	15,5	11,5					
ØØ1044	132,5	6,4	4,2	15,9	6,0	5,0	16,8	1,8		10,8	12,8	3,9					
ØØ1046	130,9	6,4	5,7	15,4	6,4	5,2	16,5	2,5	4,6	11,0	13,3	5,2			12,7	11,6	
ØØ1048	137,0	6,4	3,8	15,6	6,9	6,7	2,5	3,4		10,4	15,1	7,4					
ØØ1051	125,6	6,4	2,4	16,3	7,7	7,9	-3,3	4,0		10,6	16,6	10,4					
ØØ1053	121,6	6,2	5,0	15,4	7,0	5,6	19,5	3,6	4,3	8,4	19,1	9,7			14,6	15,8	
ØØ1055	147,5	6,3	2,4	15,6	8,0	5,4	32,7	5,7		9,8	10,7	12,6					
ØØ1058	256,8	6,3	4,8	16,5	6,1	7,2	-17,6	2,0		4,0	14,8	21,6					
ØØ1060	409,5	6,2	4,2	15,5	6,7	6,2	6,6	3,9	4,4	3,5	15,1	19,5			14,2	15,2	
ØØ1062	395,1	6,2	5,2	16,2	5,4	4,4	8,6	0,7		3,6	33,8	4,2					
ØØ1065	367,5	6,2	3,7	16,7	9,9	10,3	-4,7	9,7		3,9	37,7	51,2					
ØØ1067	364,9	6,5	2,0	15,9	15,9	14,1	11,6	19,7	7,7	3,9	92,6	114,3			18,2	17,7	
ØØ1069	373,4	6,5	2,8	15,7	12,5	11,7	6,0	13,5		3,9	74,2	80,1					
ØØ1072	369,5	7,0	2,5	15,8	23,1	20,3	12,0	32,5		3,9	125,7	191,3					
ØØ1074	377,9	7,0	2,3	15,0	21,0	19,4	12,5	28,8	9,8	3,0	126,3	173,2			17,2	15,0	
ØØ1076	364,5	6,7	2,2	15,8	21,9	19,9	8,9	30,4		4,0	125,9	176,2					
ØØ1079	373,7	6,8	1,4	16,4	16,9	19,5	-15,4	21,4		3,7	100,6	127,5					

