

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern

PRA 2.1 FORSØKSANLEGGET PÅ KJELLER
DELPROSJEKT 0-40/71-K

BIOLOGISK RENSING MED FASTSITTENDE
KULTURER I KOMBINASJON MED KJEMISK
FELLING

Brekke, 14. juli 1977

Saksbehandlere: Siv.ing. Eilen Arctander Vik
Ingeniør Arne Lundar
Medarbeidere : Tekn.lic. Peter Balmér
Assistent Even Hansen
Instituttssjef : Kjell Baalsrud

F O R O R D

"Biologisk rensing med fastsittende kulturer i kombinasjon med kjemisk felling" er et delprosjekt under PRA 2.1 : "Forsøksanlegget på Kjeller".

Dette arbeidet omfatter en litteraturundersøkelse samt forsøk i halvt teknisk målestokk av rislefilter/biorotor i kombinasjon med kjemisk felling. Aktivt slam + etterfelling er kjørt som referanse. Forsøkene er utført ved Norsk institutt for vannforsknings forsøksstasjon på Kjeller. Analysearbeidet er utført på Kjeller av Knut A. Mowm, Lena Omlie og Brit Brynildsen. Biologiske analyser, BOF_7 og mikroskopiering er utført av Harry Efraimsen. Den praktiske delen av forsøkene er utført av Even Hansen, Arne Lundar og Eilen Arctander Vik. De to sistnevnte har vært saksbehandlere for prosjektet og har i samarbeid stått for programopplegg og vurdering av observasjonsmaterialet. Peter Balmér har deltatt i vurderingen av det framkomne materialet. Eilen Arctander Vik har stått for rapporteringen av materialet.

Brekke, juli 1977

Eilen Arctander Vik

INNHALDSFORTEGNELSE

	Side:
FORORD	2
SAMMENDRAG	9
1 INNLEDNING	10
2 LITTERATURSTUDIE	11
2.1 Orientering	11
2.2 Rislefilter	11
2.2.1 Renseprosessen i et rislefilter	11
2.2.2 Filtermediet	12
2.2.3 Belastninger og renseprosesser med hensyn på organisk stoff	17
2.2.4 Matematisk beskrivelse av renseforløpet	24
2.2.5 Slamproduksjon	29
2.2.6 Effektförbruk	31
2.2.7 Rislefilter og etterfelling	31
2.3 Biorotor	32
2.3.1 Renseprosessen i en biorotor	32
2.3.2 Biorotormaterialet	33
2.3.3 Belastninger og rensegrader med hensyn på organisk stoff	36
2.3.4 Oppskalering	45
2.3.5 Slamproduksjon	46
2.3.6 Effektförbruk	48
3 BESKRIVELSE AV FORSØKSOPPLEGG	50
3.1 Vurderinger	50
3.2 "Forsøksopplegg i hovetrek"	51
3.3 Detaljbeskrivelse	53
3.3.1 Tilførsel av avløpsvann	53
3.3.2 Rislefilter	53
3.3.3 Biorotor	57
3.3.4 Prøvetaking	57
3.3.5 Analyser	58
3.3.6 Belastninger	64
3.3.7 Dosering av fellingskemikalier	65

	Side:
4 RESULTATER OG DISKUSJON	67
4.1 Renseresultater	67
4.1.1 Organisk stoff	85
4.1.2 Temperatur	91
4.1.3 Nitrogen	93
4.1.4 Total fosfor	95
4.1.5 Suspendert stoff	97
4.2 Slamproduksjon og slamegenskaper	98
4.2.1 Slamproduksjon	98
4.2.2 Slamegenskaper	99
4.3 Driftsproblemer	105
4.4 Sammenligning med litteraturliste	107
4.4.1 Renseresultater	107
4.4.2 Organisk belastning	108
4.4.3 Slamproduksjon	111
5 ANBEFALINGER	113
6 LITTERATURLISTE	117

B I L A G	122

TABELLFORTEGNELSE

Tabell nr.:

1.	Egenskaper hos noen typer filtermaterialer	13
2.	Oversikt over typer av filter-materiale benyttet ved pilotforsøkene på Stevenage	15
3.	Sammenheng mellom belastning og rensing for rislefilter (Fra Abwassertechnik (41))	18
4.	SNV's anbefalinger for belastning av rislefilter med stein-medium (SNV (49))	18
5.	Belastningsvariasjoner for to rislefilter med forskjellig type plast-media (Sjölunda (53))	23
6.	Erfaringstall for slamproduksjon fra rislefilter (stein-medium (Abwassertechnik (41)))	29
7.	Midlere belastning og BOF ₅ -fjerning, slamproduksjon og slammets filtreringsegenskaper fra forsøk på Stevenage (13), (14), med forsedimentering/rislefilter og etter-sedimentering	30
8.	Slamproduksjon og tørrstoffinnhold (forsøk fra Sjölunda LTH, forsedimentert kloakk (53))	30

Tabell nr.:	Side:	
9.	Resultater fra rislefilter/etterfellings-forsøk i Sjölund (53). Middelerverdier over forsøksperioden (4-5 mndr.)	32
10.	Korreksjonsfaktor ved dimensjonering av biorotor (fra Steels (52))	36
11.	Biorotor: Renseeffekt ved støtvis belastning (Fra Märki (39))	43
12.	Tørrstoffinnhold av slam fra biorotor og blandslam (mekanisk + biorotor) fra forsøkene i Pewaukee (6)	46
13.	Biorotorens effektforbruk (inngående BOF ₅ -konsentrasjon: 250 mg O/l). Data oppgitt fra firma Stengelin	48
14.	Effektforbruk, biorotor (fra firma Stengelin) (Avløpsvann med BOF ₅ -konsentrasjon: 250 mg O/l)	48
15.	Belastningsperioder for forsøkene på Kjeller	52
16.	Tilsiktede belastninger på de biologiske enhetene ved forsøkene	53
17.	Antall analyser pr. uke	60
18.	Oversikt over tilsiktede belastninger for anlegget i forsøkeperioden	65
19.	Middelerverdier av renseresultatene for RF + felling, BR + felling og AS + felling over hele forsøksperioden	67
20.	Kjemiske data fra forsøkene (ukemiddel: KOF og BOF ₇)	69
21.	Kjemiske data fra forsøkene (ukemiddel: Tot-P og PO ₄ -P)	70
22.	Kjemiske data fra forsøkene (ukemiddel: SS og FSS)	71
23.	Kjemiske data fra enhetene i forsøket (ukemiddel)	72
24.	Analyseresultater fra sporadiske analyser	83
25.	Forholdstallet mellom KOF og BOF ₇ , stasjonsvis (middelerverdi og standard avvik)	85
26.	Inngangs- og utgangskonsentrasjoner av organisk stoff i en periode med sigevann inn på anlegget	88
27.	Nitrifikasjon i biorotor og aktiv slamanlegg under forsøksperioden	94
28.	Eksempel på suspendert stoff	98
29.	Slamproduksjon - data fra RF + felling, BR + felling og teoretiske slammengder for AS etter Øren 1977 (63)	98
30.	Oversikt over tørrstoffinnholdet og andel stoff i slammet etter fortykning	100
31.	Kloakk etter forsedimentering - Sjölund/Kjeller (Middelerverdier)	107
32.	Organisk belastning for rislefilter (fra litteraturen)	109
33.	Organisk belastning for biorotor (fra litteraturen)	110
34.	Eksempel på temperatur og organisk belastning for BR (Pöpel (43))	111

FIGURFORTEGNELSE

Figur nr.:	Side:
1.	Skjematisk framstilling av renseprosessen i et rislefilter 12
2.	Plastfiltermedium for vilkårlig pakking, detaljbilde og oversiktsbilde (Flocor RC) 14
3.	Bølgeformede plater (PVC), modulsystem: 1,2 · 0,6 · 0,6 m ³ (Flocor E) 14
4.	Konvensjonelt steinfilter (Fra Ruhrområdet) 14
5.	Sammenhengen mellom spesifikk overflate og gjennomsnittlig rensing m.h.p. BOF over en 12-måneders periode (Fra Bruce (14)) 16
6.	Akkumulering av film i pilot-filter (Fra Bruce (16)) 17
7.	% BOF ₅ fjernet som funksjon av hydraulisk belastning ("Surfpac"-filtermedium: filterhøyde 2,1 og 7,4 m) (Fra Bruce (14)) 19
8.	Fjernet mengde BOF ₅ som funksjon av organisk belastning ("Surfpac"-filtermedium: filterhøyde 2,1 og 7,4 m) (Fra Bruce (14)) 19
9.	Nitrifikasjonsgrad som funksjon av organisk belastning for rislefilter med steinmedium (Fra US EPA (59)) 21
10.	Avløpsvannets temperaturinnflytelse på adsorpsjon - og oksydasjonsprosessen (Fra Abwassertechnik (41)) 24
11.	Effektbehov som funksjon av innløpskonsentrasjon, - aktivt slam og rislefilter (Fra Abwassertechnik (41)) 31
12.	Stengelins biorotor, styropor-skiver 34
13.	Gustavsbergs biorotor, PVC-skiver 34
14.	Bio-surf., detaljbilde av mediet og Bio-modul (2-3 m diameter bølgeformet polyetylen) 35
15.	Parca Norrahammar, sylindren som biorotoren er bygd inn i, skivenes utforming og prinsippskisse for biorotoren 35
16.	Sammenheng mellom grunnlaget for dimensjonering og redusert BOF (to-trinns anlegg) (Presentert av Steels (32)) 37
17.	Sammenheng mellom tilført BOF ₅ og fjernet BOF ₅ (Spillvann - to-trinns anlegg) 38
18.	Sammenheng mellom organisk belastning og utløpskonsentrasjon av BOF (to-trinns anlegg) 38
19.	BOF-fjerning ved varierende hydraulisk belastning (Fra Antonie et al. (6)) 39
20.	Biorotor ved forsøksanlegget i Tüffelwies; lengdesnitt og grunnriss med mål (Fra Märkis undersøkelser i Zürich (39)) 40
21.	Nedbrytning av organisk stoff som funksjon av organisk belastning (Fra Märki (39)) 41

Figur nr.:	Side:	
22.	Biorotor - dimensjoneringsdiagram for kommunal kloakk. F er bevokest skiveoverflate (m^2), q er dimensjonerende vannmengde ($m^3/min.$) (Fra Hartmann (27))	42
23.	Hydraulisk belastningseffekt på nitrifikasjonen (Fra Antonie et al. (6))	43
24.	Temperaturens innflytelse på BOF-fjerning ved varierende hydraulisk belastning	44
25.	Slamproduksjonen som en funksjon av % BOF fjernet (Fra Antonie et al. (4))	47
26.	Effektforbruket som funksjon av rotasjonshastigheten (Fra Antonie et al. (6))	49
27.	Effektforbruket som funksjon av % BOF/ NH_4 -fjernet (Fra Antonie et al. (6)) basert på en BOF_5 -konsentrasjon inn, 100-170 mg O_2/l	49
28.	Tre typer biologiske anlegg i kombinasjon med kjemisk felling (Rislefilter, biorotor, aktivt slam)	50
29.	Flyteskjema, forsøksanlegget på Kjeller (perioden 24/5-10/12-1976)	52
30.	Oppbygningen av et rislefilter	54
31.	Detalj bilde av fordelingen av avløpsvannet på RF-overflaten	54
32.	Resirkulering over RF-K1	55
33.	Rislefilterets oppbygning	56
34.	Biorotorens tre kammer	56
35.	Plan over biorotoren	57
36.	Oversikt over analysedager, analyser av BOF_7 og analyser av filtrert KOF	61
37.	Tilsetning av kondisjoneringsmiddel til slammets omrøring	63
38.	CST-apparat for måling av kapillær sugetid	63
39.	Infra-tester for omtrentlig bestemmelse av slammets tørrstoff-innhold	63
40.	Temperatur avløpsvann, belastning (rislefilter/biorotor/aktivt slam) og % KOF fjernet fra forsøkene på Kjeller (ukemiddel)	68
41.	Orginaldata fra forsedimentering (stasjon FS)	73
42.	Orginaldata fra rislefilter (stasjon RF)	74
43.	Beregnet belastning for rislefilter (stasjon RF)	75
44.	Orginaldata fra biorotor (stasjon BR)	76
45.	Beregnet belastning for biorotor (stasjon BR)	77
46.	Orginaldata fra aktivt slamprosessen (stasjon AS)	78
47.	Beregnet belastning for aktivt slamprosessen (stasjon AS)	79

Figur nr.:	Side:
48.	Originaldata fra kjemisk rensetrinn 1 (stasjon K1), fellingstrinnet etter RF 80
49.	Originaldata fra kjemisk rensetrinn 2 (stasjon K2), fellingstrinnet etter BR 81
50.	Originaldata fra kjemisk rensetrinn 3 (stasjon K3), fellingstrinnet etter AS 82
51.	Oppholdstidsmålinger (med fargeindikator) for RF og BR 84
52.	BOF ₇ som funksjon av KOF (forsedimentering/rislefilter (biorotor/aktivt slam/etterfelling)) 86
53.	Fjernet organisk materiale for systemet rislefilter + etterfelling som funksjon av organisk belastning for rislefilter 89
54.	Fjernet organisk materiale for systemet biorotor + etterfelling som funksjon av organisk belastning for biorotor 89
55.	Fjernet organisk materiale for systemet aktivt slam + etterfelling som funksjon av organisk belastning på aktivt slam 90
56.	Prosentuell KOF-reduksjon som funksjon av temperaturen 92
57.	Prosentuell fjerning av organisk stoff som funksjon av % fosfor fjernet, for henholdsvis RF + felling, BR + felling og AS + felling 96
58.	Fortykking av blandslam (biologisk + kjemisk) (K1: Felling etter RF, K2: Felling etter BR, K3: Felling etter AS 100
59.	Slam på rislefilter-mediet, sommermåned med normal konsentrasjon av organisk stoff inn (KOF = 200-300 mg O/1) 101
60.	Slam på rislefilter-mediet, vintermåned med høye konsentrasjoner av organisk stoff inn på anlegget (sigevann registrert). Bildet er tatt kort tid etter avslutning av forsøkene 101
61.	Slam på biorotor (KOF = 200-300 mg O/1), sommer-temperatur 102
62.	Slam på biorotor, høye konsentrasjoner av organisk stoff (sigevann registrert), vintertemperatur 102
63.	Slam skrapet fra biorotor (samme periode som figur 62) 102

SAMMENDRAG

Gjennom litteraturstudie og forsøk i halvteknisk målestokk har en fått erfaring med rislefilter og biorotor for rensing av kommunal kloakk. Disse metodene er lite i bruk i Norge.

Ved forsøkene har et rislefilter med plastfylling og en biorotor vært kjørt med etterfelling uten avskilling mellom det biologiske og kjemiske trinnet. For sammenligning har en hatt et aktivt slam-anlegg med etterfelling.

Forsøkene ble delt i 4 perioder der anlegget er kjørt ved ulike belastninger. Avløpsvannet viste store variasjoner i temperatur (3,5-20 °C) og konsentrasjoner (KOF: 200-600 mg O/1). Dette er typisk for områder med dårlig ledningsnett, noe som er vanlig i Norge.

Forsøkene har gitt erfaringer fra drift ved:

- varierende avløpsvannskonsentrasjoner
- varierende avløpsvannstemperaturer
- store belastningsvariasjoner.

Erfaringene har en forsøkt å sammenfatte til konkrete anbefalinger der følgende tas opp:

- Belastninger av rislefilter og biorotor som funksjon av prosessutforming, avløpsvannets temperatur og anleggets størrelse
- Dosering av kjemikalier ved ulike prosessutforminger
- Slamproduksjon og egenskaper for rislefilter og biorotor
- Drift

1 INNLEDNING

En stor del av de kloakkrensaneanlegg som hittil er bygd i Norge, er små biologiske anlegg. Til nå har nesten all biologisk rensing vært utført med aktivt slam.

I England, Tyskland og USA har rislefilter og biorotor vært i bruk i flere år, og man anser at dette kan være en mer driftssikker løsning for våre små anlegg.

Gjennom erfaringer med bruk av rislefilter og biorotor, har følgende fordeler i forhold til aktivt slam blitt trukket fram:

- Mindre behov for tilsyn
- Mindre følsomme overfor sjokkbelastning, forgiftning eller avstengning
- Lavere energikostnader.

Følgende ulemper er også blitt trukket fram:

- Lavere rensegrader ved høye belastninger og lave vanntemperaturer.
- Fare for gjentetting av filteret.
- Fare for driftsproblemer p.g.a. isdannelse i kaldt vær ved åpne anlegg
- Under norske forhold vil en trolig få lavere rensegrad m.h.p. organisk stoff ved bruk av rislefilter eller biorotor.

Imidlertid har erfaringer, bl.a. ved Lunds tekniska högskola (LTH) i Sverige, vist at en ved en kombinasjon av rislefilter og etterfelling kan få en meget god total rensegrad også ved meget høy belastning på den biologiske delen.

Problemene med gjentetting av rislefilter er redusert etter at man tok i bruk plastmaterialer istedenfor stein. Dette medfører spesi-
fikk overflate og bedre ventilasjon.

Problemene med isdannelse er eliminert ved innendørs anlegg.

Ved biologisk-kjemisk rensing synes alternativet fastsittende kulturer å være spesielt interessant, da man her trolig kan sløyfe mellomsedimenteringsbassenget som man må ha med i et aktivt slamanlegg.

Målsettingen ved denne undersøkelsen har vært å undersøke om fastsittende kulturer kan være et bedre alternativ ved biologisk-kjemisk rensing enn aktivt slam. I denne rapporten har man ønsket å vurdere de ulike alternativene ut fra prosessmessige hensyn.

2 LITTERATURSTUDIE

2.1 Orientering

Aktivt slam

I sammenheng med forsøkene på Kjeller ble det ikke utført noe litteraturstudium omkring aktivt slam. Denne delen ble betraktet som kjent. Dessuten har man ved NIVA tidligere gjort en del her. Damhaug (21) utførte i 1973 et litteraturstudium omkring ettersedimentering i aktivslamprosessen. Av Johansen (33) ble det i 1972 utført en teoretisk og eksperimentell undersøkelse av denne prosessen. Slamproduksjonen er kort sammenstilt av Eikum og Paulsrud (25). Øren (65) har anvendt systemanalyse og har gitt en fyldigere beskrivelse av slamproduksjonen.

2.2 Rislefilter

Hovedvekten av litteraturstudiet omhandler rislefilter med plast-medium. Det som er nevnt om rislefilter med stein, er hovedsaklig hentet fra Pallasch et al. (41).

2.2.1 Renseprosessen i et rislefilter

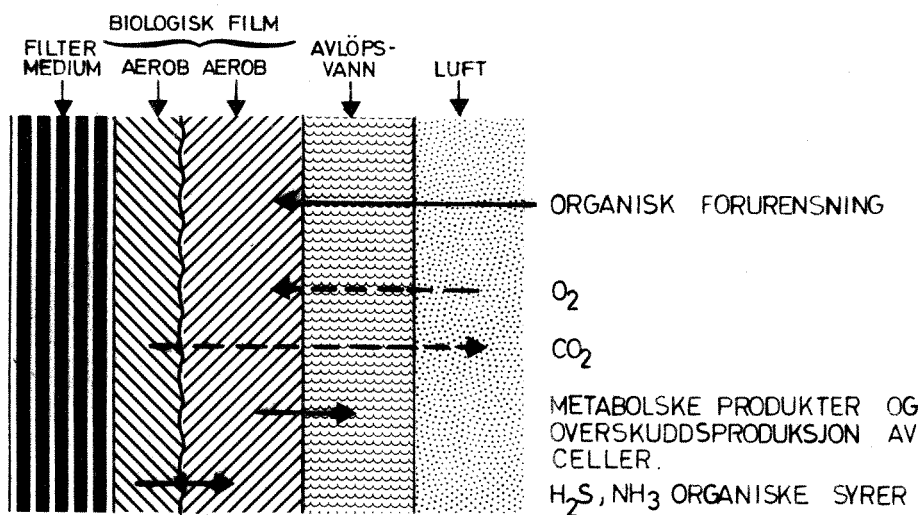
Rislefilter er en etterligning av naturens renseprosess (47). I et rislefilter skapes kontakt mellom avløpsvannet og den aktive delen av mikro-organismene. De oppløste organiske stoffene i avløpsvannet tas opp av den biologiske hinnen som dannes på overflaten av fyllmaterialet (fig. 1) og omsettes hovedsakelig til CO_2 og vann. Den fastsittende kulturen består vesentlig av bakterier, men også av andre typer organismer (protozoer, sopp etc.).

Biologisk filter har vært anvendt for rensing av avløpsvann siden 1871 (54). Utviklingsarbeidet som har foregått, har bl.a. medført at man skiller mellom lav- og høy-belastet filter, avhengig av hvilken

hydraulisk og organisk belastning man har.

2.2.2 Filtermediet

Tidligere var filtermediet av stein, tegl eller kull. Etter en del års anvendelse, ble det forsøkt å utvikle et mer effektivt filtermedium. En del problemer som gjentetting, begrensning i lufttilførsel og store konstruksjonskostnader ledet til utvikling av pre-fabrikkerte plast-media (40).



Figur 1. Skjematisk framstilling av renseprosessen i et rislefilter

Nye anvendelsesområder av rislefilter for biologisk rensing kan delvis forklares ved introduksjon av plast-media i begynnelsen av 1960-årene (40). Dette mediet tillater høyere organisk og hydraulisk belastning uten tvangslufting p.g.a. større hulrom enn ved konvensjonelle steinfilter. Hovedfordelene ved plast-media kontra stein har blitt satt opp av f.eks. Askew (7).