17/10-25/11

MIDDEL

ST. RYK

31,4

5/12-19/12

MIDDEL

ST. RYK

370,2

4,6

ØKID	TP inn g/m ²	TP ut g/m ²	FO4-P inn g/m ²	FO4-P ut g/m ²	Tot-Fe inn g/m ²	Tot-Fe ut g/m ²	Filt-Fe inn g/m ²	Filt-Fe ut g/m ²	SD4 inn g/m ²	SD4 ut g/m ²	SS inn g/m ²	SS ut g/m ²	*FILAMENT COUNT*	*DIVER- SITY*	BIRMING- HAM
ØØ1014	1,06		0,40		2,9		0,15				10				
ØØ1017	0,90	0,09	0,37	0,40	2,6	3,0	0,15	0,15	120	118	11	9			
ØØ1019	1,21		0,36	0,41	3,6		0,10	0,10			12				
ØØ1021	1,18		0,34	0,39	3,6		0,12	0,10			15				
ØØ1024	1,02		0,29	0,41	2,7		0,09	0,21			14				
ØØ1025	1,27	1,10	0,47	0,45	1,5	1,4	0,09	0,19	135	118	10	8			
ØØ1028	1,50		0,50	0,35	2,6		0,07	0,07			11				
ØØ1031	1,69		0,56	0,48	3,0		0,08	0,06			15				
ØØ1032	1,13	0,69	0,32	0,35	3,7	2,4	0,10	0,11	130	125	15	9			
ØØ1034	1,16		0,27	0,38	3,4		0,12	0,11			17				
ØØ1037	1,12		0,21	0,22	3,3		0,14	0,12			17				
ØØ1039	1,11	1,21	0,35	0,29	1,1	1,4	0,12	0,12	115	115	15	16			14,9
ØØ1041	1,19		0,32	0,37	1,8		0,08	0,07			14				
ØØ1044	0,95		0,40	0,36	1,7		0,10	0,06			12				
ØØ1046	1,05	0,98	0,25	0,35	2,7	2,2	0,08	0,08	126	125	11	12			
ØØ1048	1,15		0,37	0,36	2,9		0,07	0,07			14				
ØØ1051	1,06		0,25	0,25	2,3		0,22	0,14			15				
ØØ1053	1,17	1,04	0,33	0,35	2,6	2,4	0,07	0,08	130	117	17	12			
ØØ1055	1,10		0,18	0,21	2,0		0,20	0,08			10				
ØØ1058	0,20		0,01	0,01	3,2		0,13	0,12			10				
ØØ1060	0,26	0,34	0,01	0,01	4,0	5,5	0,22	0,12	125	125	19	14			
ØØ1062	0,18		0,01	0,01	2,4		0,12	0,11			9				
ØØ1065	0,80		0,13	0,09	2,7		0,12	0,11			22				
ØØ1067	1,15	1,06	0,17	0,13	3,1	3,2	0,13	0,14	110	115	34	31			
ØØ1069	0,95	0,84	0,31	0,30	1,8		0,07	0,12			17				
ØØ1072	1,02	1,56	0,43	0,43	3,1		0,14	0,16			42				
ØØ1074	1,81	1,84	1,10	1,09	0,8	0,9	0,17	0,16	110	110	23	27			
ØØ1076	2,46	2,23	0,15	0,08	9,4		0,47	0,22			77				
ØØ1079	2,60	2,17	0,46	0,77	2,0		0,21	0,28			27				

17/10-25/11

MIDDEL

ST. RYK

31,1

0,09

5/12-19/12

MIDDEL

ST. RYK

1,58

0,57

Tabell 11. Driftsbetingelser og resultater for rotor 3:
forsøksperiode 2.

FORSØKSPERIODE 2

ROTOR 3 (FeCl₃ + silvann, tilsatt klorfor, rotemperatur, variabel belastning)