Fordeler ved bruk av plast-media kontra stein:

- Større spesifikk overflate (m^2/m^3)
- Større hulrom ($\sim 95\%$) som gir bedre luft-tilførsel
- Mer ensartet form som gir bedre væske-fordeling
- Lettere materiale som gir enklere og billigere bygningsmessige konstruksjoner.

- Muligheter for å kombinere stor spesifikk overflate med stort hulromsvolum.

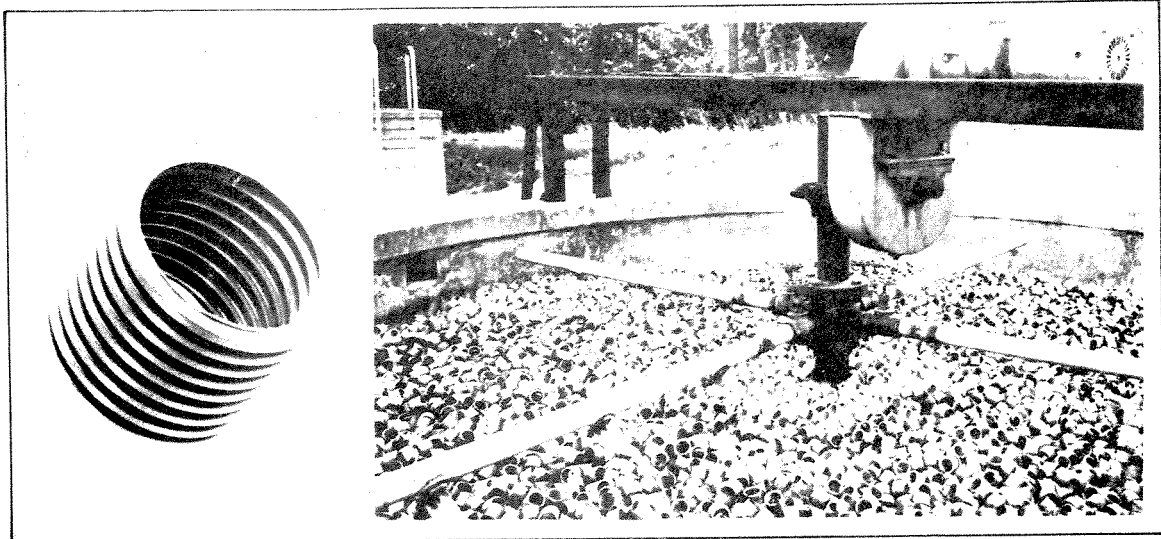
	Spesifikk overflate	Hulroms- volum
Steinfilter	40-60 m ² /m ³	40-50%
Plastfilter	80-200 m ² /m ³	92-98%

Rislefilter med plast-medium kan derfor belastes hardere enn steinfilter uten at det oppstår gjentetting. Man kan minke resirkuleringsgraden og derved energiforbruket.

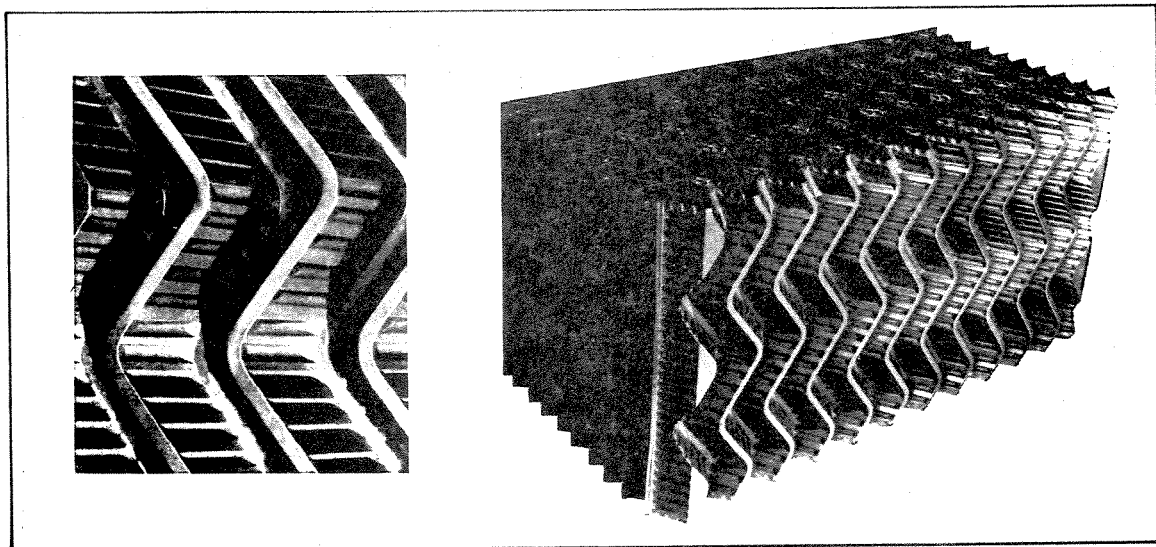
Det fins flere typer plast-materialer på markedet. En del av plastmediene som er produsert kommersielt, består av vertikale bølgeformede PVC-flak som limes sammen til en blokk (f.eks. Surfpac Standard, Surfpac Crinkle-close, Flocor E, Flocor M og Munter). Det produseres også vertikaltgående sylindre (f.eks. Cloisonyle) og ulike materialer for vilkårlig pakking (f.eks. Flocor RC). Figur 2, 3 og 4 viser eksempel på type materiale.

Tabell 1. Egenskaper hos noen typer filtermaterialer

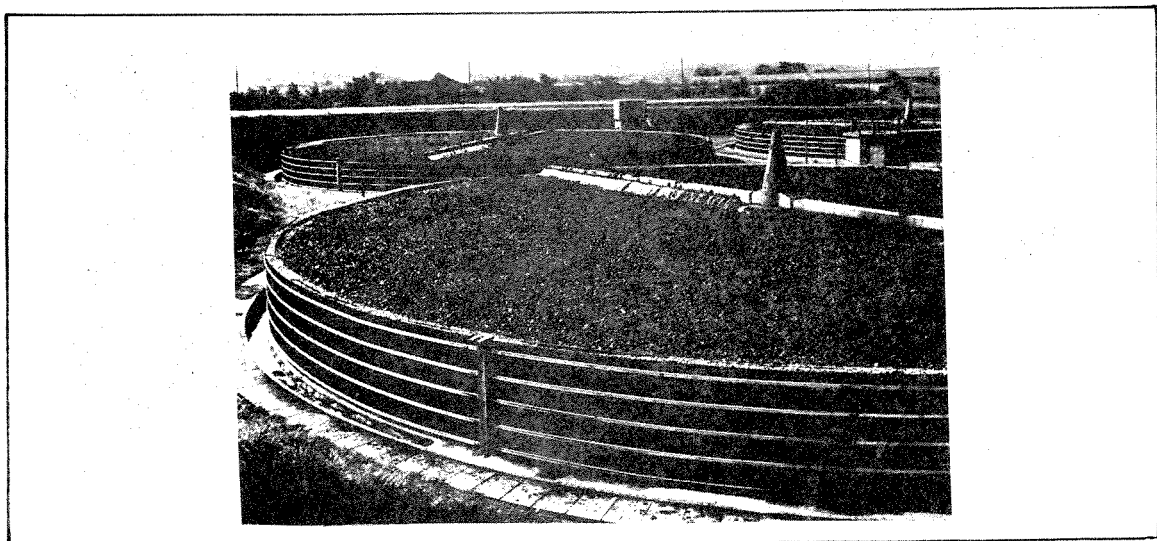
Sammensetning	Volumvekt kg/m ³	Spesifikk overflate m ² /m ³	Andel hulrom %
Polystyren, bølgeformede plater (Surfpac Standard)	64	82	94
Polystyren, tettpakkede, bølgeformede plater (Surfpac, Crinkle-close)	48	187	94
Polyvinylklorid, bølgeformede plater (Flocor E)	39	90	98
Polyvinylklorid, bølgeformede plater (Flocor M)	58	135	97
Polyvinylklorid, bølgeformede plater (Munter)		140	97
Polyvinylklorid, rør vilkårlig pakket (Flocor RC)	70	330	95
Polyvinylklorid, vertikaltgående sylindre (Cloisonyle)	80	220	94
Konvensjonelt (stein medium)	1350	50	50



Figur 2. Plastfiltermedium for vilkårlig pakking, detaljbilde og oversiktsbilde (Flocor RC)



Figur 3. Bølgeformede plater (PVC), modulsystem: $1,2 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \text{ m}^3$ (Flocor E)



Figur 4. Konvensjonelt steinfilter (Fra Ruhrområdet)

PVC synes hittil å være det plastmateriale som har funnet størst anvendelse som rislefiltermedium, bl.a. p.g.a. PVC's resistens mot kjemikaliepåvirkning. Den glatte PVC-overflaten hindrer ikke den biologiske filmen i å feste seg, men den synes å hindre akkumulering av tykk biofilm (55) slik at faren for gjentetting av filteret blir redusert.

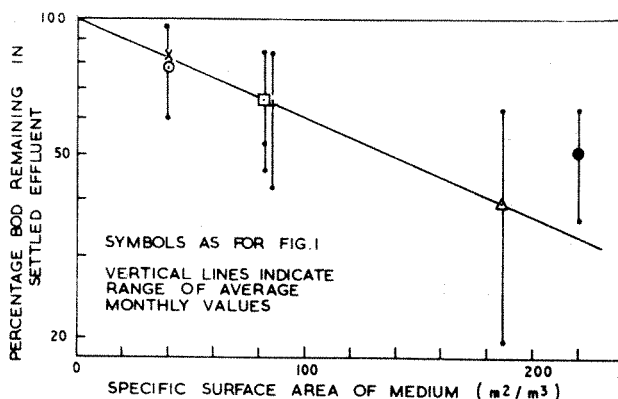
Bruce et al. (18) har utført forsøk med stein- og plast-media filter. Ved vurdering av de oppnådde resultatene kommer man fram til at ved samme grad av rensing m.h.p. organisk stoff, trenger man 5 ganger så stort land-areal for en stein-pakket enhet, sammenlignet med en plastpakket, på grunn av at plast-enheten kan gjøres mye høyere enn steinenheten uten problemer med ventilasjon.

På Stevenage (14) har man gjort laboratorieforsøk med forskjellige typer filter-media. 6 pilot-filter med arealet 1 m^2 og høyden 2,1 m ble benyttet.

Tabell 2. Oversikt over typer av filter-materiale benyttet ved pilot-forsøkene på Stevenage

Filter nr.	Medium type	Karakteristikk og arrangement	Spesifikk overflate $\frac{2}{3}$ m m	Hulrom %
25	Masovn-slagg	Gradert 13-8 cm vilkårlig pakking	40	50
26	"Flocor"	PVC-plater	85	98
27	"Surfpac" (crinkle-close)	Polystyren tett-pakkede plater	187	94
28	"Cloisonyle"	Tverrdelte PVC-rør kontin.vertikale lengder	220	94
29	"Surfpac" (Standard)	Polystyren-plater	82	94
30	Jevn stein	Gradert 13-8 cm. Vilkårlig pakking	40	53

Filtrene ble drevet med høy organisk belastning, i gjennomsnitt 1,7 kg BOF₅/m³d. Resultatene fra en 12 måneders periode viser at ved relativt høye avløpsvannstemperaturer har rensegraden på en enkel måte sammenheng med spesifikk overflateareal av mediet, men at den aktuelle fysiske utførelsen av mediet også influerer på resultatene. Et rørformet plast-medium viste en noe lavere effektivitet enn de andre mediene i forhold til spesifikk overflate (Se figur 5).

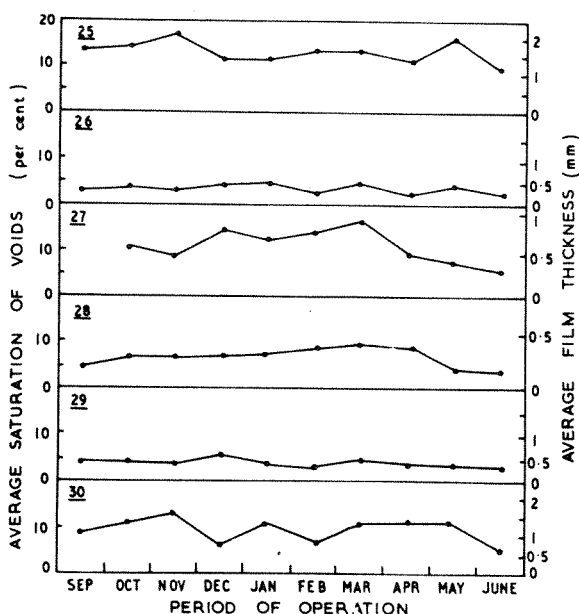


Figur 5. Sammenhengen mellom spesifikk overflate og gjennomsnittlig rensing m.h.p. BOF over en 12-måneders periode (Fra Bruce (14))

Bruce (14) sier videre at utformingen av hvert filter kan beskrives ved karakteristikken for væskegjennomløpet, men disse viser ikke på noen enkel måte sammenheng med spesifikk overflate. Den fysiske utformingen av materialene har stor betydning.

Filmtykkelsen på materialene ble også målt. Bruce (16) finner at midlere tykkelse av filmen var noe større i de to konvensjonelle mediene, sammenlignet med plast-mediene (Se figur 6). Det var tydelig at rensegraden ikke direkte hadde sammenheng med mengden biomasse, da mye av filmmaterialet under overflaten var anaerobisk.

Bruce (14) nevner bl.a. at en fordel ved bruk av plastmateriale kontra stein, er deres standardiserte form som reduserer mulighetene for feil ved oppskalering fra halvteknisk til fullskala-anlegg.



Figur 6. Akkumulering av film i pilot-filter (Fra Bruce (16))

2.2.3 Belastninger og rensegrader med hensyn på organisk stoff

Steinfilter

I Abwassertechnik (41) er det satt opp en oversikt over belastning og rensegrader for rislefilter med steinmedium. Dataene som er gjen-gitt i tabell 3, bygger på mange års erfaringer.

I utkastet fra Statens Naturvårdsverk (SNV) til "Dimensjonering av kommunale avlopsrensingsverk" (49) har man i Sverige anbefalt maksimalbelastninger for rislefilter (Se tabell 4). Man anbefaler at høyden på filter-materialet velges til 3-4 m.

Plastfilter

Bruce (14) har gjort laboratorieforsøk med 2 filter av forskjellig høyde ("Surfpac"-medium). Begge hadde tverrsnitt = $0,5 \cdot 0,5$. Ett filter hadde høyde = 2,1 m, det andre 7,4 m. Forsøk ble kjørt i 2 år med følgende hydrauliske belastninger: 3, 4, 5, 6, 9, 12, 15 og $18 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ d}$ over perioder fra 2 til 8 måneder. Ved 3 og $4,5 \text{ m}^3/\text{m}^3 \text{ d}$ hadde man støtvis tilføring av avløpsvannet.

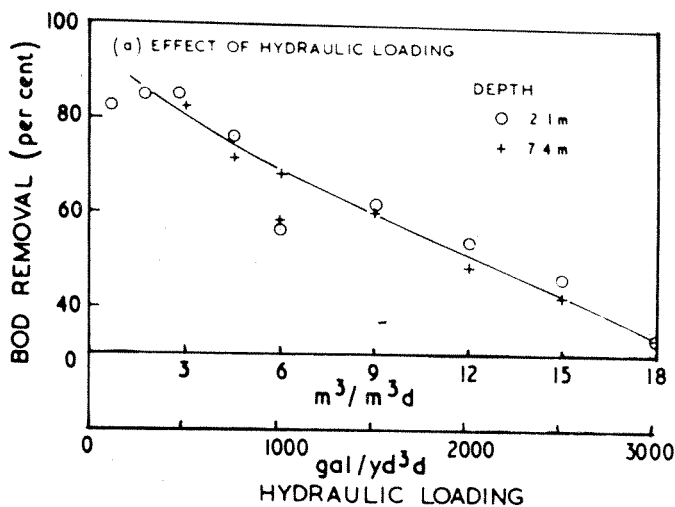
Tabell 3. Sammenheng mellom belastning og rensing for rislefilter (41)

		Overflatebel. $\frac{m^3}{m^2 h}$	Organisk bel. $kg\ BOF_5/m^3 d$	Rensing
F U L L R E N S I N G	Delvis slam- stab. Svært lavbelastet	< 0,2	< 0,175	> 85% Middelv. 92% Utløpskons. $\leq 20\ mg\ BOF_5/1$
	Oksydasjon av løste nitrogen- forbindelser. Moderat bel.	0,3-0,8	0,175-0,54	> 80% Middelv. 88% Utløp $\leq 25\ mg/1$
	Dårlig oksyda- sjon av løste nitrogenforbin- delser. Normal- belastet.	0,5-1,2	0,45-0,75	> 75% Middelv. 77% Utløp $\leq 30\ mg/1$
D E L R E N S I N G	Vidtgående oksy- dasjon av karbon- forbindelser. Høybelastet.	0,7-1,5	0,75-1,1	$\geq 70\%$ Middelv. 77% Utløp $\leq 45\ mg/1$
	Delvis oksyda- sjon av karbon- forbindelser med spes. fyllmate- riale for høye kons. av org. ma- teriale. b) Tårnfilter	$\geq 1,2$	$\geq 1,1$	40-80% Utløp $\geq 20\ mg$ $BOF_5/1$

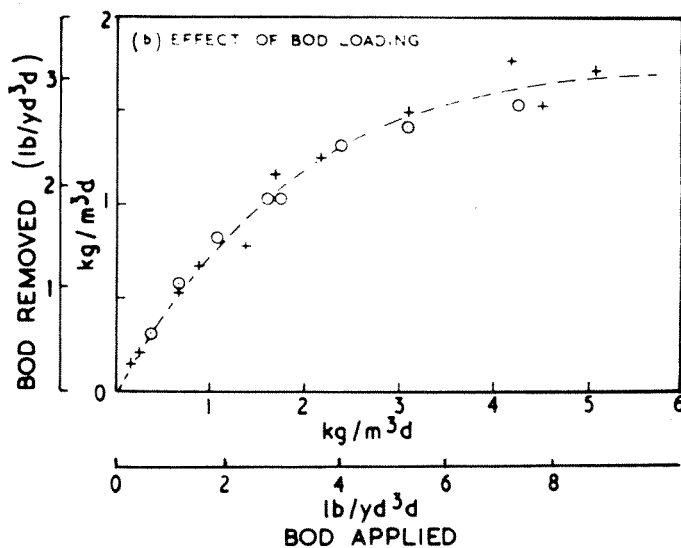
Tabell 4. SNV's anbefalinger for belastning av rislefilter med stein-medium (49)

Type anlegg	Organisk belastning $kg\ BOF_7/m^3 d$	Overflate- belastning $\frac{m^3}{m^2 h}$
Høybelastet	$\leq 0,8-1,2$	$\geq 0,8$ (maks 2)
Normalbelastet	$\leq 0,5-0,8$	$\geq 0,8$ (maks 1,2)

Bruce (14) kommer her fram til følgende kurver for hydraulisk og organisk belastning (Se fig. 7 og 8).



Figur 7. % BOF₅ fjernet som funksjon av hydraulisk belastning. ("Surfpac" filtermedium; filterhøyde 2,1 og 7,4 m) (Fra Bruce (14))



Figur 8. Fjernet mengde BOF₅ som funksjon av organisk belastning ("Surfpac" filtermedium; filterhøyde 2,1 og 7,4 m) (Fra Bruce (14))

Høy hydraulisk belastning medfører en kortere kontakttid avløpsvann/mikroorganismer. Oppholdstiden kan økes enten ved å øke filterets høyde eller ved resirkulering. En høydeøkning medfører en dårlig utnyttelse av filterets nedre del. En økning av belastningen skal ifølge Bruce (14) resultere i at avskillingsgraden opprettholdes forholdsvis konstant inntil den nedre delen av filteret er fullstendig utnyttet, og deretter vil en ytterligere økning gi en nedsatt rensegrad. Dette skulle være forklaringen til at mengde organisk substans viser en rettlinjert sammenheng med organisk belastning (fig. 8) opp til en viss belastning for deretter asymptotisk å nærme seg en grense. Forsøk av Chipperfield (20) støtter de data av Bruce som er presentert i figur 7 og 8. I disse forsøkene ble Flocor benyttet for behandling av kommunale kloakkrenseanlegg. Det ble her kjørt forsøk med hydrauliske belastninger fra $6-24 \text{ m}^3/\text{m}^3\text{d}$ og filterhøyder på $1,8-5,4 \text{ m}$.

Både Bruce og Chipperfield påpeker at resultatene ikke viser noen effekt av en høydeøkning, men Bruce understreker at disse observasjonene ikke nødvendigvis betyr at et filter med dybde $<2 \text{ m}$ vil ha samme renseeffekt som et tårnfilter. For et meget grunt filter med plastmedia, er muligheten for ikke-fullstendig utnyttelse av filterflaten ("wetting") større enn for et tilsvarende høyere filter, - hvis man ikke har en resirkulering for å øke overflatebelastningen. Bruce påpeker også at det er umulig på det nåværende tidspunkt å si med sikkerhet at det er nødvendig med en minimum overflatebelastning. Derimot er det mye som tyder på at fordelingen av avløpsvannet over overflaten er svært viktig.