DATO	Dw 1/d	pH	DZ g/m ³	Temp. °C	TDC inn g/m ³	TDC ut g/m ³	REMSSEFF. %	P107 inn g/m ³	DCC ut g/m ³	OFFH.TID min.	DRONKESK TDC/m ² d	DELSTKING g EOD/m ² d	NH4-N inn g/m ³	NH4-N ut g/m ³	
081014	128,2	6,6	7,5	16,2	6,6			7,9		13,2	13,5	6,0			
081017	104,4	6,6	6,0	15,8	5,4	5,5	-2,2	0,7	3,8	13,0	9,0	3,2	2,8	3,5	
081019	112,0	6,6	6,3	16,2	8,7	9,0	-3,3	6,7		12,9	15,6	12,0			
081021	106,5	6,3	5,6	16,4	7,5	7,7	-2,9	4,3		13,3	15,0	7,8			
081024	106,7	6,9	5,2	16,4	7,4	7,8	-5,8	4,3		13,5	12,6	7,3			
081026	107,3	6,6	6,9	16,3	6,2	7,0	-12,9	2,2	4,5	13,6	10,6	3,7	15,8	16,5	
081028	109,4	6,4	7,4	15,1	5,0	4,2	15,7	0,0		13,2	8,7	0,1			
081031	112,6	6,7	4,6	16,5	6,9	4,3	12,3	-0,2		12,8	8,8	-0,4			
081102	98,9	6,7	5,1	15,8	6,8	6,2	8,0	3,2	4,8	14,6	10,7	5,0	13,3	11,6	
081104	102,9	6,6	4,3	15,4	7,1	6,0	4,2	3,9		14,0	11,7	6,3			
081107	98,2	6,7	4,0	16,4	9,1	8,7	4,5	7,3		14,7	14,2	11,4			
081109	94,4	6,5	5,7	16,2	7,9	6,5	16,9	5,1	5,4	15,3	11,8	2,7	16,2	17,7	
081111	88,2	6,7	6,8	16,4	8,1	6,0	26,7	5,6		16,3	11,6	7,9			
081114	94,8	6,5	5,2	16,1	5,4	5,0	8,3	0,8		15,2	8,2	1,2			
081116	98,3	6,5	5,4	15,8	6,6	4,7	29,2	2,8	3,8	14,7	10,3	4,5	12,1	10,7	
081118	102,0	6,5	6,4	15,9	7,3	6,0	17,6	4,1		14,1	11,9	6,7			
081121	96,3	6,5	3,9	16,5	8,3	5,5	33,4	5,9		15,0	12,7	9,0			
081123	105,2	6,4	4,3	15,9	6,2	5,4	34,1	2,2	3,6	13,7	10,5	3,7	14,2	14,4	
081125	106,7	6,4	3,4	16,1	6,8	5,6	17,4	3,2		13,5	11,5	5,4			
17/10-25/11															
NIEDEL	102,6	6,6	5,1	16,3	6,9	5,2	18,1	3,5	4,3	14,1	11,3	5,6	12,1	12,4	
ST. RAVIK	6,5	0,1	1,0	0,4	1,2	1,4	12,4	2,2	0,6	0,9	1,9	3,5	4,5	4,7	
DATO	TP inn g/m ³	TP ut g/m ³	FO4-F inn g/m ³	FO4-F ut g/m ³	Tot-Fe inn g/m ³	Tot-Fe ut g/m ³	Filt-Fe inn g/m ³	Filt-Fe ut g/m ³	SO4 inn g/m ³	SO4 ut g/m ³	SS inn g/m ³	SS ut g/m ³	"FILAMENT COUNT"	"DIVERS- SETY"	DISSOLUS g/m ²
081014	1,31		0,28		3,1		3,20				14				
081017	1,13	1,02	0,39	0,32	3,2	2,8	0,20	0,15	120	110	8	10			
081019	1,14		0,32	0,37	3,2		0,20	0,20			14				
081021	1,18		0,42	0,41	3,4		0,12	0,10			14				
081024	1,63		0,36	0,38	2,9		0,13	0,12			16		0	1	
081026	1,56	1,36	0,69	0,29	3,8	1,8	0,32	0,32	169	110	15	13			
081028	1,20		0,54	0,53	2,4		0,07	0,07			17				
081031	1,09		0,42	0,43	2,8		0,08	0,08			14		0	1	
081102	1,18	0,87	0,36	0,36	4,0	2,4	0,12	0,11	128	128	16	9			
081104	1,33		0,26	0,27	4,5		0,13	0,13			20		0	2/3	
081107	1,35		0,35	0,34	3,7		0,14	0,12			17		0	2	10,2
081109	1,13	0,81	0,35	0,29	1,3	1,0	0,12	0,09	126	105	18	10	1	2	14,9
081111	1,40		0,52	0,47	2,0		0,05	0,05			16		1	2	
081114	1,18		0,53	0,48	2,0		0,08	0,09			14		0	2	16,2
081116	1,03	0,80	0,33	0,35	2,8	1,8	0,09	0,09	130	130	13	9			
081118	1,09		0,31	0,35	2,9		0,10	0,06			15		1	2/3	
081121	1,36		0,23	0,26	3,8		0,12	0,14			20		1	3	
081123	1,25	0,91	0,41	0,35	3,3	1,8	0,07	0,08	120	120	17	11			
081125	1,27		0,32	0,28	3,6		0,08	0,08			18				
17/10-25/11															
NIEDEL	1,21	0,96	0,39	0,37	3,1	1,9	0,12	0,11	121	119	15	10			13,6
ST. RAVIK	0,14	0,19	0,11	0,09	0,8	0,6	0,06	0,05	7	9	3	2			2,6

Tabell 12. Driftsbetingelser og resultater for rotor 4:
forsøksperiode 2.