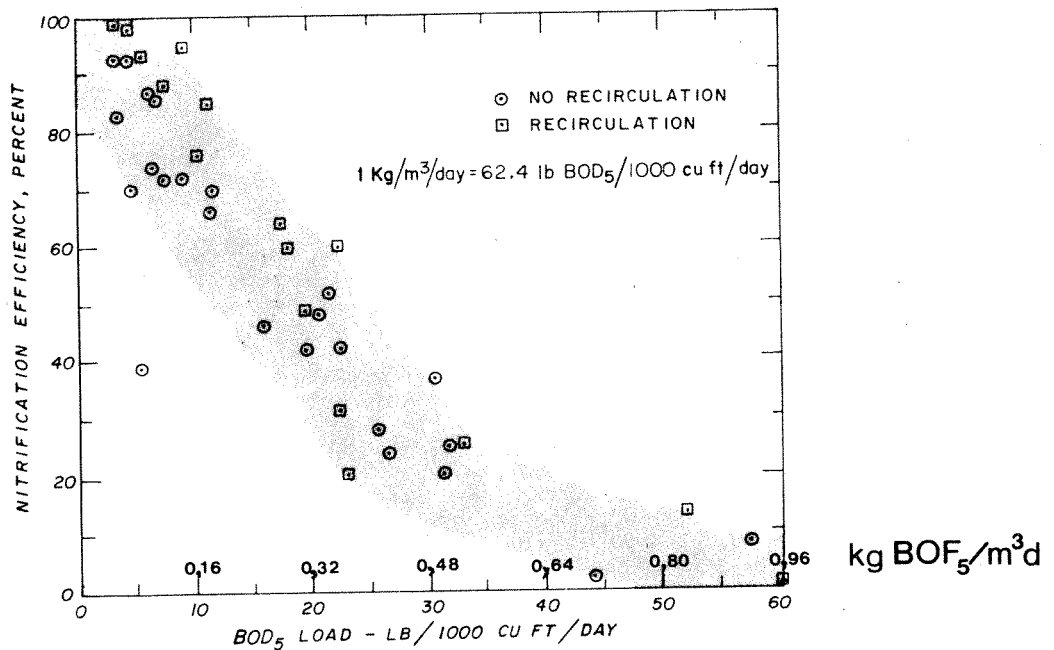
Fra produsenten av Flocor, ICI, er det oppgitt en minimum hydraulisk belastning = $1,5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$. Den samme typen fyllmateriale skulle kunne belastes med $1,5-4 \text{ kg BOF}_7/\text{m}^3\text{d}$.

Nitrifikasjon

Steinfilter

Nitrifikasjonens avhengighet av organisk belastning er undersøkt ved flere rislefilteranlegg med steinmedium i USA. Data er hentet fra flere anlegg i full- og halvteknisk målestokk.

Data er bearbejdet i US EPA's Process design manual for nitrogen control (59) (Se fig. 9).



Figur 9. Nitrifikasjonsgrad som funksjon av organisk belastning for rislefilter med steinmedium (Fra EPA (59))

Av figur 9 kan man se at for å få en nitrifikasjon på 75% i et rislefilter med steinmedium, må den organiske belastningen være av størrelsesgraden 0,16-0,19 kg BOF₅/m³ d. Ved en organisk belastning på 0,45-0,64 kg BOF₅/m³ d, oppnår man svært liten nitrifikasjon.

Plastfilter

Større spesifikk overflate for et rislefilter, dvs. overgang fra stein til plast-medium, gjør at man kan øke den organiske belastningen og fremdeles få nitrifikasjon. Forsøk av Stoktor (fra EPA (59)) antyder høy nitrifikasjon ved organisk belastning på 0,35 kg BOF₅/m³ d.

Resirkulering over filteret

Steinfilter

I Abwassertechnik (41) har man satt opp en del fordeler ved resirkulering over filteret:

- Konsentrert avløpsvann kan fortynnes til 100-150 mg BOF₅/l slik at man hindrer soppdannelse og derved en gjentetting i øverste del av filteret.
- Sjokkbelastninger blir dempet.
- Overflatebelastningen og derved spylingseffekten kan holdes på ønsket nivå.
- Økende rensegrad ved økende resirkulering (Forutsetning: Riktig overflatebelastning). I USA har man utviklet følgende formel:

$$\eta = 1 - \frac{1}{3 + 2r} \quad (1)$$

η = rensegrad og r = resirkuleringsforhold = $\frac{Q'}{Q}$ der Q = avløpsvann inn, Q' = vannmengde gjennom rislefilteret.

- Lik fordeling av organisk forurensning over hele filteret.

Videre nevnes en del ulemper (41):

- Høyere energiforbruk.
- Større sedimenteringsbasseng etter rislefilteret.
- Av og til overskridelse av optimal overflatebelastning.
- Anrikning av stoffer som ikke nedbrytes.
- Sterkere nedkjøling og dermed lavere biologisk aktivitet.

I Abwassertechnik (41) sier man videre at ved svært konsentrert avløpsvann med lavt oksygeninnhold er resirkulering fordelaktig. Ved avløpsvann med konsentrasjoner under 150 mg BOF₅/l, er det lite å vinne. Videre peker man på at i nyere engelske og amerikanske undersøkelser har man slått fast at resirkulering over høye rislefilter ikke alltid virker fordelaktig.

Plastfilter

Bruce og Merkens (13) har ikke kunnet påvise noen signifikant økning av BOF-reduksjon ved resirkulering. Audoin et al. (9) har ikke påvist noen fordeler ved å drive et rislefilter med resirkulering.

I Sverige har Andersson og Särner (2) undersøkt effekten av resirkulering. En resirkulering ved en nettobelastning på $2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ gir et dårligere resultat. Den negative effekten av fortykning overstiger den positive effekten av en lengre oppholdstid.

Støtvis belastning

Plastfilter

I Sjölanda har Särner (53) undersøkt innvirkningen på rensegraden ved støtvis belastning.

Man har kjørt 2 stk. rislefilter parallelt, et med Flocor medium ($\sim 95 \text{ m}^2/\text{m}^3$) og et med Munter medium ($\sim 140 \text{ m}^2/\text{m}^3$) (Tabell 5).

Tabell 5. Belastningsvariasjoner for to rislefilter med forskjellig type plast-media (53)

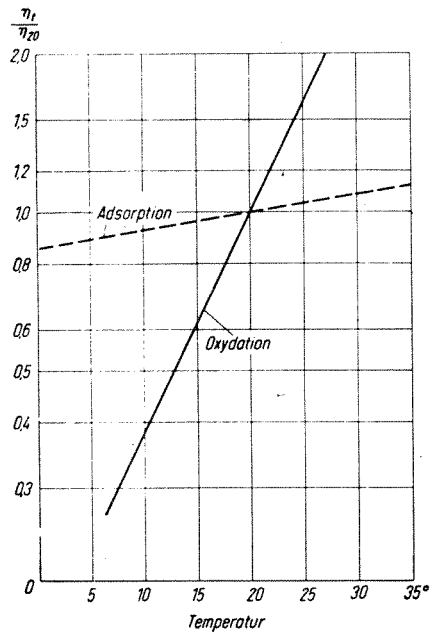
	Forsed.	Flocor		Munter	
	BOF ₇ mg/l	Overflate- belastning $\text{m}^3/\text{m}^2 \text{h}$	% BOF ₇ fjernet	Overflate- belastning $\text{m}^3/\text{m}^2 \text{h}$	% BOF ₇ fjernet
9/2	87	2,1	45	2,1	57
10/2	128	3,1	29	3,1	50
11/2	97	3,9	27	4,4	31
12/2	107	3,1	28	2,9	45
13/2	130	1,9	56	2,1	73

Av tabellen ser man at den biologisk aktiviteten tar seg raskt opp etter en høy belastning (11/2).

Temperatureffekter

Steinfilter

I Abwassertechnik (41) sier man at for de temperaturer som kommer i betraktning ved avløpsvannsrensing: $+5 \text{ -- } 30^\circ\text{C}$ vil enhver reduksjon i temperaturen medføre nedsatt biologisk aktivitet. For renseforløpet i et rislefilter betyr en temperatursenkning vesentlig mindre for adsorpsjon av de forurensede stoffene enn den betyr for den biologiske oksydasjon (Se fig. 10).



Figur 10. Avløpsvannets temperaturinnflytelse på adsorpsjon- og oksydasjonsprosessen (Fra Abwassertechnik (41))

Lav temperatur har følgende innflytelse på rislefilter:

- Høyere organismers beiteeffekt på det organiske sjiktet minker. Det biologiske sjiktet blir tykkere og man risikerer gjentetting. P.g.a. ensformig dannelse av laverestående organismer, burde man helst ikke starte et nytt rislefilteranlegg på høsten eller vinteren.
- Pöpel (43) oppgir at ved 10°C i avløpsvannstemperaturen vil man oppnå 62% av den rensesgraden man ville oppnå ved 20 °C.

I Abwassertechnik (41) sier man at dette i størrelsesorden stemmer med resultatene fra en del andre undersøkelser.

2.2.4 Matematisk beskrivelse av renseløpet

Velz (62) forutsatte at mengden BOF-fjernet pr. dybdeenhet var proporsjonal med gjenværende mengde:

$$\frac{dL}{kD} = -k \cdot L \quad (2)$$

der L = substratinholdet (BOF) (ML^{-3})
 D = filterets dybde (L)
 k = konstant

Integrasjon gir

$$\frac{L_e}{L_o} = e^{-kD} \quad (3)$$

der L_e = BOF ut fra filteret (ML^{-3})
 L_o = BOF tilført filteret (ML^{-3})

Howland (32) mente at kontakttiden mellom vannets substratinhold og det biologiske sjiktet er av større betydning enn filterets dybde, dvs.

$$\frac{L_e}{L_o} = e^{-kt} \quad (4)$$

der k = temperaturavhengig konstant som er avhengig av typen avløpsvann
 t = vannets oppholdstid i filteret.

Ifølge uttrykket skal rensegraden være konstant ved konstant t , sålenge metningsgraden i filterets nederste del ikke overskrides. Howland beskriver:

$$t = \frac{C \cdot D}{Q^n} \quad (5)$$

der C = konstant, avhengig av filtermaterialet

Q = hydraulisk belastning (LT^{-1})

n = konstant som karakteriserer strømningsforholdene i filteret (avhengig av filtermateriale, påvekst osv., men vanligvis <1).

Temperaturavhengigheten kan for biologiske renseprosesser vanligvis beskrives ved:

$$k_{T^{\circ}C} = k_{20^{\circ}C} \cdot \theta^{(T-20)} \quad (6)$$

der θ = konstant avhengig av belastningsforhold

T = vanntemperatur ($^{\circ}C$).

For aktivt slam varierer θ ved lav belastning = 1,0 og ved høy belastning = 1,03.

For rislefilter av stein, oppgir Howland $\theta = 1,035$. Det fins lite litteratur om temperaturens innvirkning på plastfilter, og meningene er motstridende. Bruce og Merkens (13) oppgir til og med at innvirkningene kan være mindre for høybelastede plast-filter enn for steinfilter, og at verdiene for θ har variert mellom 1,003 og 1,155, mens Bruce (14) ved en annen undersøkelse oppnådde verdier helt opp til 1,35.

Bruce og Merkens (13) har gjort litteraturstudium på matematiske beskrivelser av renseprosessen og sier følgende: "Relativt få publiserte matematiske modeller for filter-utforminger har inkludert spesifikk overflate for mediet som en variabel, og innflytelsen av temperaturen har ofte blitt ignorert".

Noen nyere utviklede modeller, slik som Lamb og Owen (36) og Tucek et al. (58) kombinerer alle variabler, men ikke i en forenklet 1.-ordens sammenheng, og de beskriver ikke de presenterte dataene nøyaktig.

Bruce og Merkens (13) presenterer en empirisk 1.-ordens ligning som tidligere er blitt diskutert av Bruce og Boon (12), og denne er lik en ligning satt fram av Atkinson et al. (8), Roersler og Smith (46), og Eckenfelder og Ford (23):

$$\frac{L_e}{L_s} = e^{-(k_T S^a Q^{-b})} \quad (7)$$

der L_s = BOF i innkommende avløpsvann (til filteret)

L_e = BOF i sedimentert utløp

S = effektiv spesifikk overflate for filtermediet (m^2/m^3)

Q = hydraulisk belastning ($m^3/m^3 d$)

a, b = konstanter

K_1 = hastighetskonstant for dette spesielle avløpsvann ved temperatur $T^{\circ}C$.

Bearbeiding av data antyder at innen det undersøkte området er forholdet $\frac{S}{Q}$ uavhengig av de aktuelle verdiene for S og Q, og derfor ville det være naturlig at a og b ble satt lik 1 (en slik forenkling kan ikke generaliseres, da noen av de nevnte forfatterne har antydnet verdier så lave som $b = 0,5$).

Men en slik forenkling medfører:

$$\ln \frac{L_e}{L_s} = - \frac{K_T S}{Q} \quad (8)$$

Det er ønskelig å få inn en temperatur-funksjon for å få en sammenheng mellom K_T og K ved en valgt referansetemperatur; for enkelhets skyld er det valgt å bruke en empirisk sammenheng som bl.a. er brukt av Howland (32):

$$K_T = K_{15} \theta^{(T-15)} \quad (9)$$

der K_{15} tilsvarer hastighetskonstanten ved 15°C , og θ er en temperaturkoeffisient. 15°C er valgt som referansetemperatur da denne er nær middelverdien over 12 måneders-forsøkene som ble utført av Bruce og Boon (13), og denne temperatur er mer typisk for engelske forhold enn 20°C som vanligvis brukes. Bruce's forsøk er utført for filter med både plast- og stein-medium.

Innsetting av K_T gir:

$$\ln \frac{L_e}{L_s} = - \frac{K_{15} \cdot \theta^{(T-15)} \cdot S}{Q} \quad (10)$$

K_T for forskjellige temperaturer fra ovennevnte forsøk ble beregnet fra ligning 8. K_{15} og θ ble ved hjelp av lineær regresjons-analyse beregnet fra ligning 9.

$$\ln K_T = \ln K_{15} + (T-15) \ln \theta \quad (11)$$

Verdiene for K_{15} og θ viste store variasjoner. Bruce og Boon (13) brukte 6 forskjellige filter-medier og beregnet K_{15} og θ for alle seks.

Fra dataene i disse forsøkene har Bruce beregnet en ligning:

$$\frac{L_e}{L_s} = \exp\left(-\frac{0,037 \cdot 1,08^{(T-15)} \cdot S}{Q}\right) \quad (12)$$

eller

$$\ln \frac{L_e}{L_s} = -\frac{0,037 \cdot 1,08^{(T-15)} \cdot S}{Q} \quad (13)$$

Fjerningen av organisk stoff er avhengig av hydraulisk belastning. Organisk belastning er ikke med, men ved disse forsøkene har man hatt et forholdsvis konstant forhold mellom hydraulisk og organisk belastning.

National Research Council NRC (51) har presentert en ligning (lign. 14), basert på data fra forsøk av rislefilter (stein) plassert i militærleire:

$$E_1 = \frac{1}{1 + 0,00016 \left(\frac{W}{VF}\right)^{\frac{1}{2}}} \quad (14)$$

E_1 = % BOF fjernet over 1.-trinns filter og sedimentering

W = BOF belastning (uten resirkulering) (kg/d)

V = volum av filteret (m^3)

F = resirkuleringsforholdet

Eckenfelder (24) har på basis av Velz' ligning (62) utviklet følgende formel (stein):

$$\frac{L_u}{L_s} = \frac{1}{1 + \frac{11,2 \cdot D^{0,67}}{\left(\frac{Q}{A}\right)^{0,5}}} \quad (15)$$

L_s = BOF inn, inkluderer resirkulering (mg/l)

L_u = BOF i usedimentert filter-utløp (mg/l)

A i m^2 , Q i m^3/h , D i m .

Data for temperatur-effektene for biologiske prosesser varierer mye: Forskjellige formler er blitt utledet for teoretisk å beskrive BOF-fjerningen som funksjon av noen eller alle hoved-variable som hydraulisk belastning, organisk belastning, type og dybde av mediet, grad av resirkulering og temperatur. Selv om formlene i mange tilfelle gir

en god beskrivelse av effekt og dimensjoneringsvariabler med hensyn på renseeffekt, så har de bare begrenset verdi. Wishart (63) har vist at NRC-formelen (lign. 14) ikke beskriver de resultatene som er oppnådd ved Tomlinson og Hall (56) fra forsøk i Minworth. Baker og Groves (10) har senere sammenlignet praktiske resultater med NRC-formelen (lign. 14) og Eckenfelders formel (lign. 15) og funnet store avvik.

2.2.5 Slamproduksjon

Steinfilter

I Abwassertechnik (41) har man satt opp erfaringstall for slamproduksjon i rislefilterdelen fra anlegg med forsedimentering/rislefilter og ettersedimentering.

Tabell 6. Erfaringstall for slamproduksjon fra rislefilter (steinmedium (Abwassertechnik (41)))

	Tørrstoffinnhold g/pd.	Vanninnhold %	Slammengde l/pd	kg TS/kg BOF ₅ ⁻ fjernet
Slam fra ettersed.:				
I	13	92	0,16	0,39
II	20	95	0,40	0,72

I lavbelastet (<0,75 kg BOF₅/m³ d)
II høybelastet (0,75-1,1 kg BOF₅/m³ d)

Plastfilter

Bruce (13), (14) har forsøkt å fastslå slamproduksjonen fra rislefilter med forskjellige typer materiale. Anlegget er kjørt med forsedimentering/rislefilter og ettersedimentering. Hver verdi for slamproduksjonene som er presentert i tabellen under, er en middelværdi av 40 målinger. Slamproduksjonen varierte fra 0,6-1 kg BOF₅-fjernet, med et gjennomsnitt for alle filtrene = 0,775 kg/kg BOF₅-fjernet. Slamproduksjonen viste ingen signifikant variasjon over året. Tørrstoffinnholdet var mindre enn 2% gjennom hele perioden, og andelen av flyktig stoff lå hele tiden mellom 75 og 77%.

Tabell 7. Midlere belastning og BOD₅-fjerning, slam-produksjon og slam-mets filtreringsegenskaper fra forsøk på Stevenage (13), (14), med forsedimentering/rislefilter og ettersedimentering

	Phase	F25 Slag	F26 'Flocor'	F27 'Crinkle close'	F28 'Cloisonyle'	F29 'Surfpac' Standard	F30 Basalt
BOD load applied (kg m ³ d)	I	1.70	1.65	1.6	1.6	1.65	1.6
	II	1.70	3.30	3.3	3.3	3.3	1.7
	III	0.80	4.4	4.4	4.4	1.5	1.6
BOD load removed (kg m ³ d)	I	0.27	0.55	1.0	0.7	0.57	0.26
	II	0.42	0.76	1.4	1.2	0.82	0.45
	III	0.41	0.72	1.6	1.2	0.83	0.60
Sludge produced (kg dry matter m ³ d)	I	0.28	0.45	0.61	0.47	0.43	0.24
	II	0.37	0.63	0.82	0.79	0.66	0.33
	III	0.29	0.72	1.04	1.24	0.59	0.37
Sludge produced (kg dry matter kg BOD removed)	I	1.05	0.81	0.63	0.64	0.75	0.93
	II	0.87	0.83	0.59	0.67	0.80	0.73
	III	0.74	0.97	0.65	1.00	0.75	0.61
Specific resistance to filtration of sludge (10 ¹² m kg) at 49 kPa	I	150	180	190	200	200	140
	II	150	180	250	180	230	170
	III	190	270	370	300	380	210

For å bestemme avvanningsegenskapene for slammet, ble CST-teknikken benyttet. Aluminiumklorhydrat ble benyttet som kondisjoneringmiddel. Slam produsert i høybelastet filter som behandlet forsedimentert kommunal kloakk, ble funnet å være spesielt vanskelig å avvanne tilfredsstillende selv etter kondisjonering. Slam fra filter som behandlet ikke forsedimentert kloakk, ble funnet å avvanne enklere, men ikke så enkelt som mekanisk slam fra samme kloakk.

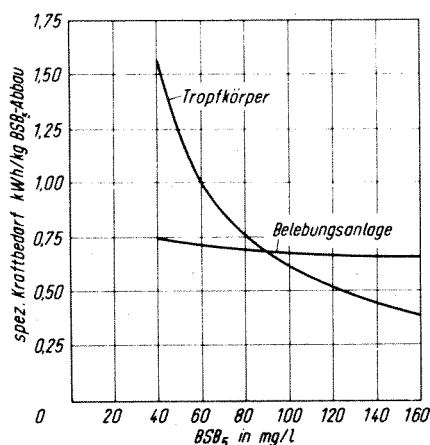
Ved Lunds tekniska högskola (LTH, Sverige) har man utført forsøk med rislefilter og etterfelling (53) omtrent i 3 år. Man har brukt 2 typer filtermateriale: Munter (140 m²/m³) og Flocor (90 m²/m³). I en periode har man kjørt forsøkene med mellomsedimenteringsbasseng, og der har man oppnådd følgende slamproduksjon og TS-innhold fra de biologiske filterene:

Tabell 8. Slamproduksjon og tørrstoffinnhold ved forsøk på Sjölanda LTH (forsedimentert kloakk)

	Middelverdi	Standard avvik
<u>Flocor:</u>		
Slamproduksjon (kg TS/fjernet BOD ₇)	1,09	0,70
(g/m ³)	38,90	20,40
Tørrstoffinnhold (%)	3,00	0,80
Gløderest (%)	0,70	0,20
<u>Munter:</u>		
Slamproduksjon (kg fjernet BOD ₇)	0,69	0,47
(g/m ³)	38,80	22,00
Tørrstoffinnhold (%)	2,50	1,10
Gløderest (%)	0,60	0,30

2.2.6 Effektforbruk

I Abwassertechnik (41) har man forsøkt å illustrere forskjellen i effektforbruk for et rislefilter (stein-medium) og et aktivt slamanlegg (fig. 11).



Figur 11. Effektbehov som funksjon av innløpskonsentrasjon, - aktivt slam og rislefilter (Fra Abwassertechnik (41))

Av figur 11 ser man at for innløpskonsentrasjoner over 90 mg BOF₅/l har et rislefilteranlegg mindre strømforbruk enn et aktivt slamanlegg.