FORESPENNING 2

ROTOR 4 IFeCl3 + sjøvann, tilsett fosfor, reakttemperatur, variabel belastning)

DATO	Q ₄ l/d	pH	O ₂ g/m ³	Temp. C	TOC inn g/m ³	TOC ut g/m ³	RESEEFF. %	EOB7 inn g/m ³	DOC ut g/m ³	OPPH. TIO min.	ORGANISK q TOC/m ² d	DEKASTNING g SO ₄ /m ² d	NH ₄ -N inn g/m ³	NH ₄ -N ut g/m ³
081014	128,2	8,6	7,6	15,1	6,6			2,9		13,2	13,5	5,0		
081017	106,4	8,6	8,4	16,5	5,4	5,7	-5,1	0,8	4,3	13,8	9,0	1,3	3,1	3,6
081019	112,0	8,4	3,5	15,9	8,7	3,8	-0,2	6,7		12,9	15,6	12,0		
081021	100,5	8,1	1,3	15,8	7,1	7,1	1,1	3,9		13,3	12,3	6,7		
081024	106,7	8,7	1,9	16,3	8,5	8,5	0,5	6,3		13,5	14,5	16,7		
081026	107,3	8,4	1,2	15,9	7,0	6,3	12,8	3,7	4,7	13,4	12,0	6,2	16,3	17,0
081028	109,4	8,5	7,6	14,9	4,6	4,3	13,2	-0,3		13,2	8,0	-1,3		
081031	112,6	8,7	4,5	16,2	4,0	5,4	-35,7	-1,9		12,8	7,1	-3,4		
081102	98,0	8,7	5,5	15,4	6,7	6,2	7,5	3,1	4,5	14,6	10,6	4,8	11,6	11,7
081104	107,9	8,6	4,2	15,0	8,2	8,2	8,4	5,8		14,0	13,5	9,5		
081107	98,2	8,7	3,5	16,1	9,4	9,1	3,5	7,9		14,7	14,7	12,3		
081109	94,4	8,5	5,5	15,7	6,3	7,0	16,2	6,0	5,7	15,3	12,5	9,0	17,2	17,3
081111	88,2	8,7	6,0	15,9	6,0	6,0	11,4	3,2		16,3	9,5	6,4		
081114	94,0	8,6	4,7	15,8	5,9	5,5	7,1	1,6		15,2	8,9	2,4		
081116	98,3	8,5	6,1	15,5	6,0	6,7	22,4	1,9	4,4	14,7	9,4	2,9	12,2	11,6
081118	102,0	8,6	4,8	15,6	7,9	6,0	24,0	5,3		14,1	12,9	8,5		
081121	94,3	8,6	1,0	16,3	8,2	6,7	10,0	5,8		15,0	12,5	0,0		
081123	105,2	8,5	5,0	15,3	5,7	5,2	8,4	1,3	3,6	13,7	9,6	2,2	14,8	15,4
081125	106,7	8,5	3,7	15,8	5,4	6,3	5,2	2,5		13,5	16,9	4,3		

17/10-25/11

MIDDEL

ST. AVV.:

* = MOTOR UTE AV DRIFT

DATO	TP inn g/m ³	TP ut g/m ³	FO4-P inn g/m ³	FO4-P ut g/m ³	Tot-Fe inn g/m ³	Tot-Fe ut g/m ³	Filt-Fe inn g/m ³	Filt-Fe ut g/m ³	SO4 inn g/m ³	SO4 ut g/m ³	SS inn g/m ³	SS ut g/m ³	*FILAMENT COLOR*	*POWER- STY*	PROD g/
081014	1,04		0,30		2,8		0,13				14				
081017	1,50	0,99	0,32	0,32	2,7	1,9	0,15	0,18	120	120	11	13			
081019	1,05		0,33	0,38	3,6		0,20	0,18			14				
081021	1,56		0,41	0,40	3,4		0,12	0,12			13				
081024	1,10		0,41	0,36	3,1		0,14	0,17			11				
081026	1,52	1,29	0,54	0,49	3,5	1,8	0,08	0,14	113	114	12	15			
081028	1,19		0,53	0,51	2,5		0,06	0,08			9				
081031	0,99		0,38	0,39	2,6		0,09	0,07			12		0	1	
081102	1,05	0,87	0,34	0,34	3,4	2,7	0,10	0,09	135	123	14	9			
081104	0,66		0,26	0,27	4,0		0,12	0,10			17		0	2/3	
081107	1,48		0,12	0,23	5,1		0,15	0,20			23			2/3	
081109	1,58	0,97	0,33	0,27	1,3	0,9	0,11	0,11	115	100	16	12	1	3	1
081111	1,46		0,52	0,47	3,0		0,06	0,09			16		0	3	
081114	1,00		0,38	0,35	1,9		0,08	0,09			12		1	2	1
081116	0,98	0,88	0,33	0,35	2,7	2,1	0,08	0,09	135	126	11	11			
081118	1,04		0,38	0,32	3,0		0,08	0,08			12		1	2/3	
081121	1,24		0,19	0,24	3,4		0,11	0,13			17		1	2/3	
081123	1,15	0,99	0,41	0,36	2,7	1,0	0,08	0,09	115	115	17	10			
081125	1,10		0,23	0,25	3,0		0,09	0,08			16				
17/10-25/11															
MIDDEL	1,18	0,98	0,35	0,35	3,0	1,9	0,11	0,11	122	115	14	12			
ST. AVV.:	0,23	0,15	0,11	0,08	0,8	0,5	0,04	0,03	9	8	3	2			

Tabell 13. Driftsbetingelser og resultater for rotor 5:
forsøksperiode 2.

FORSØKSPERIODE 2

ROTOR 5 IFeC13 + sjøvann, lav temperatur

DATO	Dw l/d	pH	O2 g/m3	Temp. C	TO2 inn g/m3	TO2 ut g/m3	REHSEFF. %	RO2 inn g/s	CO2 ut g/m3	DPH.710 min.	ORGANISK TOC/m2d	BELOSTNING g BED7/m2d	MAH-N inn g/m3	MAH-N ut g/m3
BB1014	196,0	6,7	6,7	8,7	7,1			3,8		7,3	22,2	11,9		
BB1017	125,6	6,6	7,0	8,7	5,7	5,5	3,3	1,3	3,8	11,5	11,4	2,5	2,9	3,4
BB1019	128,6	6,5	6,5	8,9	8,6	7,9	8,6	6,5		11,2	17,7	13,3		
BB1021	133,3	6,3	5,6	8,8	8,4	7,5	10,8	6,1		10,8	17,9	13,0		
BB1024	136,5	6,7	5,0	8,6	8,8	8,8	-0,3	6,9		10,5	19,2	14,9		
BB1026	143,4	6,7	5,4	8,5	6,3	5,8	8,0	2,3	5,4	10,0	14,3	5,1	17,3	17,6
BB1028	142,1	6,5	8,2	7,6	4,3	5,1	-20,1	-1,3		10,1	9,7	-3,0		
BB1031	143,9	6,6	5,5	8,5	5,1	4,3	17,8	0,2		10,0	11,7	0,5		
BB1102	134,5	6,6	4,9	8,3	7,1	6,8	3,0	3,8	4,6	10,7	15,2	8,1	12,5	12,6
BB1104	147,7	6,1	4,4	7,6	8,2	8,6	-5,4	5,7		9,7	19,2	13,5		
BB1107	145,5	6,6	4,2	8,6	12,3	10,1	17,6	13,1		9,9	28,5	30,4		
BB1109	141,6	6,4	5,4	8,6	8,2	7,0	13,9	5,7	5,9	10,0	18,8	13,1	18,4	17,9
BB1111	144,8	6,5	6,8	8,7	6,9	6,9	0,1	3,4		10,0	15,8	7,8		
BB1114	131,6	6,4	5,3	8,2	5,4	6,5	-20,4	8,7		10,9	11,3	1,5		
BB1116	135,9	6,4	6,2	8,3	7,1	6,3	11,2	3,9	5,0	10,6	15,5	8,3	13,1	12,4
BB1118	128,7	6,5	4,5	7,0	7,1	6,7	6,0	3,8		11,2	14,6	7,9		
BB1121	143,4	6,4	3,9	8,3	8,0	7,5	15,4	6,9		10,0	20,2	15,7		
BB1123	144,3	6,3	5,2	8,0	6,8	5,0	27,1	3,3	3,8	10,0	15,7	7,5	15,7	17,1
BB1125	144,0	6,3	4,0	8,0	7,5	7,4	1,5	4,4		10,0	17,1	10,2		
17/10-25/11														
MEDEL	139,8	6,5	5,4	8,3	7,4	6,9	5,5	4,3	4,7	10,4	16,3	9,5	13,3	13,5
ST.BVVK	6,7	0,1	1,1	0,5	1,8	1,4	11,8	3,2	0,8	0,5	4,2	7,7	5,1	5,1