2.2.7 Rislefilter og etterfelling

Forsøk ved Sjölanda, LTH, er også utført med rislefilter (plast) og etterfelling (53). En av hensiktene med forsøket var å finne dimensjoneringsgrunnlag for utbygginga av Malmö kommunes renseanlegg. Ved anlegget i Sjölanda ble den organiske belastningen over filteret variert mellom 1 og 3,5 kg BOF₇/m³ d. Selv ved høyeste belastning oppnådde man gode renseresultater, men av sikkerhetsgrunner ble det anbefalt ikke å dimensjonere for mer enn 2,5 kg BOF₇/m³ d siden høyere belastning enn den dimensjonerende kan forekomme.

Man anbefaler at dimensjonerende overflatebelastning bør være 2-2,5 m³/m² h. Overflatebelastningen bør i det minste være så høy en gang pr. døgn for å unngå gjentetting av kanalene og sikre at hele materialet er vått og ikke tørker.

Särner (53) nevner også viktigheten av å ha en god fordeling på overflaten.

Anbefalte doseringer av aluminiumsulfat (Boliden AVR) var 150-175 mg/l.

Tabell 9 viser en sammenstilling av resultater fra Sjölund. Anlegget har vært drevet med forsedimentering, rislefilter, mellomsedimentering og etterfelling (felling med aluminiumsulfat).

Tabell 9. Resultater fra rislefilter/etterfellings-forsøk i Sjölund (53) Middelerdien over forsøksperioden (4-5 mndr.).

Middelerdi Målte parametre	Forsedi- mentert	Biologisk renset	Kjemisk renset	%-reduert
SS (mg/l)	105	54	11	90
BOF ₇ (mg O ₂ /l)	117	47	13	89
BOF ₇ -filtr. (mg O ₂ /l)	44	17	10	77
Tot-P (mg P/l)	5,8	4,6	0,4	93
Orto-P (mg P/l)	4,5	4,1	0,2	96
Hydraulisk belastning (m ³ /m ² h)		2,1-4,4	2-4,6	

På tross av lav BOF-reduksjon over filteret, har man i Sjölund hatt god totalfjerning av BOF.

2.3 Biorotor

2.3.1 Renseprosessen i en biorotor

Biorotoren faller i likhet med rislefilter inn under kategorien "fast-sittende" biologiske kulturer. Den mikrobiologiske veksten sitter på en inert overflate. Det bærende mediet er sirkulære skiver. Skivene er satt sammen på en akse plassert vertikalt i en halvsirkelformet tank (trau). Aksene roterer sakte, og omtrent halvparten av skivearealet er til enhver tid neddykket i avløpsvannet. Biorotoren sees på som en videreutvikling av rislefilteret.

Pöpel (42) sier at de langsomt dreierende skivene blir overdekket av et 1-2,5 mm tykt sjikt av mikrobiell vekst 2-3 dager etter igangsetting.

Dette sjiktet adsorberer avløpsvannets nedbrytbareorganiske stoffer ved bevegelsen under vann og nedbrytes ved tilstrekkelig oksygentilgang. Skjærkreftene som oppstår ved bevegelsen ned i vannet, gjør at biomassen litt etter litt faller av.

Bruk av roterende skiver til biologisk rensing, er første gang nevnt av Doman (22) som gjorde forsøk med disse i USA i 1925.

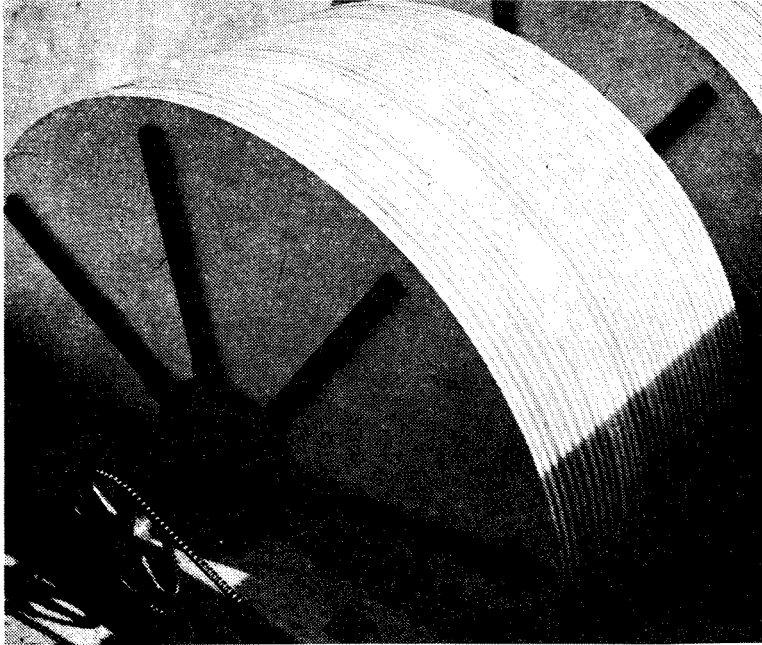
Undersøkelser av biologisk rensing med biorotor ble satt i gang for første gang 30 år senere (1955 i Vest-Tyskland) av Pöpel (42) og Hartmann (28). Alminnelig bruk av prosessen startet i 1959. I dag er biorotoren installert i små prefabrikkerte anlegg og i anlegg opp til 100 000 pe.

2.3.2 Biorotormaterialet

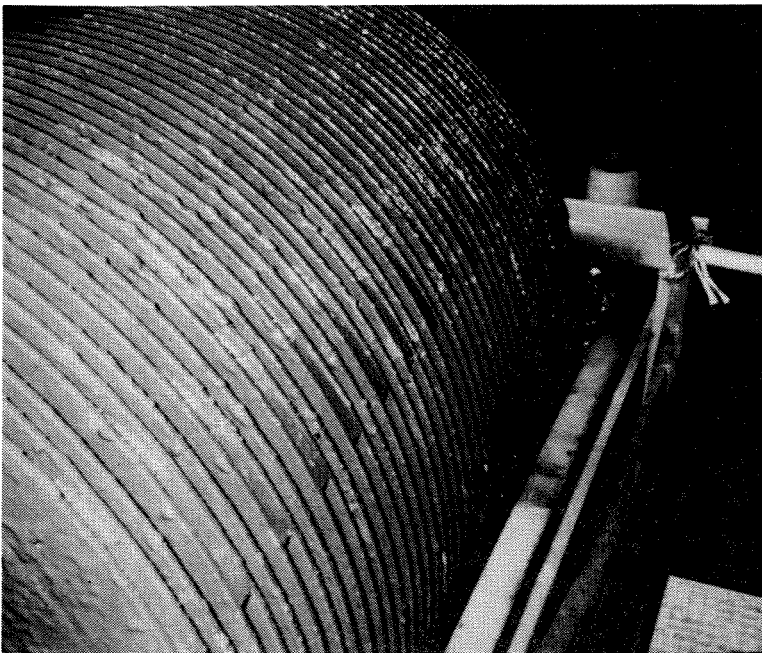
Ved det første anlegget for praktiske forsøk (Feriendorf Grafenhauen i Schwarzwald) ble biorotorskivene laget av asbestsement. Dette materialet holdt seg meget godt, men tyngden av skivene medførte store problemer. Av den grunn ble skivene noen år senere laget av det ekstremt lette, men forholdsvis motstandsdyktige materialet Styropor. Dette gjorde det mulig med aksellengder på opptil 7 m med enkle konstruksjoner. Dette kunststoffet er så lett (spesifikk vekt = 50 kg/m^3) at skivene med biomasse flyter på vannet, og man får praktisk talt ingen belastning på lageret (Fra Abwassertechnik (41)).

Senere er også andre plast-materialer tatt i bruk (eks.: PVC, bølgeformede polyetylen-plater).

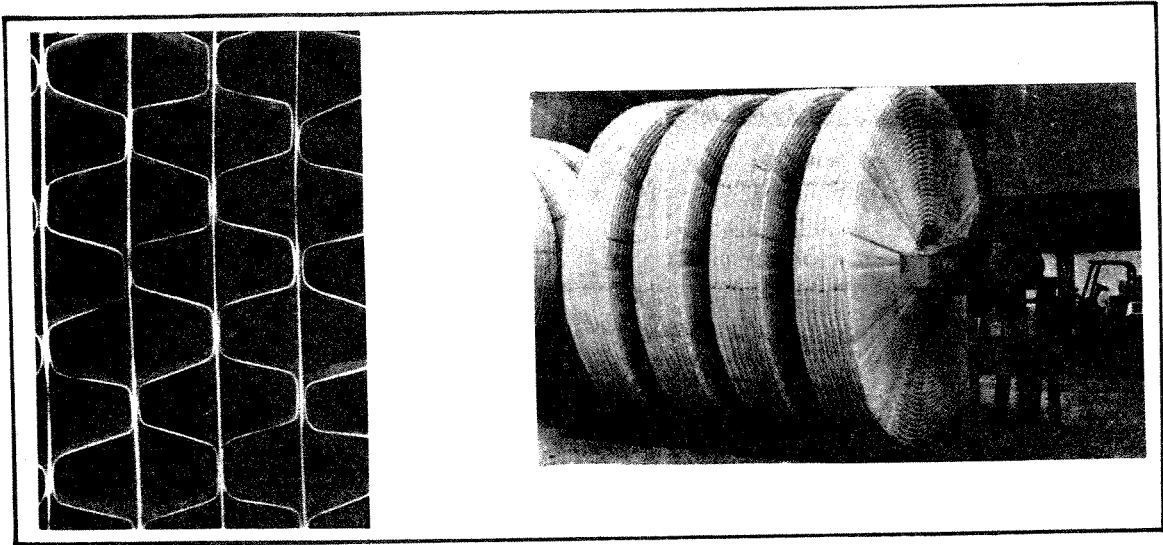
I dag fins det forskjellige typer biorotorer på markedet, f.eks.: Stengelin, Gustavsberg, Bio-surf (Autotrol) og Parca Norrahammar (se figur 12, 13, 14 og 15).



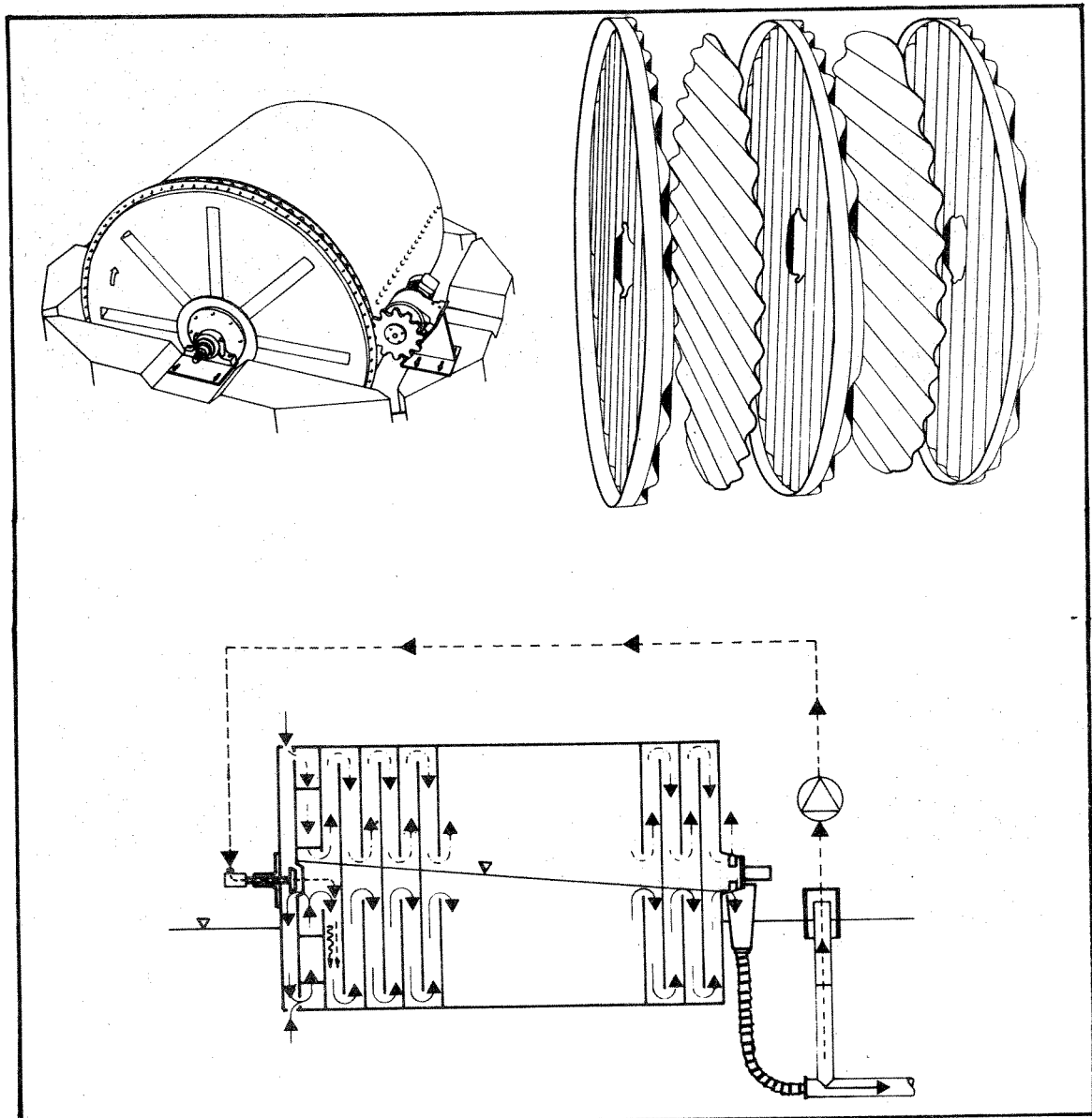
Figur 12. Stengelins biorotor, styropor skiver



Figur 13. Gustavsbergs biorotor, PVC skiver



Figur 14. Bio-surf., detaljbilde av mediet og Bio-modul (2-3,5 m diameter bølgeformet polyetylen)



Figur 15. Parca Norrahammar, sylindren som biorotoren er bygd inn i, skivenes utforming og prinsippskisse for biorotoren

Fabrikat:

Stengelin
Gustavsberg
Bio-surf (Autotrol)

Parca Norrahammar

Materiale:

Styropor
PVC
Bølgeformede polyetylen-
plater
Bølgeformede plast-skiver
innebygd i en sylinder-
formet rotor

Bio-surf er forskjellig fra de to andre ved at det ikke er vanlige skiver som roteres, men samme type materiale som i et rislefilter (bølgeformede plater som er limt sammen).

Parca Norrahammar arbeider etter et noe annet prinsipp enn de tre andre. Den består av en biorotor plassert inne i en sylinder. Sylinderen er plassert direkte i et basseng, og vannet pumpes inn ved hjelp av et skovl-arrangement. Rotoren følger med overflatens bevegelse opp og ned p.g.a. variasjonene i vanntilførsel. Avløpsvannet passerer gjennom biorotoren der biologisk rensing foregår, se figur 15. Rotoren kan også tørroppstilles, og vann pumpes inn.

2.3.3 Belastninger og rensegrader med hensyn på organisk stoff

Pöpel (43) og Hartmann (28) la grunnlaget for dimensjonering av biorotor som engelskmannen Steels (52) har forsøkt å sammenstille og forenkle. Han har tatt utgangspunkt i en artikkel av Hartmann fra 1965 (27).

Steels innfører en korreksjonsfaktor for antall trinn over 2 og antall personer under 10 000 (se tabell 10).

Tabell 10. Korreksjonsfaktor ved dimensjonering av biorotor (fra Steels (52))

Antall trinn	K_1	Antall personer	k_2
3	0,91	10 000	1,0
4	0,87	5 000-10 000	1,1-1,2
>4	0,85	1 500- 5 000	1,2-1,3
		400	1,5

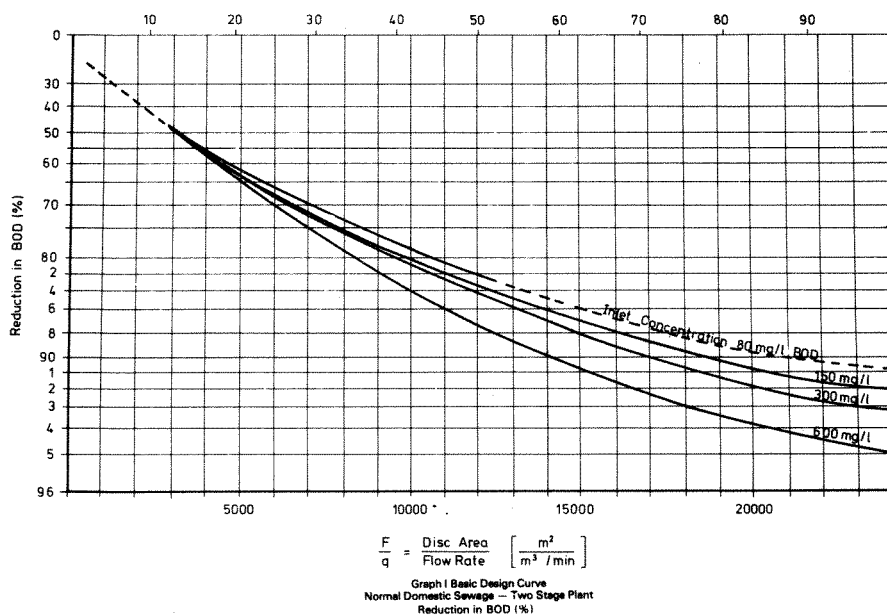
$$F_{\text{korr.}} (\text{m}^2) = F (\text{m}^2) \cdot k_1 \quad (16)$$

$$q_{\text{korr.}} (\text{m}^3/\text{min}) = q (\text{m}^3/\text{min.}) \cdot k_2 \quad (17)$$

der $F (\text{m}^2)$ = totalt biomasseareal for biorotoren

$q (\text{m}^3/\text{min})$ = vannstrømmen gjennom anlegget (basert på en gjennomsnittsverdi over 24 timer)

I figur 16 har Steels presentert BOF_5 -reduksjon som funksjon av hydraulisk belastning (denne kurven er basert på data fra Pöpel og Hartmanns arbeider).

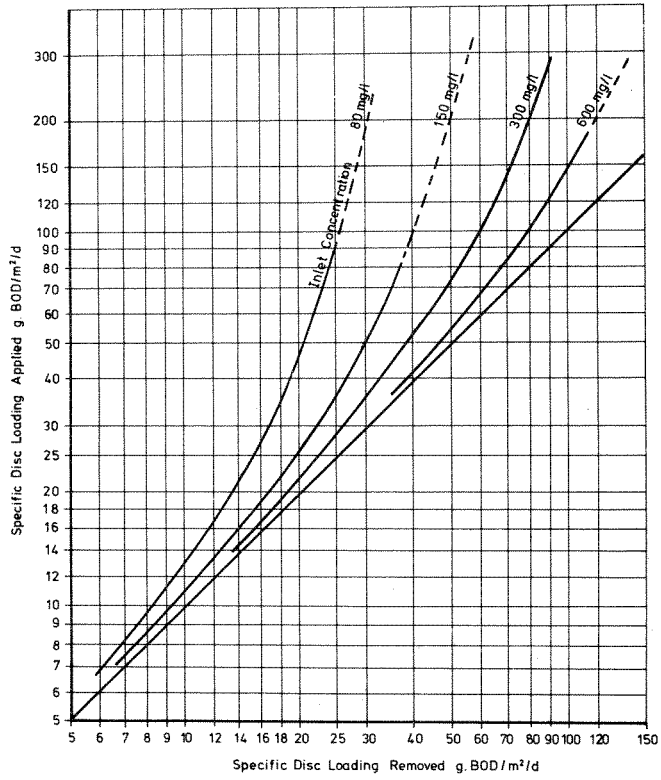


Figur 16. Sammenheng mellom grunnlaget for dimensjonering og redusert BOF (to-trinns. anlegg) (Presentert av Steels (32))

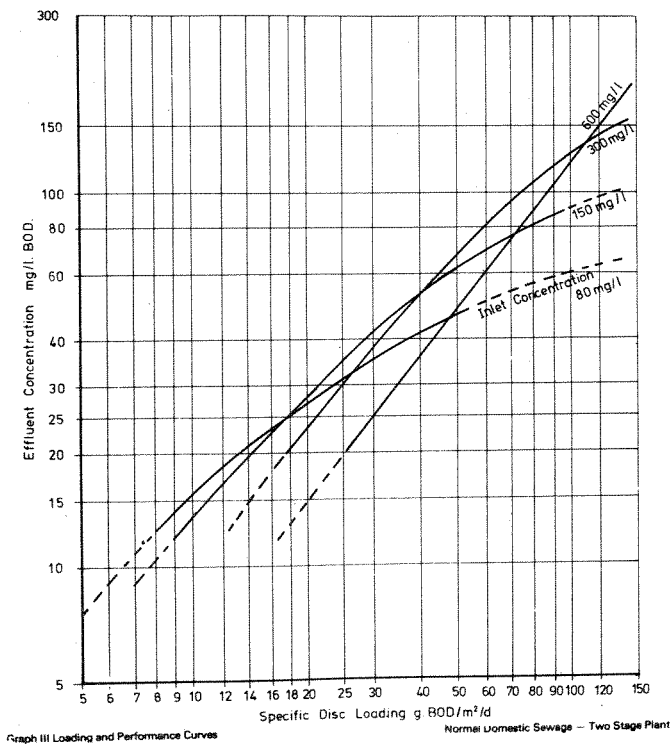
Ved å gå inn i figur 16 på ønsket BOF-reduksjon, kan $\frac{F}{q}$ avleses direkte. Nødvendig skiveareal blir da:

$$F (\text{m}^2) = \left(\frac{F}{q} \right) \cdot q_{\text{korr.}} \quad (18)$$

Figur 17 er basert på organisk belastning (På grunnlag av Pöpel og Hartmanns arbeider).