DATO	TP inn g/m3	TP ut g/m3	FO4-P inn g/m3	FO4-P ut g/m3	Tot-Fe inn g/m3	Tot-Fe ut g/m3	Filt-Fe inn g/m3	Filt-Fe ut g/m3	SO4 inn g/m3	SO4 ut g/m3	SS inn g/m3	SS ut g/m3	*FILAMENT COUNT*	*OVER- SLEY*	BIOVISSE g/m2
BB1014	0,27		0,01		4,8		0,15				22				
BB1017	0,17	0,25	<0,01	<0,01	2,8	4,9	0,10	0,10	128	115	13	13			
BB1019	0,33		0,01	0,01	3,6		0,20	0,20			12				
BB1021	0,28		0,01	0,01	3,5		0,12	0,10			14				
BB1024	0,32		0,01	0,01	3,7		0,12	0,10			14		0	1	
BB1026	0,36	0,28	0,01	0,01	2,8	2,1	0,05	0,11	120	114	9	13			
BB1028	0,16		0,01	0,01	2,3		0,10	0,05			8				
BB1031	0,22		0,01	0,01	3,2		0,08	0,08			15				
BB1102	0,25	0,35	0,01	0,01	3,5	3,8	0,10	0,12	135	130	12	13			
BB1104	0,34		0,01	0,01	3,7		0,12	0,12			18		0	2	
BB1107	0,81		0,01	0,01	8,5		0,13	0,13			38		0	1/2	2,8
BB1109	0,24	0,27	0,01	<0,01	3,0	0,9	0,10	0,08	110	110	11	13		1/2	7,2
BB1111	0,29		0,01	0,01	2,9		0,07	0,05			15		0	1	
BB1114	0,17		0,01	0,01	1,8		0,09	0,08			10		1	2/3	9,0
BB1116	0,20	0,28	0,01	0,01	2,4	2,4	0,09	0,07	125	133	11	8			
BB1118	0,29		0,01	0,01	2,8		0,08	0,06			16		0	2/3	
BB1121	0,22		0,01	0,02	3,5		0,33	0,18			14		1	3	
BB1123	0,28	0,18	0,01	0,01	3,7	2,9	0,08	0,06	110	110	16	11			
BB1125	0,28		0,01	0,01	4,1		0,11	0,07			21				
17/10-25/11															
MEDEL	0,29	0,26	0,01	0,01	3,3	2,7	0,12	0,10	123	119	14	12			6,6
ST.BVVK	0,14	0,35	0,01	0,01	1,5	1,3	0,05	0,04	8	9	7	2			2,9

Tabell 14. Driftsbetingelser og resultater for rotor 6:
forsøksperiode 2.

FORSØKSPERIODE 2

ROTOR 6 (FeCl3 + sjøvann, lav temperatur, tilsatt fosfor)

DATE	Q ₄ l/d	pH	Q ₂ g/m ³	Temp. °C	TDC inn g/m ³	TDC ut g/m ³	RESECTY. %	DIOD/ inn g/m ³	DIOD ut g/m ³	EFFILTED min.	g	ORGANISK TDC/m ² d	BELASTNING TDC/m ² d	NH ₄ -N inn g/m ³	NH ₄ -N ut g/m ³
081014	118,7	6,7	7,0	8,7	5,9				1,6		12,1	11,1	3,0		
081017	142,3	6,7	7,2	8,7	5,2	5,5	-6,8	0,3	4,0		10,1	11,7	0,7	2,9	3,4
081019	143,1	6,5	6,1	9,3	8,7	8,5	1,6	6,6			10,1	19,7	15,0		
081021	138,5	6,3	5,5	0,9	7,9	6,9	12,1	5,2			10,4	17,4	11,4		
081024	138,8	6,8	5,2	9,5	8,9	8,7	2,6	7,0			10,4	19,6	15,4		
081026	138,8	6,7	5,1	8,8	7,1	5,7	20,5	3,8	6,7		10,4	15,7	8,4	17,5	17,4
081028	143,7	6,4	8,4	8,3	6,9	4,2	15,4	-0,1			10,0	12,3	-0,3		
081031	147,0	6,6	6,7	9,3	6,9	6,5	37,9	3,4			9,8	16,2	8,0		
081102	136,2	6,6	6,4	8,3	9,6	6,6	31,2	8,2	6,9		10,6	20,7	17,8	12,3	12,5
081104	130,9	6,4	6,2	7,9	9,6	7,8	18,7	8,2			11,0	19,9	17,1		
081107	133,3	6,6	6,0	6,6	10,2	10,0	1,9	9,3			11,0	21,2	19,4		
081109	135,2	6,4	5,4	8,4	7,5	6,2	16,8	4,4	5,8		10,0	15,8	9,4	10,4	17,8
081111	125,4	6,6	5,9	8,9	7,0	6,4	9,3	3,6			10,6	15,1	7,8		
081114	136,1	6,5	6,4	8,6	5,3	5,0	-0,3	0,6			10,6	11,5	5,2		
081116	130,9	6,5	5,9	8,5	6,2	6,0	3,9	2,2	4,0		11,0	13,0	4,6	13,1	12,2
081118	134,9	6,5	4,4	7,4	9,1	7,2	21,4	7,4			10,7	19,6	16,0		
081121	129,9	6,5	3,9	8,3	22,0	6,6	70,2	30,6			11,1	45,5	63,4		
081123	160,3	6,3	4,4	8,6	13,8	5,4	59,3	15,8	3,7		9,0	33,2	40,4	15,8	17,8
081125	125,4	6,4	3,8	9,2	17,1	8,1	52,8	21,8			10,6	36,8	46,9		
081128	352,5	6,3	4,9	12,1	5,9	8,5	-43,1	1,6			4,1	33,2	9,2		
081130	392,8	6,2	4,7	11,5	4,6	5,1	-11,9	-0,8	4,6		3,7	28,5	-5,3	15,6	15,7
081202	374,7	6,2	5,2	12,2	3,9	5,0	-27,9	-1,9			3,8	23,5	-11,4		
081205	353,5	6,2	3,8	12,9	11,1	7,3	34,4	18,9			4,1	62,3	61,5		
081207	365,5	6,6	3,4	12,4	13,9	13,1	5,3	15,9	7,4		3,9	60,7	92,8	19,3	17,7
081209	391,0	6,6	3,1	12,1	14,3	12,5	12,2	16,7			3,7	89,0	104,1		
081212	396,5	7,1	3,1	12,0	21,5	20,2	6,1	29,6			3,7	133,4	184,1		
081214	401,2	7,0	3,2	11,2	18,7	18,0	3,8	24,6	8,7		3,6	119,2	157,1	14,2	14,9
081216	397,9	6,7	2,7	11,5	17,7	19,1	-8,0	22,9			3,6	117,2	144,9		

17/10-25/11

MODEL	138,1	6,5	5,2	8,6	9,3	6,7	20,0	7,7	4,5	10,4	20,3	16,8	15,3	17,4
STAVVIK	7,2	0,1	1,2	0,5	4,3	1,5	21,8	7,7	0,7	0,5	9,2	16,5	5,1	5,0