Figur 17. Sammenheng mellom tilført BOF_5 og fjernet BOF_5 (to-trinns anlegg)



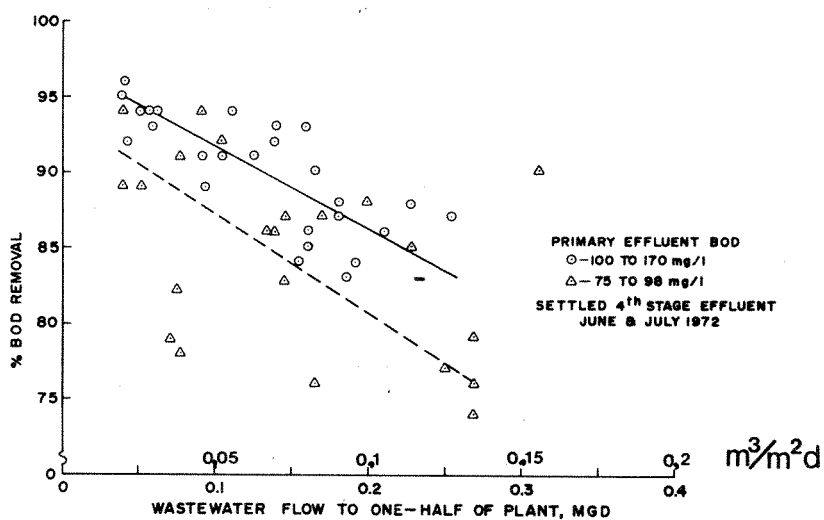
Figur 18. Sammenheng mellom organisk belastning og utløpskonsentrasjon av BOF_5 (to-trinns anlegg)

Figur 18 viser organisk belastning som funksjon av utløpskonsentrasjoner (basert på Pöpel og Hartmanns arbeider).

Antonie et al. (6) har i et år fulgt opp et full-skala anlegg (1800 m³/d) med to parallelle linjer i Pewaukee, Wisconsin.

Antonie et al. (6) nevner at tidligere studier (3) og (4) har vist at biorotorprosessen er av 1.-orden med hensyn på fjerning av BOF og NH₄-nitrogen. Dette tyder på at hydraulisk belastning er det viktigste dimensjoneringskriterium. Anleggets to parallelle linjer ble drevet ved forskjellig hydraulisk belastning (vannføringsforhold 2:1 og 4:1).

Prøvene som ble tatt fra de to parallelle grenene i anlegget, sedimenterte i 30 min. før analysering. Prosentuell reduksjon er beregnet på basis av utløpsvann fra forsedimenteringsbassenget. Alle data stammer fra avløpsvannstemperaturer > 13 °C.



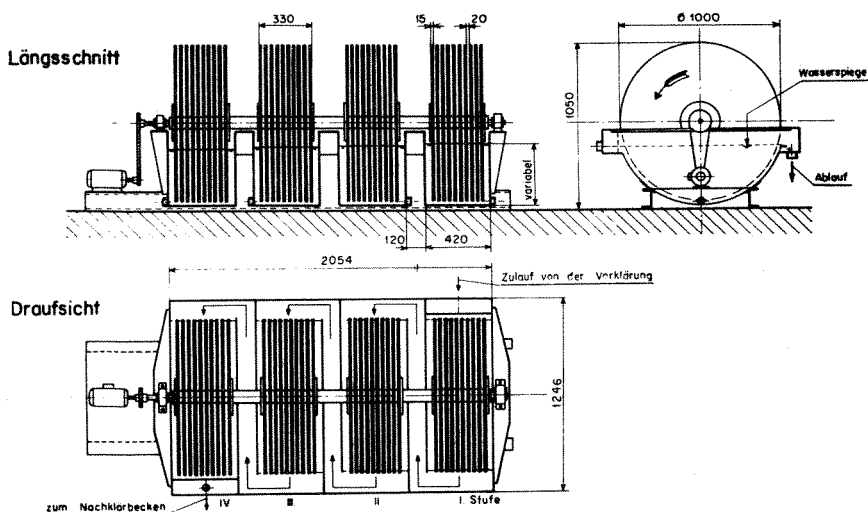
Figur 19. BOF-fjerning ved varierende hydraulisk belastning (Fra Antonie et al. (6))

P.g.a. store variasjoner i konsentrasjonen av organisk stoff inn, ble data presentert i fig.19, delt i to grupper. Stor spredning i resultatene er blant annet forårsaket av vanskeligheten med å få riktig

sammenligning mellom inn- og utløpskonsentrasjoner i de perioder der man hadde store variasjoner p.g.a. regnvær og infiltrasjon.

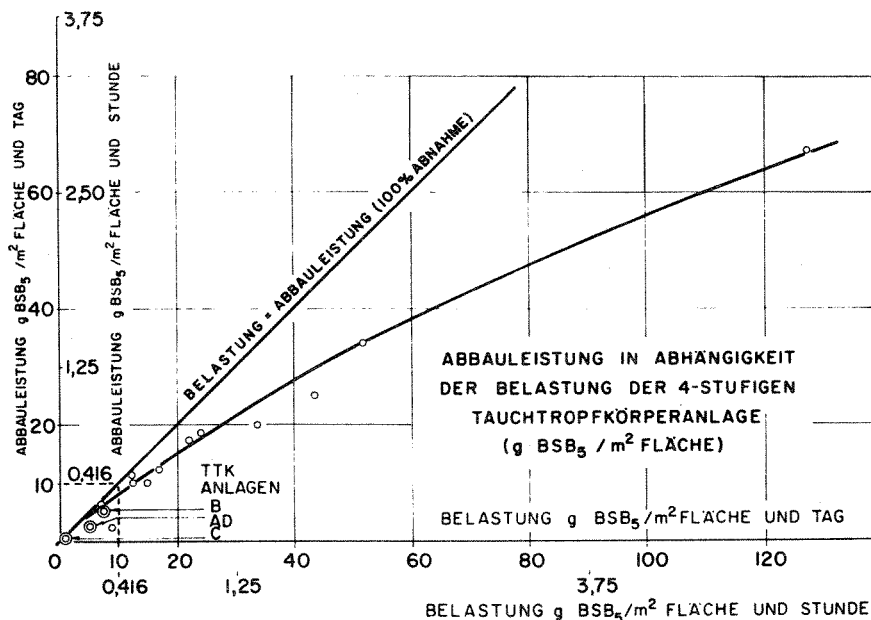
Märki (39) har beskrevet resultatene fra forsøksdriften ved forsøksstasjonen Tüffenwies (EAWAG), der man ønsket å slå fast om det var gjennomførbart å rense avløpsvannet i Zürich ved hjelp av biorotor. Avløpsvannet var svært tynt, og man var klar over at dette ikke alltid medførte optimale betingelser for driften av biorotor.

Biorotorene ved dette anlegget var fabrikkert av Stengelin, og det dreide seg om et firetrinns renseanlegg (se fig. 20).



Figur 20. Biorotor ved forsøksanlegget i Tüffelwies; lengdesnitt og grunnriss med mål (Fra Märkis' undersøkelser i Zürich (39))

Omdreiningstallet ble holdt konstant = 3 o/min., og skivene ble rotert med vannretningen etter anbefaling fra Hartmann (30). I figur 21 er resultater fra forsøkene presentert.



Figur 21. Nedbrytning av organisk stoff som funksjon av organisk belastning (Fra Märki (39))

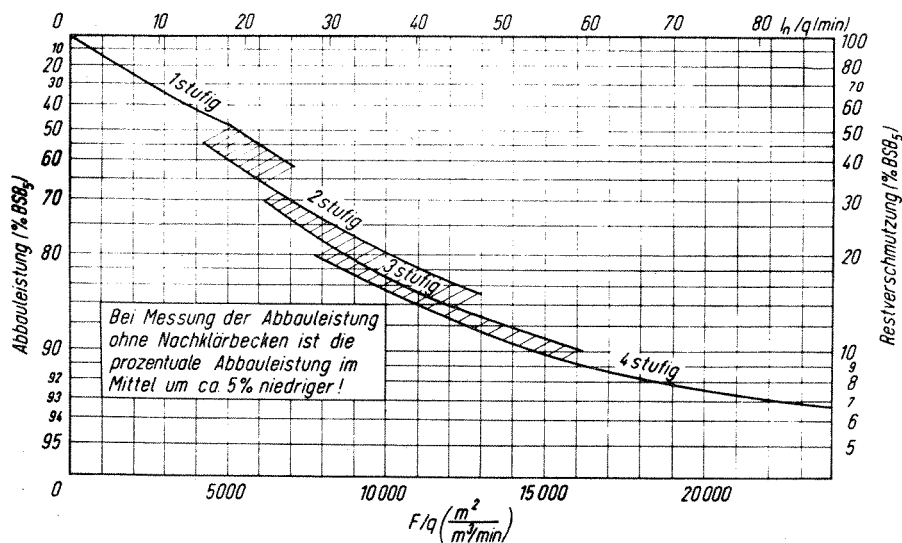
På grunnlag av erfaringer på kontinentet, anbefaler Abwassertechnik (41) følgende ved overslagsberegninger:

Biologisk delrensing	$F = 0,5 \text{ m}^2/p$
Biologisk rensing $\sim 80\%$	
BOF ₅ -reduksjon (3 trinn)	$F = 1,0 \text{ m}^2/p$
Biologisk rensing med $\sim 90\%$	$F = 2,0 \text{ m}^2/p$
BOF ₅ -reduksjon (3 trinn)	
Biologisk rensing med delvis nitrifikasjon og 95% BOF ₅ -reduksjon (4 trinn)	$F = 3,0 \text{ m}^2/p$

Antall trinn:

Basert på tidligere undersøkelser, har Hartmann i en artikkel i Österreichische Wasserwirtschaft (27) presentert en kurve der man har tatt hensyn til antall trinn, og vist at jo flere trinn man har, jo bedre reduksjon får man. Han sier at trinninndelingen for visse andre typer avløpsvann (ikke "frisk" husholdningskloakk), bør i regelen være slik at

skivebelastningen i første trinn ikke overskrider $100 \text{ g BOF}/\text{m}^2 \text{ d}$. I regelen bør anlegget ha minimum 2 trinn. Det er praktisk med 2 trinn opp til 85% rensing. Ved en oppbygning opp til 90%, er det praktisk med 3 trinn, og over 90%, 4 trinn (se figur 22).



Figur 22. Biorotor - dimensjoneringsdiagram for kommunal kloakk. F er bevokest skiveoverflate (m^2), q er dimensjonerende vannmengde (m^3/min) (Fra Hartmann (27))

Nitrifikasjon

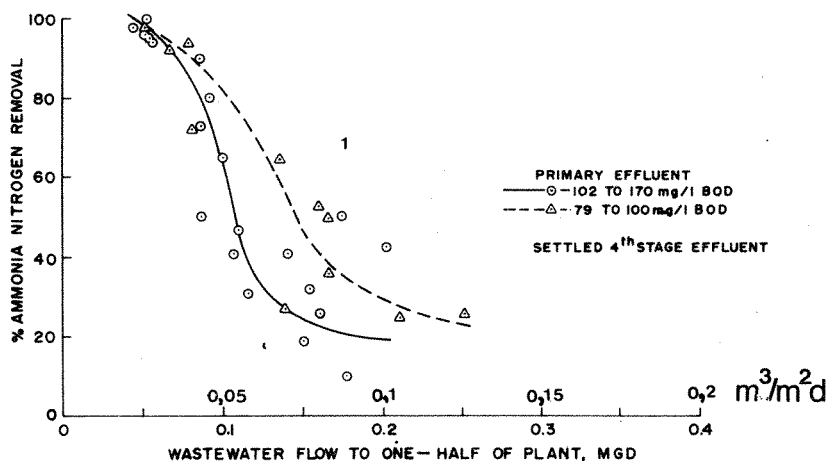
Når flere biorotorer er koblet i serie, fjernes organisk stoff i de første trinnene, og de etterfølgende trinn brukes til nitrifikasjon. Nitrifikasjonen starter ikke før hoveddelen av BOF_5 er oksydert.

Antonie et al. (6) har ved anlegget i Pewaukee undersøkt eventuell nitrifikasjon ved biorotor-prosessen.

Selv om dette renseanlegget ikke var dimensjonert med tanke på nitrifikasjon, så ble dette observert ved lave belastninger. For høye innkonsentrasjoner av BOF_5 , starter nitrifikasjonen ved en hydraulisk belastning $0,075 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ d}$ (tilsvarende en organisk belastning på 8-13 $\text{g BOF}_5/\text{m}^2 \text{ d}$). Ved lave innkonsentrasjoner av BOF_5 , starter nitrifikasjonen ved $0,12 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ d}$ (9-12 $\text{g BOF}_5/\text{m}^2 \text{ d}$) (Se figur 23).

Tidligere undersøkelser av Antonie (3) og (4) har vist at nitrifikasjon i en biorotor-prosess starter når kloakkens BOF_5 -konsentrasjon nærmer seg $30 \text{ mg O}_2/1$ (basert på avløpsvannstemperatur $>13^\circ \text{C}$). Ved

denne konsentrasjonen kan nitrifikasjons-organismer konkurrere med karbonoksyderende organismer som ellers vokser raskere og etablerer seg i prosessen. Deretter fortsetter nitrifikasjonen raskt inntil man har en BOF_5 -konsentrasjon omtrent lik $10 \text{ mg O}_2/\text{l}$, der nitrifikasjonen er fullstendig.



Figur 23. Hydraulisk belastningseffekt på nitrifikasjonen (Fra Antonie et al. (6))

Støtvis belastning

Ved Märkis' undersøkelser i Zürich (39) ble biorotorens renseeffekt undersøkt ved støtvis belastning. Et biologisk anleggs tilpassnings-evne til en overbelastning, avhenger av flere faktorer; slammengder, slammets tilstand, vannets temperatur, luftesystem, luftetid osv.

I en forsøksserie på 12 uker ble vannmengdene inn hver onsdag plutselig 10-doblet over en 8-timers periode, og renseeffekten ble undersøkt under sjokkbelastningen (Se tabell 11).

Tabell 11. Biorotor: Renseeffekt ved støtvis belastning (Fra Märki (39))

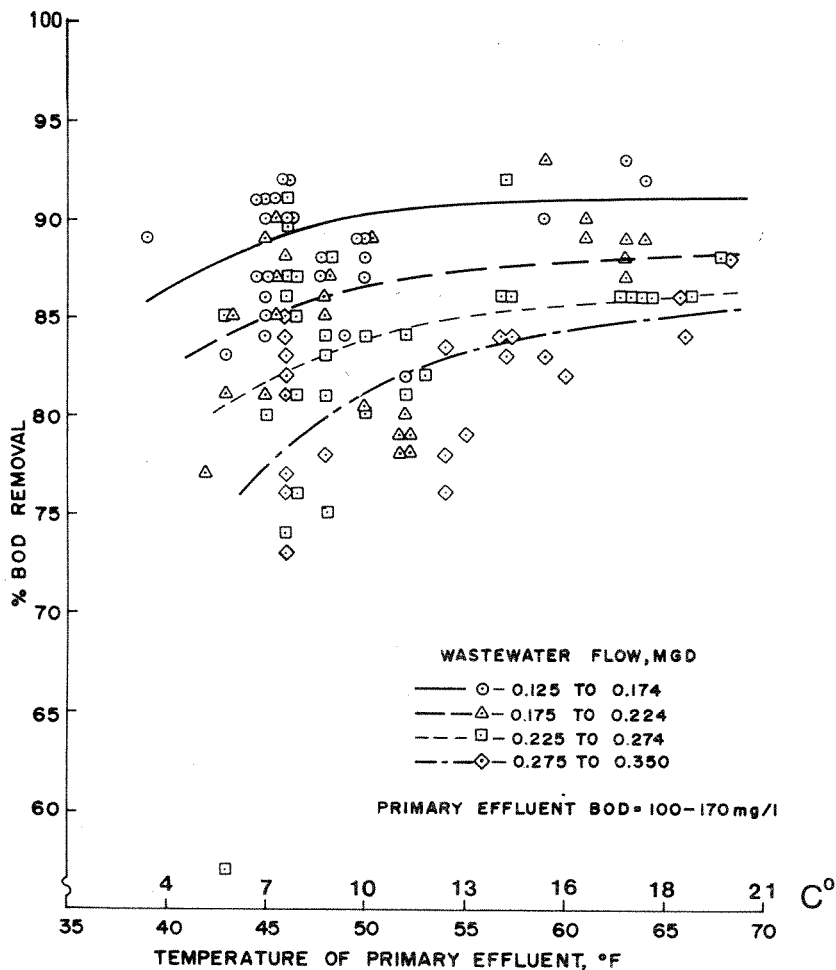
	Dagen før	Høybelastning	Dagen etter
a) Hydraulisk belastning: ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{d}$):	0,074	0,74	0,074
Renseeffekt (% BOF_5):	92,5	49,6	82,2
b) Hydraulisk belastning: ($\text{m}^3/\text{m}^2\text{d}$):	0,029	0,29	0,029
Renseeffekt (% BOF_5):	94,6	65,0	77,6

Som man kan se av tabell 11, klarer BR en slik overbelastning relativt godt. Prosentvis renseeffekt synker under overbelastningen, men 24 timer etter er den i nærheten av rensegraden ved normalbelastning.

En slik økning av belastningen (10 ganger) medførte mer enn 10 ganger større slamproduksjon, og dette forklares ved at den forsterkede hydrauliske belastningen medførte en avspyling fra skivene.

Temperatureffekter

Ved anlegget i Pewaukee, Wisconsin (Antonie et al. (6)), hadde man store temperaturvariasjoner over året. Figur 24 viser effekten av avløpsvannets temperatur på fjerning av BOD. Dataene er delt i 4 grupper for å få fram effekten av den hydrauliske belastningen.



Figur 24. Temperaturens innflytelse på BOD-fjerning ved varierende hydraulisk belastning

Av figur 24 kan man se at effekten av temperaturen øker med økende hydraulisk belastning. Lignende effekter av temperaturen er funnet i en tidligere undersøkelse av Antonie (5).

Hvis man ønsker f.eks. å dimensjonere anlegget for 85% BOF-fjerning ved 7 °C, tilsvarende en hydraulisk belastning på 0,088-0,112 m²/m²d, vil man kunne oppnå samme prosent fjerning ved 13 °C og en hydraulisk belastning på 0,113-0,137 m³/m²d. Ved 20 °C vil man oppnå 85% BOF-fjerning ved en hydraulisk belastning på 0,138-0,175 m³/m²d.

2.3.4 Oppskalering

Chesner og Molof (19) har sett på problemene omkring oppskalering av biorotor fra halvteknisk til full målestokk. Man har gjort forsøk med biorotorer av forskjellige diametre, og på grunnlag av dette, har man påpekt problemene med oppskalering hvis anlegget i halvteknisk målestokk er kjørt ved spesielt lave oksygenkonsentrasjoner. Skivenes hastighet kan karakteriseres på to måter, enten ved rotasjonshastigheten (o/min.) eller ved periferihastigheten (m/s). Hartmann (29) og Pöpel (45) er enige om bruk av periferihastighet som dimensjonerende parameter. Ved bruk av periferihastighet ved oppskalering får man følgende:

$$v_{\pi 1} = v_{\pi 2} = \pi d_1 \cdot \omega_{\pi 1} = \pi d_2 \omega_{\pi 2} \quad (19)$$

der v = periferihastigheten (m/s)

d = diameter (m)

ω = rotasjonshastighet (o/min.)

$$\frac{\omega_{\pi 1}}{\omega_{\pi 2}} = \frac{d_2}{d_1} \quad (20)$$

Chesner og Molofs forsøk (19) viste at en høyere rotasjonshastighet medførte en høyere oksygenkonsentrasjon i avløpsvannet. Hvis man gjør forsøk i liten målestokk med lave oksygenkonsentrasjoner og bruker periferihastigheten som dimensjonerende parameter, vil man oppnå en lavere rotasjonshastighet i fullskala-anlegget enn i forsøksanlegget, og man risikerer å komme ned i kritiske oksygenkonsentrasjoner. Ved oppskalering bør man være klar over forskjellen i rotasjonshastighet som medfører forskjell i oksygenkonsentrasjon.

2.3.5 Slamproduksjon

Antonie et al. (6) har fra forsøkene i Pewaukee, Wiscounsin, utført tørrstoffmålinger av slam fra biorotor (mellomsedimentering) og blandslam (biorotor og mekanisk (Se tabell 12)).