5/12-16/12

MODEL	382,1	6,7	3,2	12,0	16,2	15,0	9,0	20,1	8,1	3,8	99,5	124,1	16,8	16,3
STAVVIK	17,6	0,3	0,3	0,6	3,4	4,5	12,9	6,2	0,7	0,2	24,3	41,7	2,5	1,4

DATE	TP inn g/m ³	TP ut g/m ³	P04-P inn g/m ³	P04-P ut g/m ³	Tot-Fe inn g/m ³	Tot-Fe ut g/m ³	Filt-Fe inn g/m ³	Filt-Fe ut g/m ³	S04 inn g/m ³	S04 ut g/m ³	SS inn g/m ³	SS ut g/m ³	*FILAMENT COUNT*	*DIVER- SITY*	PROD g
081014	1,05		0,37		3,5		0,10				14				
081017	0,98	0,07	0,31	0,33	3,5	3,2	0,10	0,10	113	125	14		14		
081019	1,50		0,38	0,39	4,7		0,20	0,20			19				
081021	1,51		0,36	0,36	5,7		0,12	0,12			24				
081024	1,65		0,38	0,36	5,4		0,11	0,12			25		0		1
081026	1,65	1,10	0,45	0,40	3,2	1,9	0,04	0,12	115	120	20	12			
081028	1,94		0,55	0,55	5,4		0,07	0,00			25				
081031	2,39		0,33	0,37	9,2		0,07	0,08			41				
081102	1,99	1,35	0,39	0,40	6,3	3,8	0,11	0,14	123	126	31	17			
081104	2,34		0,29	0,31	9,6		0,11	0,12			41		0		2
081107	1,53		0,28	0,29	4,7		0,09	0,10			24				1
081109	1,09	0,90	0,36	0,30	1,1	0,8	0,11	0,11	100	103	14	9	0		2
081111	1,15		0,32	0,36	3,2		0,10	0,08			15		0		2
081114	1,13		0,39	0,37	2,3		0,12	0,08			12		0		2/3
081116	1,31	0,85	0,38	0,39	4,1	1,8	0,06	0,10	123	118	19	6			
081118	2,52		0,54	0,55	6,2		0,16	0,07			33		0		2/3
081121	6,05		0,27	0,26	19,3		0,17	0,12			113		1		2/3
081123	4,12	0,75	0,56	0,38	16,2	2,1	0,11	0,12	115	122	70	11			
081125	4,09		0,19	0,22	16,5		0,15	0,08			55				
081128	0,46		0,01	0,01	2,2		0,13	0,17			16		0		2
081130	0,24	0,23	0,01	0,01	3,7	3,2	0,15	0,16	123	115	20	12			
081202	0,14		0,01	0,01	2,1		0,07	0,10			7		8		2
081205	0,86		0,04	0,04	4,3		0,12	0,14			27				
081207	1,03	0,95	0,13	0,09	2,8	3,2	0,12	0,13	110	115	31	27			
081209	1,07	1,19	0,28	0,24	3,3		0,07	0,08			20		0		1
081212	1,75	1,64	0,44	0,44	3,2		0,10	0,15			41				
081214	1,87	1,77	1,02	0,96	0,9	0,8	0,16	0,16	110	110	31	22			
081216	2,31	1,96	0,08	0,07	8,6		0,37	0,24			79		2		1

17/10-25/11

MODEL	2,11	1,00	0,35	0,36	7,1	2,3	0,11	0,11	115	120	35	11			1
STAVVIK	1,39	0,18	0,07	0,07	3,1	1,0	0,04	0,03	8	7	28	4			

5/12-16/12

MODEL	1,48	1,50	0,33	0,31	3,8	2,6	0,17	0,15	110	113	39	24			1
STAVVIK	0,53	0,37	0,34	0,32	2,4	1,2	0,10	0,05	0	3	18	2			