Tabell 12. Tørrstoffinnhold av slam fra biorotor og blandslam (mekanisk + biorotor) fra forsøkene i Pewaukee (6)

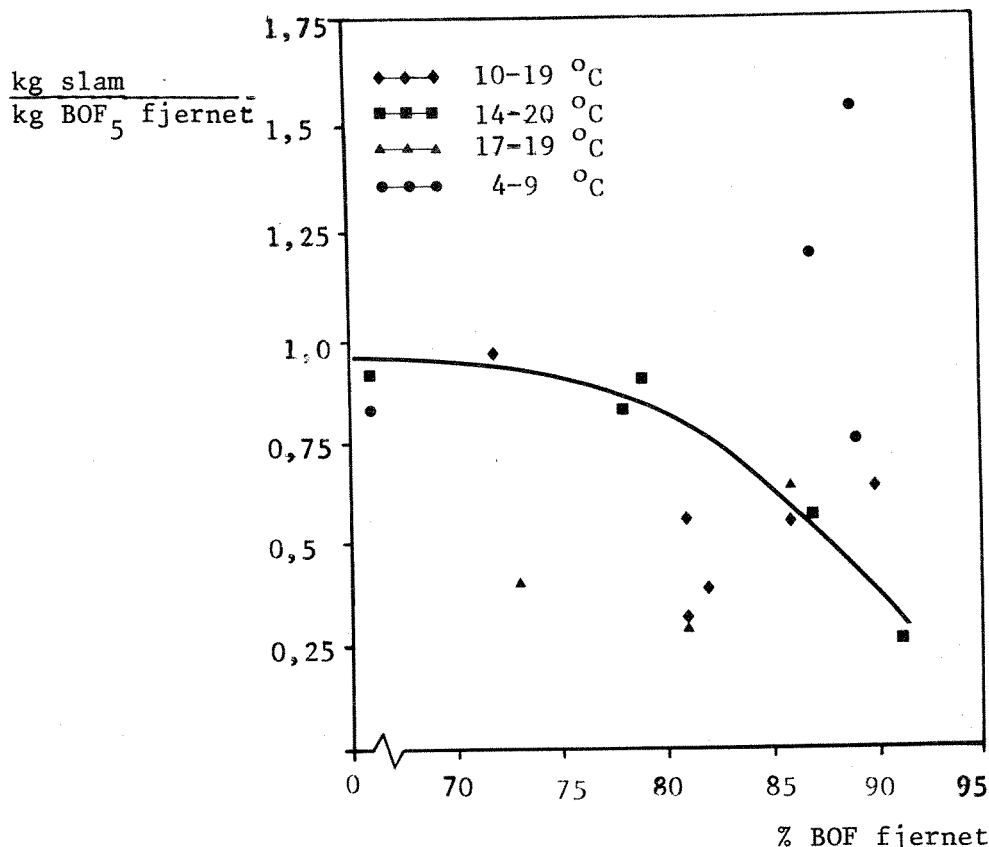
Secondary Clarifier Drawoff Schedule		Secondary Sludge		Combined Primary and Secondary Sludge	
Frequency (times/day)	Duration (min)	Percent Solids	Number of Samples	Percent Solids	Number of Samples
1	2	4.2	6	4.3	5
2	2	2.0	3	5.0	5
2	3	5.0	2	6.5	2
3	4	4.7	2	5.2	2
4	4	1.5	13	4.8	13
8	2	3.2	3	5.1	3
12	2	2.2	4	4.2	4

Biologisk slam hadde 4-5% TS når slamtapping foregikk tilstrekkelig sjelden og var av kort varighet. Når frekvensen og varigheten av slamtappingen økte, oppnådde man 1,2% TS. I de tilfeller man overførte bioslam til forsedimenteringen og fortykket det sammen med det mekaniske, produserte man et blandslam med 4,3-6,5% TS. Konsentrasjonen av blandslammet viste seg å være omtrent uavhengig av slamtappeprosedyren.

Antonie et al. (6) sier videre at det høye TS-innholdet man oppnår ved biorotor-prosessen, antyder at det i mange tilfeller er unødvendig med fortykking for videre behandling og deponering av slammet.

Antonie (4) har fra sine forsøk funnet at slamproduksjonen øker ved temperaturer $< 10^{\circ}\text{C}$ (Se figur 25).

I figur 25 har man framstilt slamproduksjonen som funksjon av % BOF_5 fjernet. Data her gjelder for temperaturer $> 10^{\circ}\text{C}$. Gjennom hele forsøksperioden har slammet fra biorotoren inneholdt 80% FSS.



Figur 25. Slamproduksjonen som en funksjon av % BOF₅ fjernet (Fra Antonie (4))

Av figuren ser man at ved 86% BOF₅ fjernet (20 mg BOF₅/l ut) får man en slamproduksjon lik 0,5-0,6 kg slam/kg BOF₅ fjernet. Resultatene viser stor spredning p.g.a. vanskeligheter med å få en representativ blandprøve.

Bruce et al. (17) har gjort forsøk i liten målestokk for å få en viss innføring i virkemåten av bl.a. biorotor. Ved forsøkene ble slam etter biorotor tappet kun ved 4 anledninger i løpet av 7 måneder. Slam fra biorotor og forsedimentering ble tappet sammen. Spesifikk filtrermotstand ble funnet omtrent lik den fra blandet mekanisk/biologisk slam fra aktivt slamanlegg. Bruce et al. (17) påpeker videre at slammene har samme lukt som slam fra en septiktank, og menes at slammene ikke er egnet for deponering uten at man har foretatt en videre stabilisering. Totalproduksjonen (mekanisk + biologisk) var lik 0,6 g TS/g BOF₅ inn. Til sammenligning er det antatt en slamproduksjon for langtidslufter omtrent lik 0,5 g TS/g BOF₅ inn (Aktuell slamproduksjon er avhengig av f.eks. belastning, temperatur og oppholdstid).

2.3.6 Effektforbruk

Märki har målt effektforbruket ved anlegget i Tüffenwies (39) og funnet følgende:

Tabell 13. Effektforbruki biorotoranlegg (Märki (39))

Vannføring l/s	kWh/kg BOF ₅ fjernet
0,02	9,8
0,05	4,6
0,20	1,6
0,50	1,2

Motoren var overdimensjonert. Märki sammenligner også med data oppgitt av firma Stengelin. Disse er oppgitt i tabell 14.

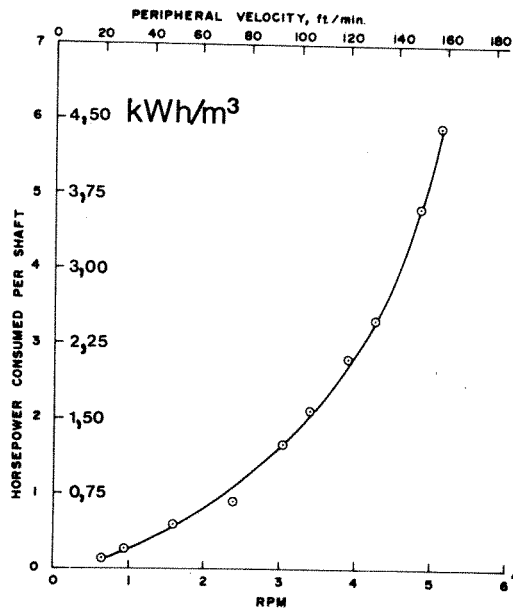
Tabell 14. Biorotorens effektforbruk (inngående BOF₅-konsentrasjon: 250 mg O/l) Data oppgitt fra firma Stengelin

BOF ₅ fjernet	kWh/kg nedbrutt BOF ₅	Anleggsstørrelse pe	Strømforbruk motor (kW)
95	0,4	120-200	0,07-0,1
90	0,25	800-2500	0,24-0,56
80	0,17	1200-10 000	0,46-2,3

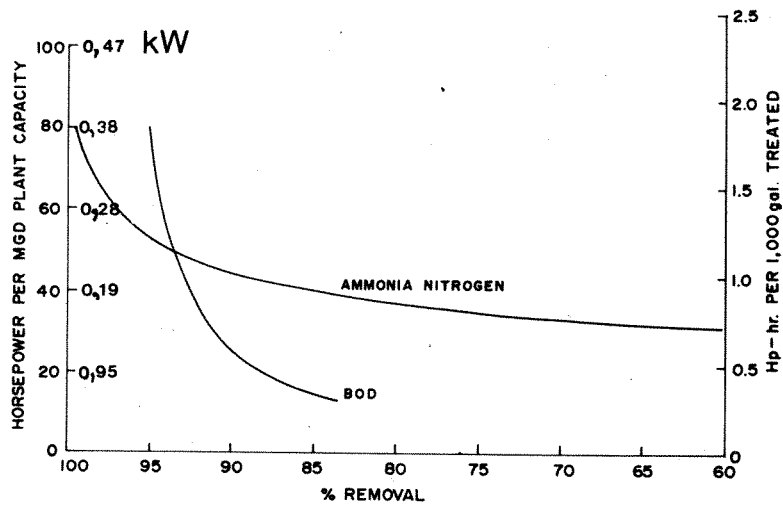
Målingene av Antonie er kun netto effektforbruk for rotering av mediet (ikke i motor og lager).

Antonie har fra forsøkene i Pewaukee (6) undersøkt effektforbruket som funksjon av rotasjonshastigheten (Se figur 26). Biorotoren hadde polystyren-skiver (3 m diameter, 150 stk.). Rotasjonshastigheten var under forsøkene lik 2 o/min., - dette tilsvarte et effektbehov på 0,8 hp (0,6 kW).

Antonie (6) har brukt resultatene fra hydraulisk belastning og rensegrad og beregnet effektforbruket som funksjon av rensegraden (Se figur 27).



Figur 26. Effektforbruket som funksjon av rotasjonshastigheten (Fra Antonie et al. (6))



Figur 27. Effektforbruket som funksjon av % BOF/ NH_4 fjernet (Fra Antonie et al (6)) basert på en BOF_5 -konsentrasjon inn, 100-170 mg O_2/l

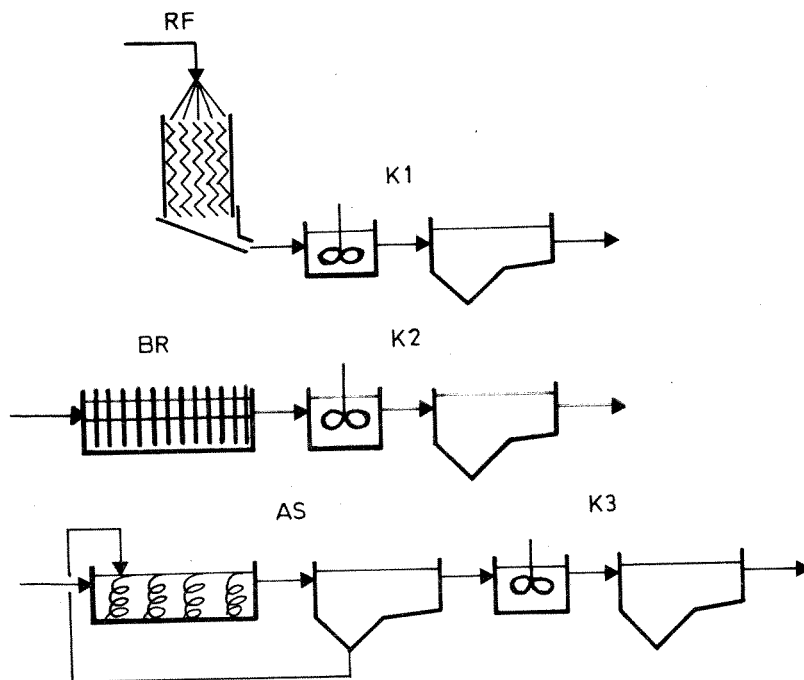
3 BESKRIVELSE AV FORSØKSOPPLEGG

3.1 Vurderinger

Hensikten ved disse forsøkene var å undersøke rislefilter (RF)/biorotor (BR) i kombinasjon med kjemisk felling som alternativ til aktivt slamanlegg med kjemisk felling. Det er stor interesse for erfaringer fra drift ved norske forhold. Ved forsøkene på Kjeller ønsket man å skaffe seg erfaringer fra drift ved:

- Varierende avløpsvannkonsentrasjoner (dårlig ledningsnett)
- Varierende avløpsvannstemperaturer
- Store belastningsvariasjoner

På NIVA's forsøksstasjon på Kjeller har man tre like fellings-trinn,- man har dessuten to parallelle aktivt slamanlegg. På grunnlag av dette kunne RF+felling og BR+felling bli undersøkt med AS+felling som referanse (Se fig. 28).



Figur 28. Tre typer biologiske anlegg i kombinasjon med kjemisk felling (Rislefilter, biorotor, aktivt slam)

RF og BR krever forbehandling. Vanligst er bruk av konvensjonell forsedimentering. Ved anlegget på Kjeller har man et forsedimenteringsbasseng, og dette ble benyttet som forbehandling før RF, BR og AS for derved å oppnå samme innløpskonsentrasjon til alle 3 enhetene.

Hvilke parametre som skulle velges for karakterisering av den biologiske nedbrytningen over RF, BR og AS, ble nøye vurdert. Man valgte å bruke kjemisk oksygenforbruk (KOF) ved den daglige oppfølgingen, men i tillegg å måle BOF_7 i perioder. Man håpet å kunne finne en enkel relasjon mellom KOF og BOF_7 . KOF er en rask, relativt enkel analyse. BOF_7 tar minimum 1-2 uker før resultat vil foreligge. I tillegg har denne analysen visse usikkerhetsmomenter som er diskutert av Skoglund (48).

Man valgte i tillegg i perioder å kjøre KOF på filtrerte prøver for å bestemme fordelingen av organisk stoff i løst og partikulær form. Antallet analyser på filtrerte prøver ble bestemt etter analysekapasiteten på Kjeller.

På hvilken måte man skulle oppfølge eventuell nitrifikasjon, ble også vurdert. En skikkelig oppfølging ville medføre et adskillig større analyseprogram enn planlagt (NH_4-N ; NO_3-N ; NO_2-N ; Tot-N), så man valgte kun å registrere eventuell nitrifikasjon ved forenklet kolorimetrisk analyse av summen av NO_2-N og NO_3-N .

3.2 "Forsøksopplegg i hovedtrekk "

Figur 29 viser flyteskjema over forsøksanlegget. FS, RF, BR, AS, K1, K2 og K3 betegner punktene for prøvetaking fra henholdsvis: Forsedimentering, rislefilter, biorotor, aktivt slam, felling etter RF, felling etter BR og felling etter AS. Al betegner dosering av aluminium i flokkuleringskamrene.

Erfaringer fra drift ved varierende avløpsvannkonsentrasjoner, temperaturer og belastninger ville man oppnå på følgende måte:

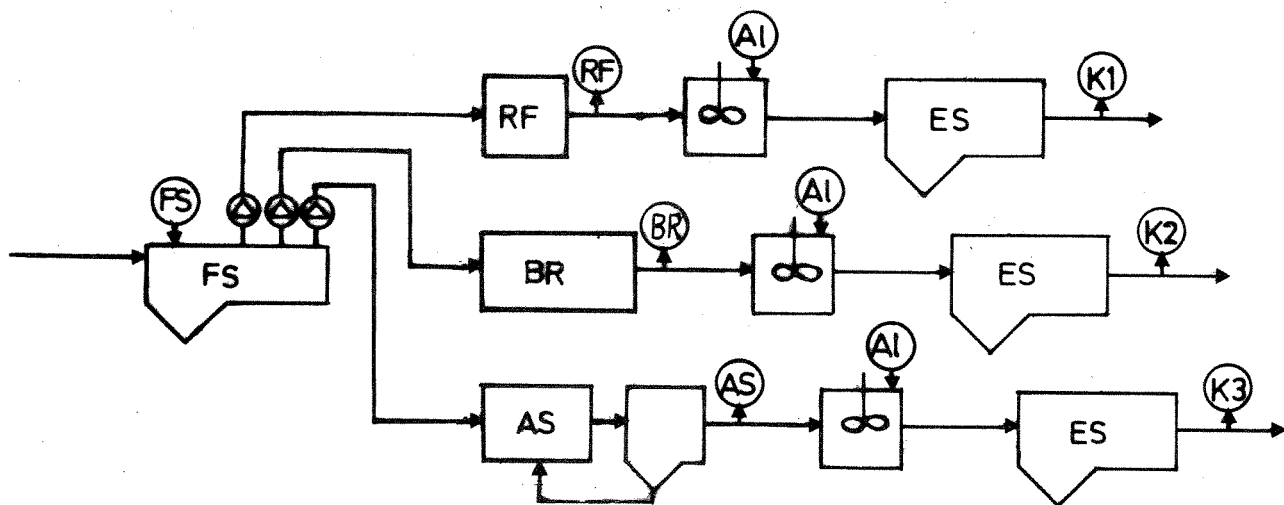
- Varierende avløpsvannkonsentrasjoner ville man automatisk oppnå på Kjeller (store deler dårlig ledningsnett)
- Varierende avløpsvannstemperaturer ville man også automatisk oppnå

da forsøkskjøring ble startet tidlig på våren og skulle holde på til desember

- Store belastningsvariasjoner ønsket man å oppnå ved å variere vaummengdene inn på enhetene. For AS ville man også bruke slamkonsentrasjoner for å oppnå belastningsvariasjoner. Undersøkelsen ble delt inn i 4 perioder (Se tabell 15).

Tabell 15. Belastningsperioder for forsøkene på Kjeller

Periode	Belastning
I	Høy belastning
II	Middel belastning
III	Lav belastning
IV	Variierende belastning over flere dager



FS = forsedimentering
RF = Rislefilter
BR = Biorotor
AS = Aktivt slam
ES = Etersedimentering

Figur 29. Flyteskjema, forsøksanlegget på Kjeller (perioden 24/5-10/12-1976)

De belastninger som siden skulle brukes ved forsøkene, ble siden fastlagt på grunnlag av litteraturoppgaver og skjønn, se tabell 16.

Tabell 16. Tilsiktede belastninger på de biologiske enhetene ved forsøkene

	RF kg BOF/m ³ d	BR g BOF/m ² d	AS kg BOF/kg FSSd
Høy belastning	3	50	0,9
Middels belastning	1	20	0,3
Lav belastning	0,3	5	0,1

Foruten en oppfølging av biologisk nedbrytning over RF, BR og AS, ønsket man også en oppfølging av fosforfjerningen. Slamproduksjon og slamegenskaper (kondisjoneringsegenskaper, fortykning) ønsket man også å følge opp.

3.3 Detaljbeskrivelse

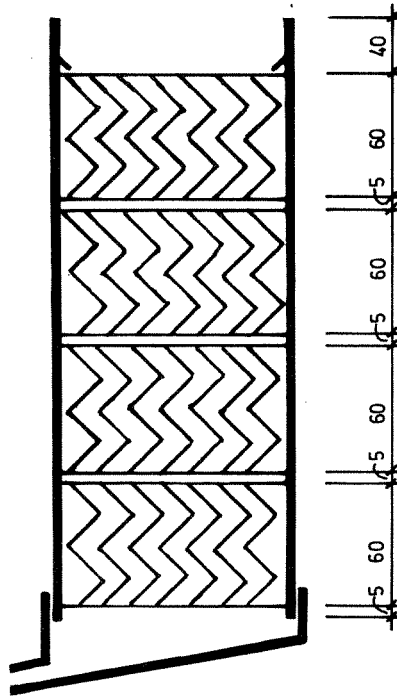
3.3.1 Tilførsel av avløpsvann

Rå kloakken består av spillvann fra et boligområde (mye gammelt nett) og sigevann fra fyllplassen i Brånåsdalen. Oftest er det små mengder sigevann som betyr lite, men i periode IV hadde man kraftig snøsmelting som resulterte i høye konsentrasjoner av tungmetaller, løst organisk stoff og alkalitet som trolig kom fra sigevann.

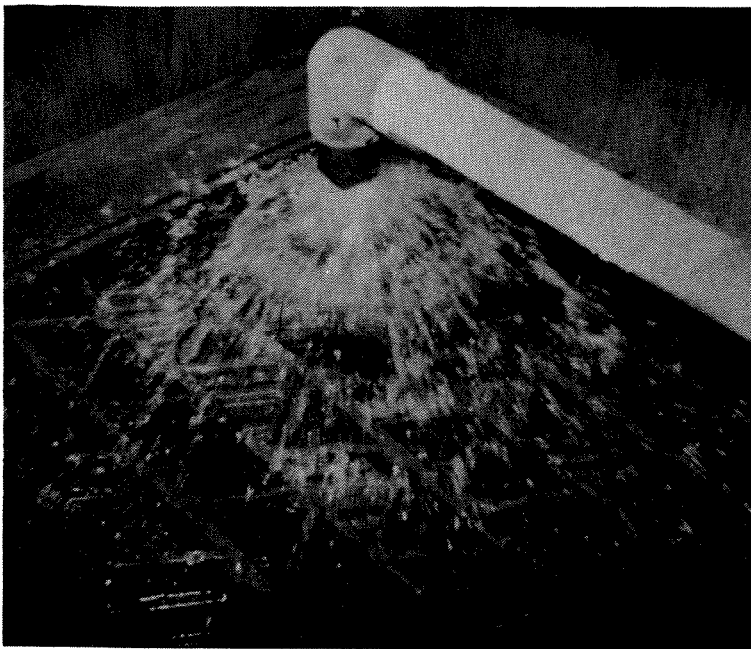
Tilførsel av rå kloakk skjer ved pumping fra en kommunal hovedledning. For å unngå tiltetting og andre driftsforstyrrelser, er pumpene og rørledningene kraftig overdimensjonert i forhold til forbruket av kloakk på forsøksstasjonen. Rå kloakk passerer en maskinrenset rist før den går ut i en luftet utjevningstank. Pumpefrekvensen inn til stasjonen styres av nivået i tanken. Fra utjevningstanken pumpes avløpsvannet inn i en fordelingskasse og renner videre til forsedimentering. Forsedimentert avløpsvann pumpes direkte fra overflaten av forsedimentering til de respektive enhetene.

3.3.2 Rislefilter

Flocor filtermateriale ble valgt. Vannet ble fordelt over filtertverrsnittet ved hjelp av en dyse fra Spraying Systems Co. Bellwood, Illinois, USA, (type LHH130WSQ). Denne dysen gir et firkantet fordelingsmønster.



Figur 30. Oppbygningen av et rislefilter



Figur 31. Detaljbilde av fordelingen av avløpsvannet på RF-overflaten

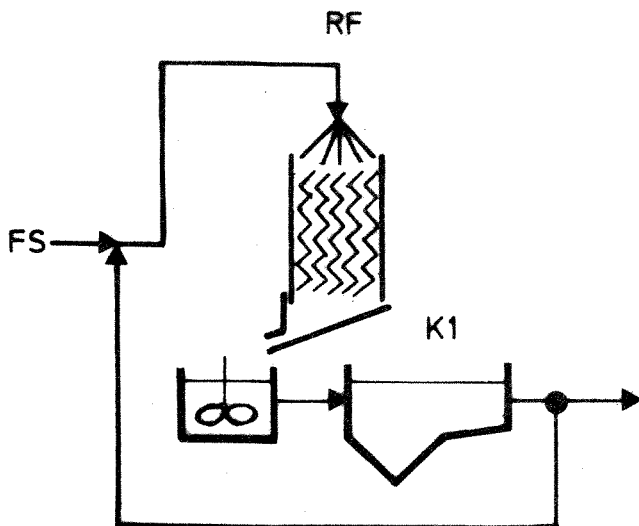
Flocor-materialet hadde modul: $B \cdot L \cdot H = 0,6 \cdot 1,2 \cdot 0,6$ m, og ble satt sammen til et filter med dimensjonene: $B \cdot L \cdot H = 0,6 \cdot 0,6 \cdot 2,4$ m. Øvrige data for filteret var:

Tverrsnitt: $0,36 \text{ m}^2$
Volum: $0,864 \text{ m}^3$
Spesifikk overflate: $90 \text{ m}^2/\text{m}^3$

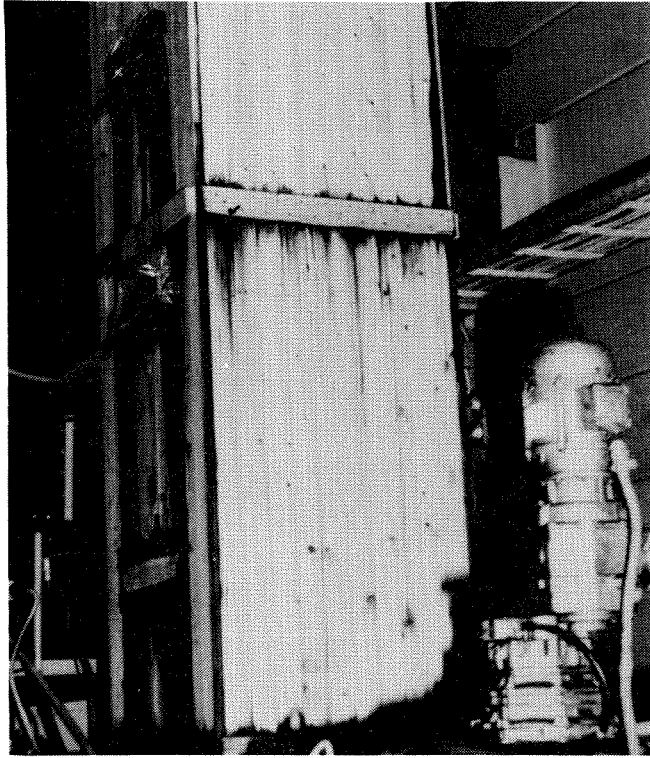
Tårnet ble bygget av trematerialer. Tårnets utvendige høyde: 3 m
(Se fig. 30 og fig. 31).

Over filtermaterialet ble skråttstilte lektere satt opp for å unngå at vannet skulle renne direkte ned langs veggen (veggeffekt - se fig. 31). Mellom filtermodulene ble det laget en spalteåpning slik at man skulle ha mulighet for å ta prøve. Dette viste seg lite hensiktsmessig. Da den biologiske massen begynte å falle av, begynte en del biomasse og vann å velge den korteste veien ut. Disse spaltene ble derfor tettet igjen (Se figur 33).

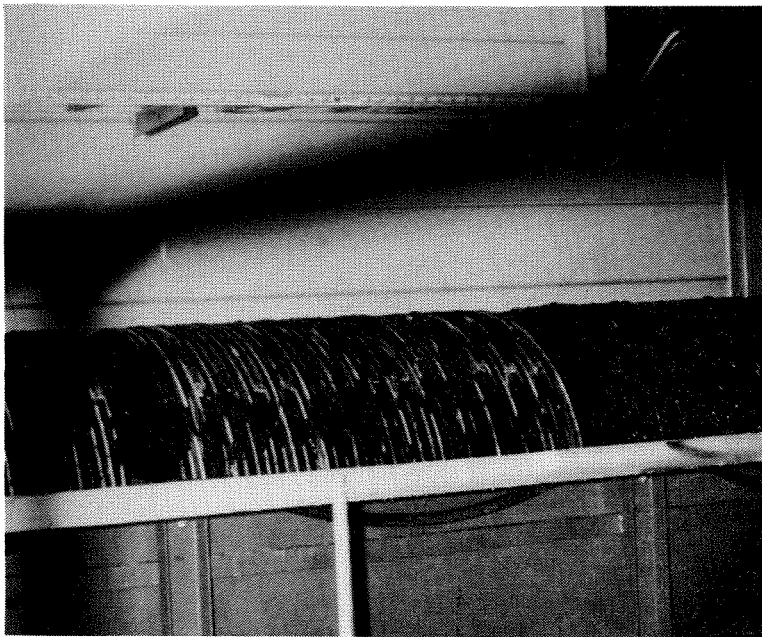
Belastningsperiode I ble kjørt uten resirkulering over filteret. Fra leverandør av Flocor (ICI) ble det oppgitt en minimum hydraulisk belastning lik $1,5 \text{ m}^3/\text{m}^2$ tverrseksjon og time. Ved belastningsperiode II, III og IV ville man komme under denne verdien, dessuten ville man få en svært liten overflatebelastning på ettersedimenteringsbassenget etter RF sammenlignet med bassengene etter BR og AS, så det ble besluttet å resirkulere vann over RF - K1 (Se figur 32).



Figur 32. Resirkulering over RF - K1



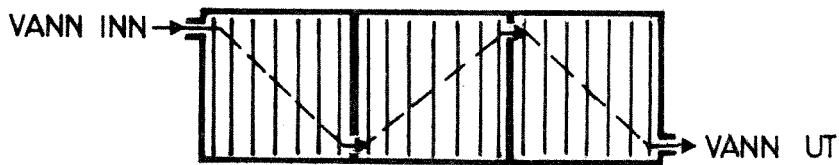
Figur 33. Rislefilterets oppbygning



Figur 34. Biorotorens tre kammer

3.3.3 Biorotor

En biorotor fra Gustavsberg ble installert på Kjeller. Denne biorotoren var delt i 3 kamre og hadde et skiveareal som passet med dimensjonene for resten av Kjeller-anlegget (Se fig. 34 og 35).



Figur 35. Plan over biorotor

De viktigste data for biorotoren, var:

3 kammer á 42 skiver

Diameter = 1,1 m

Areal pr. kammer = 80 m²

Omdreiningshastighet = 4 omdr./min.

Neddykket skiveareal 32 m² pr. kammer (40% av totalt)

Avstanden mellom skivene = 2 cm

Tykkelsen av skivene = 6 mm

Fuktet areal pr. kammer ~ 79 m²

Under belastningsperiode I ble kun ett kammer av biorotoren utnyttet. Ved belastningsperiode II, III og IV ble alle 3 benyttet. Man kunne på denne måte benytte omtrent samme vannføring i periode I og II og likevel oppnå svært forskjellig organisk og hydraulisk belastning.

3.3.4 Prøvetaking

Vann

Prøvetakerne ble valgt fra det eksisterende utstyret ved NIVA.

Prøver ble tatt som døgnprøver med automatiske prøvetakere (North Hants

Engineering Co. Ltd., Mark 3B) fra overflaten på sedimenteringsbassengene: FS, K1, K2 og K3. 500 ml-prøve ble tatt hver annen time.

I begynnelsen ble prøver etter biologisk trinn tatt ut som blandprøve over 2 timer med tidsforskyvning lik den nominelle oppholdstiden i anlegget (I bilag 1 er disse prøvene merket med S = stikkprøve). Prøvene fra BR og RF ble sedimentert i 2 timer i Imhoff-glass. Det viste seg snart at denne prøvetakingsmetoden ikke var tilfredsstillende, - dessuten medførte det mye arbeid med disse manuelle prøvene, så man gikk over til automatisk prøvetaking. Fra overflaten av sedimenteringsbassenget til AS ble døgnprøve tatt. 500 ml-prøve ble tatt hver annen time med automatisk prøvetaker (North Hants). Fra et plastkar plassert ved utløpet av RF og BR ble døgnprøve tatt med automatiske prøvetakere (Fra Ulma Electro, type UFA). 100 ml-prøve ble tatt hvert tyvende minutt, og blandprøven ble sedimentert i 2 timer i Imhoffglass før analyse.

Prøvene ble kort tid etter avsluttet prøvetaking analysert ved forsøksstasjonen på Kjeller, og ble derfor nedkjølt (ingen annen konservering). Prøvene for BOF_7 -analyse ble dypfryst.

Slam

Prøver på slam ble tatt i samband med tømning av slam fra sedimenteringsbassengene. Tappet slam ble samlet opp i en tank der volumet kunne måles. Prøve ble tatt ut under slamtapping. 2 liter slam ble tatt ut for hver femtiende liter tappet. Del-prøvene ble blandet i en 15 l-bøtte, og det ble analysert på blandprøven.

I aktivt slamenhetens luftetank antok man å ha slam i ideell blanding, så herfra valgte man å ta stikkprøver.

3.3.5 Analyser

Vann

Forkortelser innen parentes er de som er brukt i EDB-utskriftene i bilag 1.

Kjemisk oksygenforbruk (KOF)

Kjemisk oksygenforbruk (dikromat) ble bestemt etter Standard Methods (50).

Filtrert KOF (filtr. KOF)

Filtrert KOF bestemmes på samme måte som KOF, men prøven er filtrert gjennom Whatman GF/C filtrert.

Biokjemisk oksygenforbruk (BOF₇)

Biokjemisk oksygenforbruk (Hach-metode) ble bestemt etter NIVA-intern metode, XK-03 (1). Ved en misforståelse ble den første serien BOF₇-analyser kjørt uten tilsetning av en nitrifikasjonshemmer (allylthiourea), disse prøvene er i bilag merket med en U.

Suspendert stoff (SS)

Suspendert stoff ble bestemt ifølge Norsk Standard (NS 4733).

Flyktig suspendert stoff (FSS)

Flyktig suspendert stoff ble bestemt ved at prøvene fra suspendert stoff ble forasket ved 850 °C i 20 minutter og deretter avkjølt i eksikator før veiing.

Total fosfor (TOTP)

Total fosfor ble bestemt ifølge Norsk Standard (NS 4725).

Orto-fosfat (PO₄P)

Orto-fosfat ble bestemt ifølge Norsk Standard (4724) på filtrerte (Whatman GF/C) prøver.

Alkalitet (ALK)

Alkaliteten ble bestemt ifølge Standard Methods (50), som en potensiometrisk titrering til pH = 4,5 og pH = 4,2.

Nitritt og nitrat (NO₂-N og NO₃-N)

Nitritt og nitrat ble bestemt ved forenklet kolorimetrisk analyse med Hach apparatur, type NI-12.

Oksygenkonsentrasjon/opptak

Oksygenkonsentrasjoner og oksygenopptak ble kontrollert for de 3 biologiske enhetene med et oksygenmeter (YSI-54). Metoden er beskrevet av Eikum Paulsrud (25). Tabell 17 gir en oversikt over antall analyser pr. uke.

Tabell 17. Antall analyser pr. uke

Prøve- punkter Ana- lysepara- meter	FS	RF	BR	AS	K1	K2	K3
SS	5	5	5	5	5	5	5
FSS	5	5	5	5	5	5	5
Tot.-P	5	2	2	2	5	5	5
PO4-P	5	2	2	2	5	5	5
KOF	5	5	5	5	5	5	5
Alk	5	5	5	5	5	5	5
1) BOF ₇	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)
2) Filtr.KOF	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)	(5)

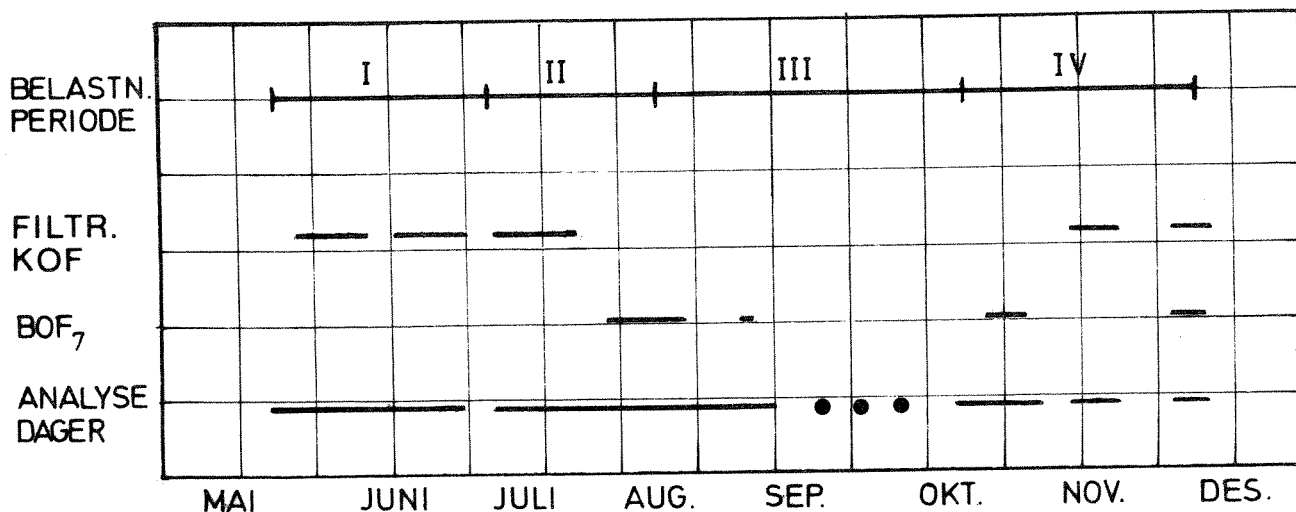
- 1) BOF₇ ble kun målt i perioder
- 2) Filtr. KOF ble kun målt i perioder

I figur 36 ser man en oversikt over analysedager, analyser av BOF₇ og analyser av filtrert KOF.

Slam

Suspendert stoff, slam (SSS)

Suspendert stoff i slam ble bestemt ved sentrifugering i en Sorwall Super-speed sentrifuge (type SS-1, KSB-1) i 10 min. ved ca. 19 000 · g. Prøvevolumet var 40 ml. Slamvolumet ble filtrert, filter + slamkake ble overført til en aluminiumsskål. Prøven ble tørket i 18-24 timer ved 103 °C og deretter avkjølt i eksikator før veiing. Den endelige verdi ble bestemt som middelverdien av 2 parallelle prøver.



Figur 36. Oversikt over analysedager av BOF_7 og analyser av filtrert KOF

Flyktig suspendert stoff, slam (FSSS)

Flyktig suspendertstoff ble bestemt ved at prøvene fra suspendert stoff-analyser ble glødet ved $580^{\circ}C$ i 20 min. og deretter avkjølt i eksikator før veiing.

Total tørrstoff, slam (TSS)

Tørrstoff i slam ble bestemt ved at 100 ml slam ble helt direkte i en aluminiumsskål og tørket i 18-24 timer ved $103^{\circ}C$ og deretter avkjølt i eksikator før veiing. Den endelige verdi ble bestemt som middelverdien av 2 parallelle prøver.

Flyktig total tørrstoff (FTSS)

FTSS ble bestemt ved at prøvene fra TSS-analysen ble glødet ved $580^{\circ}C$ i 20 min. og deretter avkjølt i eksikator før veiing.

Fortykking av slam

Det ble brukt 3 stk. 1-liter-graderte målesylindere, uten omrøring. Slamvolumet ble avlest som middelveidien av de 3 etter 24 timer (3 stk. ble brukt for å ha nok slam til måling av kondisjoneringsegenskaper). Slamvannet ble dekantert, og blandingen av det fortykkede slamm fra de 3 målesylindere ble brukt til undersøkelse av kondisjoneringsegenskaper.

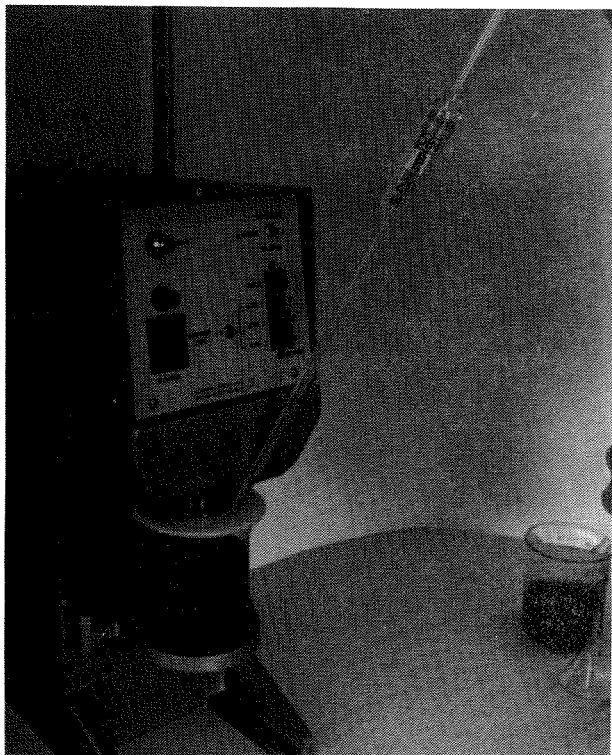
Kondisjoneringsegenskaper

Det ble brukt et CST-apparat (type 92) fra Triton Electronics Ltd., England. Apparatet er spesialbygget for måling av kapillær sugetid, og prinsipper og anvendelsesområder er beskrevet av Baskerville et al. (11), se fig.38. Prøvesylindere med diameter på 10 mm ble brukt ved alle målingene som ble utført ved romtemperatur 20-22 °C. CST-verdiene ble derfor ikke korrigert for temperatur.

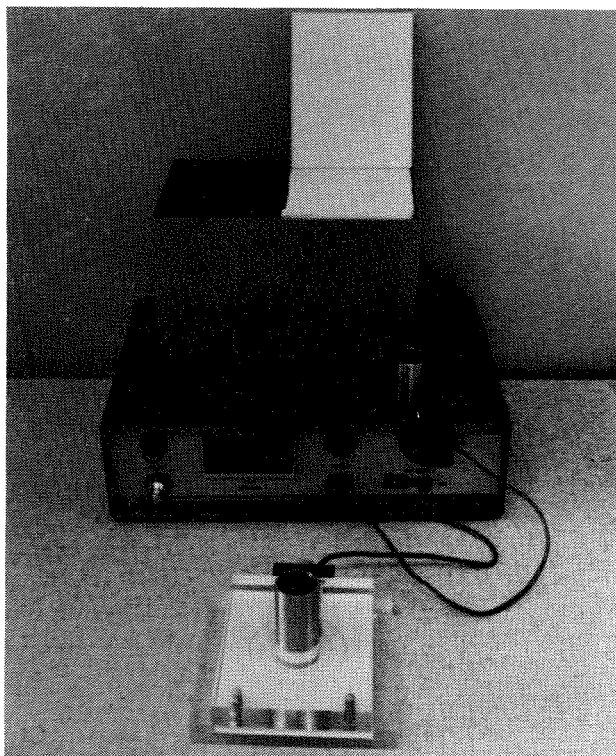
For å vurdere hvor lett et slam lar seg kondisjonere før avvanning, ble det brukt en metode som med visse modifikasjoner er foreslått som internasjonal standardmetode (Gale et al. (26)). Praestol 444 K er her valgt som referanse-kjemikalium for polyelektrolytter, mens jernklorid representerer de uorganiske kondisjoneringssmidler. Praestol 444 K er en kationisk polymer, og siden det foreløpig ikke er valgt noen standardtyper for de anioniske, ble det ved disse undersøkelser brukt forskjellige typer anioniske polymerer. Følgende polyelektrolytter ble undersøkt:

Praestol 444 K	(kationisk)
Hercofloc 924.3N	(nonionisk)
Praestol A739	(anionisk)
Hercofloc 819.2A	(anionisk)
Hercofloc 831.2A	(anionisk)

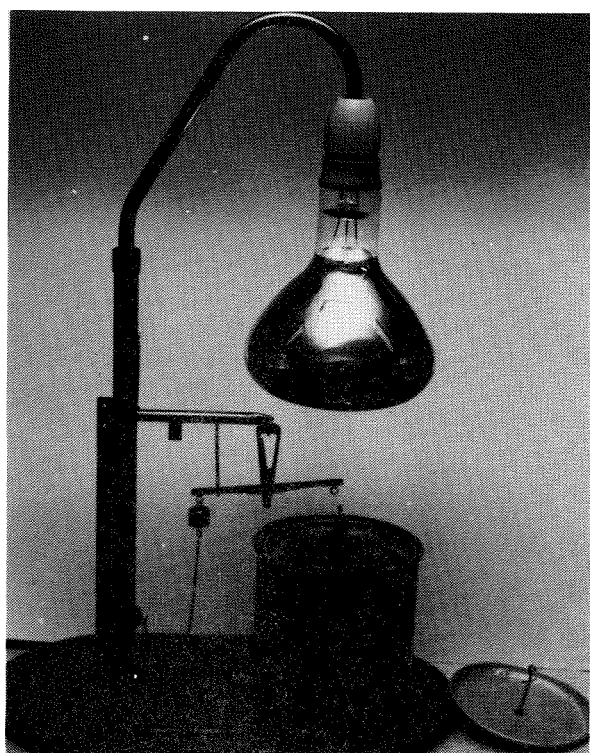
Metoden er utførlig beskrevet av Gale et al. (26), og går i korthet ut på å tilsette ulike mengder kondisjoneringssmidler til slamm, blande dette sammen på en bestemt måte og deretter utsette det flokkulerte slam for forskjellige grader av skjærpåkjennning før CST måles (Se fig. 37). Kondisjoneringssmiddelet tilsettes som et konstant volum (20 ml) til slamprøvene (100 ml) slik at doseringene varierer ved å endre konsentrasjonen på polymerløsningen. For polymerer er de anbefalte doser 0; 1,25; 0,25 og 0,5% av slammets tørrstoffinnhold. Ved dosering 0% av slammets



Figur 37. Tilsetting av kondisjoneringsmiddel til slammet under omrøring



Figur 38. CST-apparat for måling av kapillær sugetid



Figur 39. Infra-tester for omtrentlig bestemmelse av slammets tørrstoff-innhold

tørrstoffinnhold tilsettes 20 ml destillert vann for justering av endringen i tørrstoffinnholdet. Skjærpåkjenningen frambringes ved å utsette det flokkulerte slam for kraftig omrøring (1000 omdr./min) med en spesiell omrører, og tiden som denne omrøringen varer (0, 10, 40 og 100 s.), angir ulike skjærpåkjenninger. 0 sekunders omrøring tilsvarer en innblandingsfase på 10 sekunder.

Tørrstoff-bestemmelse for kondisjonering

Ved kondisjoneringsprøven må en kjenne det omtrentlige tørrstoffinnhold i slammet. Til dette ble det brukt en Infra-tester fra A/S N. Foss Electric, Danmark (Se fig. 39). Prinsippet er at en slamprøve (10 ml) tørkes ved hjelp av en infrarød lampe, og veiingen skjer ved en skålvekt. En må regne med (+) 10-20% feil ved analysen, men dette regnes som nøyaktig nok for dette bruket.

For bestemmelse av slambelastningen, ble FSS bestemt i luftetanken med visse mellomrom.

I en periode på 2 uker (belastningsperiode IV), ble slamprøver tatt fra de tre kjemiske sedimenteringsbassengene. Slammet ble fortykket i 24 timer, og tørrstoffinnholdet og kondisjoneringsegenskaper ble bestemt. Da slammet fra K1 (felling etter RF) og K2 (felling etter BR) inneholdt både biologisk og kjemisk slam, ble det bestemt å blande slam fra AS og K3 (etterfelling AS) i volumforholdet 3:1. (Blandingsforholdet ble valgt på grunnlag av overskudds-slammengder i tiden før dette forsøket.) Blandslammet ble fortykket og analysert på samme måte som de to foregående.

3.3.6 Belastninger

Forsøksperioden ble delt i 4 belastningsperioder (Se fig. 36 kap. 3.3.5). Tilsiktede belastninger for disse periodene, se tabell 18.

Som man kan se av tabellen, øker hydraulisk belastning for RF ved en senking av organisk belastning (periode II). Fra og med denne perioden ble rensed vann K1 resirkulert over RF-K1 (resirkulering $\sim 0,9 \text{ m}^3/\text{h}$,

se fig. 32, kap. 3.3.2.

Reelle belastninger for de biologiske enhetene, se fig. 43, 45 og 47, kap. 4.

Tabell 18. Oversikt over tilsiktede belastninger for anlegget i forsøksperioden

Stasjoner	FS	RF	BR	AS	K1	K2	K3
Belastn.- parem. Belastn.- periode	m^3/m^2h	X kg BOF ₇ /m ² d XX m^3/m^2h	X g BOF ₇ /m ² d XX m^3/m^2d	X kg BOF ₇ /d XX kg BOF ₇ / kg FSS d	m^3/m^2h	m^3/m^2h	m^3/m^2h
I	1,5	X 3,0 XX 3,3	X 50 ¹⁾ XX 0,6	X 14,0 ²⁾ XX 0,9	0,4	0,5	0,5
II	0,9	X 1,0 XX 3,6	X 20 XX 0,2	X 4,3 XX 0,3	0,45	0,5	0,5
III	0,9	X 0,3-1,0 XX 2,8-3,6	X 5-20 XX 0,07-0,2	X 1,1 XX 0,1	0,35-0,45	0,13-0,5	0,13-0,5
IV	0,6	X 0,3-1,0 XX 2,8-3,6	X 5-20 XX 0,07-0,2	X 1,3-4,3 XX 0,1-0,3	0,35-0,45	0,2-0,5	0,2-0,5

- 1) Kun ett kammer av biorotoren ble benyttet (80 m²)
- 2) 6,5 m³/h ble kjørt gjennom AS,- kun 2 m³/h gikk til K1 (en delstrøm 4,5 m³/h fra AS gikk rett ut).

3.3.7 Dosering av fellingskjemikalier

Ved forsøkene ble det benyttet følgende doseringsutstyr:

Ved dosering til K1 og K2: Micro Max E741, dobbelstempelpumpe

Ved dosering til K3: Prominent 1004N, Membran pumpe.

På grunn av anleggets størrelse, hadde doseringsutstyret små dimensjoner. Dette ville raskt medføre igjentettinger. Av den grunn gikk man inn for å bruke Lysaker aluminiumsulfat (teknisk vare) som fellingskjemikalium. Løsningen av aluminiumsulfat inneholdt 200 g teknisk vare/l.

Doseringsmengde ble først bestemt etter orienterende forsøk i jartest. Resultatene i anlegget viste imidlertid at større dosering måtte brukes. Doseringen i anlegget ble derfor justert etter pH i flokkuleringen.

Under belastningsperiode II ble det registrert nitrifikasjon i luftetanken (AS). Nitrifikasjonen medførte lav alkalitet og pH \sim 4,0 etter kjemikalietilsetning. Ved etterfelling medfører dette store problemer. Det ble forsøkt med tilsetning av CaCO_3 (mikrokrystallinsk CaCO_3 , teknisk vare) for å øke bufferkapasiteten. P.g.a. den lave løseligheten, ga dette kun kortvarige resultater, da CaCO_3 fulgte vannet ut og ikke som tilsiktet, ble med det aktive slammet. I stedet ble det prøvd med dosering av hydratkalk. Denne ble dosert satsvis 2 ganger i døgnet direkte i luftetanken (\sim 165 mg hydratkalk). Dette virket tilfredsstillende.

Doseringsmengder av aluminiumsulfat og tilsvarende pH er tegnet i figur 48, 49 og 50, kap. 4. Dosering er oppgitt i mg Al/l (1 mg Al/l tilsvarer 11,2 mg aluminiumsulfat/l (Lysaker)).

4 RESULTATER OG DISKUSJON

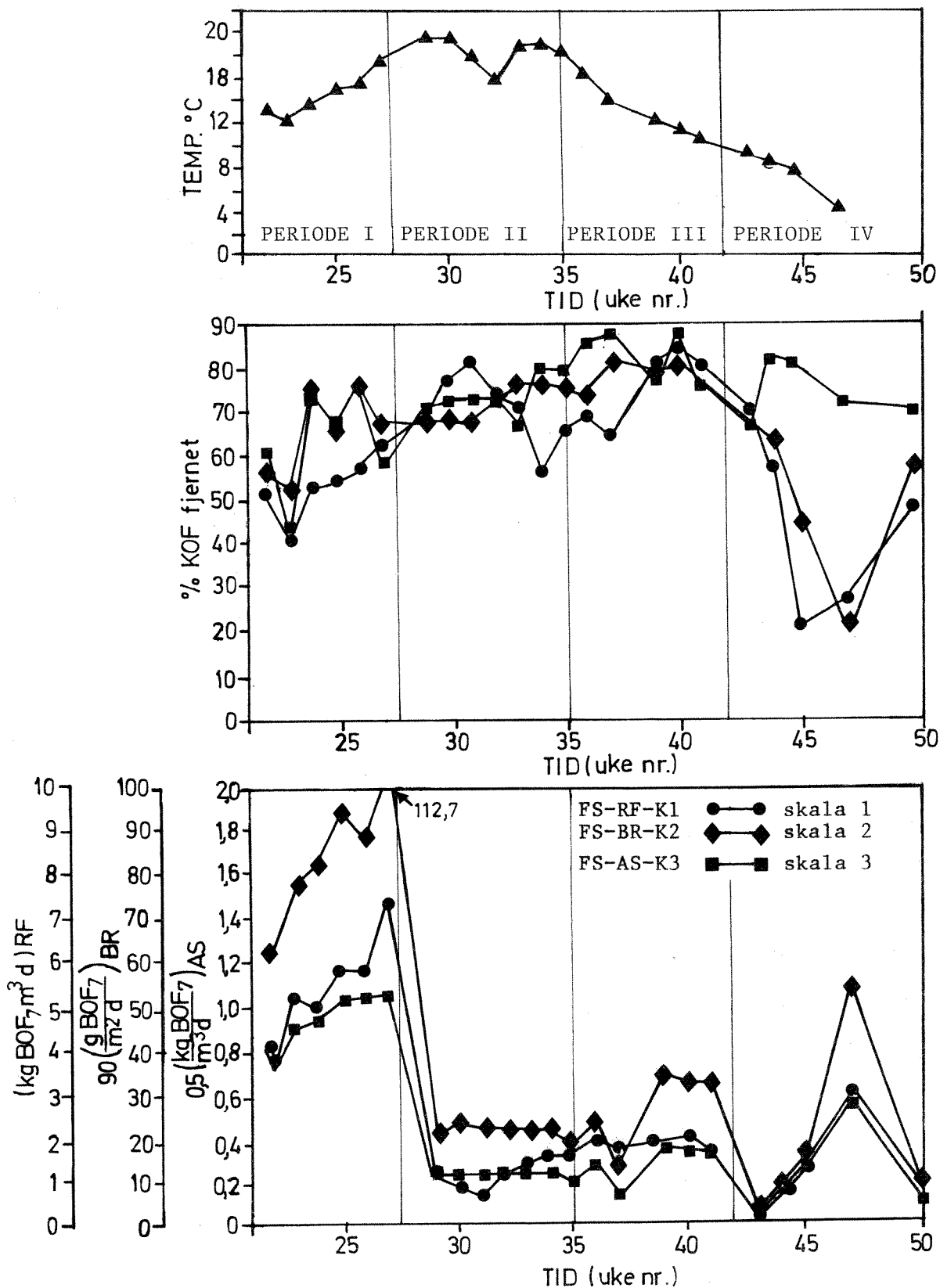
4.1 Renseresultater

Tabell 19 oppgir alle renseresultater for RF + felling, BR + felling og AS + felling for hele forsøksperioden (24/5-10/12-1976). Resultatene er oppgitt som middelerverdier for hele perioden uten at det er tatt hensyn til endringer i belastning eller temperatur. Tabell 20, 21, 22 og 23 gir oversikt over analysedata for samme periode. I bilag fins alle oppnådde resultater (døgnverdier). Resultatene er framstilt grafisk i figur 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49 og 50. Figur 40 gir en oversikt over temperatur, belastning og % KOF fjernet (som ukemiddel) for hele perioden.

Tabell 24 inneholder en oversikt over sporadiske analyser for perioden; oksygenmålinger, registrering av nitrifikasjon og tungmetallkonsentrasjoner i forbindelse med sigevann inn på anlegget. Figur 51 viser utførte oppholdsmålinger (med fargeindikator) for Rf og BR.

Tabell 19. Middelerverdiene av renseresultatene for RF + felling, BR + felling og AS + felling over hele forsøksperioden

Type vann \ Analyseparameter	KOF mg O/l	Tot-P mg P/l	Orto-P mg P/l	Susp. stoff mg SS/l	Org. bel. biol. enhet
Forsedimentert	291 ± 111	5,59 ± 1,9	2,96 ± 1,56	185 ± 55	
Biologisk (RF) og kjemisk rensed	130 ± 104	1,00 ± 1,04	0,072 ± 0,169	71 ± 40	2,38 ± 1,98 kg BOF ₇ /m ³ d
Biologisk (BR) og kjemisk rensed	110 ± 95	0,685 ± 0,526	0,051 ± 0,111	59 ± 30	38 ± 31,7 g BOF ₇ /m ² d
Biologisk (AS) og kjemisk rensed	80 ± 50	0,922 ± 0,702	0,123 ± 0,247	67 ± 32	0,43 ± 0,37 kg BOF ₇ /m ³ d



Figur 40. Temperatur avløpsvann, belastning (rislefilter/bio-rotor/aktivt slam) og % KOF fjernet fra forsøkene på Kjeller (ukemiddel)

Tabell 20. Kjemiske data fra fors. ene (ukemiddel: KOF og BOF₇)

UKE NR.	FS		RF		BR		AS		K1		K2		K3		
	KOF	KOF filter.	BOF ₇	KOF filter.	KOF filter.	BOF ₇	KOF filter.	BOF ₇	KOF filter.	BOF ₇	KOF filter.	BOF ₇	KOF filter.	BOF ₇	
22	215			120		119	73		106		96		85		
23	281	163		175	102	168	83	78	168	89	138	105	163	124	
24	287	140		204	117	155	97	93	95	66	76	62	77	65	
25	338			251		194	159		173		114		111		
26	322			233	84	179	157		145		83		79		
27	393			273	187	238	167		164		155		160		
29	203			111	75	89	72		59		67		61		
30	228			80	51	101	94		55		75		73		
31	219			55	37	104	120		45		73		63		
32	215			70		94	128		57		60		60		
33	233			70		103	206		71		58		79		
34	242		110	95		110	109		106		59		52	13	
35	257		117	90		119	147		89		66		55	6	
36	287		125	105		124	113		87		76		45	5	
37	268			96		122	151		87		51		36		
39*	336			108		146	234		66		74		70		
40*	320			87		163	143		51		65		43		
41*	316			60		128	126		66		70		76		
43*	108			35		65	67		33		37		37		
44	312			132		129	93		157		133		45	< 5	
45	442	376		287		176	104		346	350	214		69	< 5	
47	526	401		332	319	386	509	158	395	379	417	396	166	158	
50	277	141	134	115	82	145	105	93	130	122	121	84	87	78	
Niddel verdi	291	236	163	147	126	149	146	112	130	196	110	184	80	110	8
Stand. avvik	111	127	87	101	101	66	117	36	104	138	95	147	50	48	4
Benvev	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1	0/1

Tabell 22. Kjemiske data fra forsøkene (ukemiddel: SS og FSS)

UKE NR.	I/S		R/F		B/R		A/S		K1		K2		K3	
	SS	FSS	SS	FSS	SS	FSS	SS	FSS	SS	FSS	SS	FSS	SS	FSS
22	99	61	90	40	83	42	20	6	59	28	50	24	44	18
23	146	97	85	52	77	46	28	17	84	48	51	27	52	25
24	155	101	86	58	68	47	25	15	54	28	31	14	52	19
25	186	111	146	82	121	69	81	47	118	59	54	24	73	35
26	176	109	150	82	96	56	62	30	100	49	45	20	51	18
27	234	139	157	93	132	73	88	48	71	35	57	26	74	32
29	262	110	113	51	65	26	42	17	46	18	69	29	96	35
30	185	98	65	28	47	20	51	20	37	13	54	19	54	17
31	149	87	61	24	55	29	124	63	34	12	96	35	83	32
32	154	77	65	26	60	25	153	61	61	21	61	21	117	41
33	182	99	51	22	61	29	221	92	58	20	42	15	122	43
34	204	108	96	46	66	32	82	36	179	70	59	21	71	26
35	225	112	90	35	67	29	144	58	122	41	53	18	75	24
36	151	93	68	31	61	34	65	30	73	28	55	22	46	15
37	161	102	73	36	68	38	80	41	81	36	40	14	37	12
39 x)	236	119	122	47	100	41	109	48	58	20	60	21	68	18
40 x)	307	156	103	42	134	66	116	54	58	20	73	27	50	19
41 x)	260	135	103	39	90	43	110	52	80	32	66	22	90	36
43 x)	81	40	41	17	49	22	96	46	46	16	33	12	66	25
44	134	58	41	15	57	25	42	38	34	10	37	12	32	9
45	203	86	68	31	56	29	66	39	65	26	72	28	35	11
47	222	106	85	38	140	69	464	292	41	15	72	30	93	33
50	222	117	89	38	93	45	31	15	51	20	125	59	59	21
Middel verdi	185	100	88	43	78	40	108	54	71	30	59	24	67	25
Standard avvik	55	28	46	29	39	24	123	81	40	19	30	14	32	13
Benevn.:	mg SS/l	mg FSS/l	mg SS/l	mg FSS/l	mg SS/l	mg FSS/l	mg SS/l	mg FSS/l	mg SS/l	mg FSS/l	mg SS/l	mg FSS/l	mg SS/l	mg FSS/l

Tabell 23. Kjemiske data fra enhetene i forsøket (ukemiddel)

UKE NR.	FS			RF			BR			AS			K1			K2			K3		
	TEMP.	pH	ALK.	ORG. B.	HYDR. B.	ALK.	ORG. B.	HYDR. B.	ALK.	VOLUMB.	LOPPH. T.	ALK.	ALK.	DOS.	pH	ALK.	DOS.	pH	ALK.	DOS.	pH
22	12,9	7,6	4,62	3,66	3,33	4,00	61,1	0,56	4,60	0,71	3,3	4,90	3,40	189	7,0	3,47	183	6,9	3,93	158	6,8
23	12,2	7,8	4,34	5,17	3,61	5,25	76,6	0,54	5,17	0,88	3,8	4,76	3,18	180	6,8	2,88	191	6,7	2,72	184	6,4
24	13,7	7,7	4,87	4,87	3,33	4,65	81,1	0,56	5,00	0,92	3,8	5,03		194	6,7		188	6,2		181	6,1
25	14,9	7,5	5,01	5,74	3,33	4,95	94,3	0,54	4,98	1,06	3,9	5,11		187	6,2		191	6,8		211	6,1
26	15,2	7,7	4,36	5,68	3,47	3,76	87,5	0,54	4,36	1,09	3,6	4,38		184	6,3		191	6,3		197	6,6
27	17,2	7,6	3,42	7,24	3,61	3,33	112,7	0,56	3,57	1,33	3,6	4,28		196	6,7		182	6,7		201	6,2
29	19,5	7,5	4,37	1,08	2,68	2,07	19,7	0,19	3,69	0,20	12,2	3,91		232	6,4		193	6,6		208	6,0
30	19,4	7,6	4,46	0,77	3,44	1,22	22,3	0,14	3,87	0,23	12,1	1,07		355	6,0		174	6,6		162	4,9
31	17,6	7,5	4,68	0,63	3,33	0,23	21,6	0,14	3,88	0,22	12,1	0,41		304	4,4		124	6,9		83	4,4
32	15,6	7,5	4,60	1,10	3,77	1,69	21,3	0,14	3,54	0,22	11,7	0,83		189	6,4		190	6,6	0,38	119	5,3
33	18,4	7,4	4,55	1,34	3,88	2,20	20,8	0,18	3,75	0,22	12,0	1,35		149	7,0	2,30	196	6,5	0,34	171	5,2
34	19,1	7,4	4,33	1,52	3,95	2,87	20,9	0,18	3,84	0,23	11,9	1,47	2,47	151	6,4	2,33	203	5,7	0,41	187	5,2
35	18,0	7,5	4,42	1,51	3,72	1,92	17,2	0,12	3,37	0,18	31,3	1,75		217	6,6	2,10	206	6,3		229	5,2
36	16,0	7,5	4,53	1,99	3,67	2,18	24,4	0,16	3,79	0,26	19,1	1,58	1,51	172	6,7	2,54	200	6,6	0,12	224	4,8
37	13,6	7,5	4,13	1,63	3,88	2,07	11,0	0,08	2,23	0,12	53,8	2,42	1,92	193	6,9	1,18	230	5,3	0,59	233	5,2
39 x)	12,0	7,5	4,42	1,85	3,88	1,08	32,6	0,19	4,36	0,33	12,1	1,42	0,51	337	6,4	2,98	176	6,7	0,34	114	4,7
40 x)	11,1	7,6	4,64	1,90	3,88	1,30	31,0	0,19	4,52	0,32	12,1	1,18	0,47	255	6,2	2,51	234	6,6	2,54	85	5,7
43 x)	10,0	7,4	3,12	1,56	3,88	0,01	30,6	0,19	3,14	0,31	12,1	1,42	0,13	321	6,2	1,03	237	6,3	0,68	109	5,9
44	8,5	7,6	2,65	0,22	3,05	0,46	2,5	0,04	1,16	0,04	31,6	1,72	0,23	288	5,6	0,09	133	5,6	1,18	98	6,4
45	8,2	7,6	4,71	0,72	3,05	2,21	8,7	0,05	4,26	0,14	28,2	2,49	1,63	334	6,9	2,35	156	6,4	1,24	119	6,5
47	7,5	7,4	4,94	1,23	2,91	3,72	13,8	0,05	5,46	0,23	28,4	3,40	2,91	433	6,3	3,24	258	6,4	1,75	200	6,3
50	4,0	7,4	5,77	2,82	3,61	3,59	52,5	0,20	6,06	0,53	12,1	6,79	2,09	413	6,4	3,81	194	6,6	3,58	245	6,5
Middelverdi	12,5	7,5	4,58	2,38	3,48	2,70	38,0	0,25	4,11	0,43	15,9	3,07	2,08	282	6,3	2,64	199	6,4	1,83	182	5,8
Standardavvik	5,1	0,2	0,88	1,98	0,37	1,52	31,7	0,19	1,22	0,37	12,6	1,96	1,08	135	0,7	1,12	53	0,5	1,64	76	0,9
Benevn:	° C	-	$\frac{m. ekv.}{l}$	$\frac{kg}{m^3} \frac{BOF}{d}$	$\frac{m^3}{m^3 d}$	$\frac{m. ekv.}{l}$	$\frac{kg}{m^3} \frac{BOF}{d}$	$\frac{m^3}{m^3 d}$	$\frac{m. ekv.}{l}$	$\frac{kg}{m^3} \frac{BOF}{d}$	h.	$\frac{m. ekv.}{l}$	$\frac{m. ekv.}{l}$	$\frac{g. al. sulf.}{m^3}$	-	$\frac{m. ekv.}{l}$	$\frac{g. al. sulf.}{m^3}$	-	$\frac{m. ekv.}{l}$	$\frac{g. al. sulf.}{m^3}$	-

FIG. NR. 41. ORIGINALDATA FRA FØRSEDIMENTERING (STASJON FS)

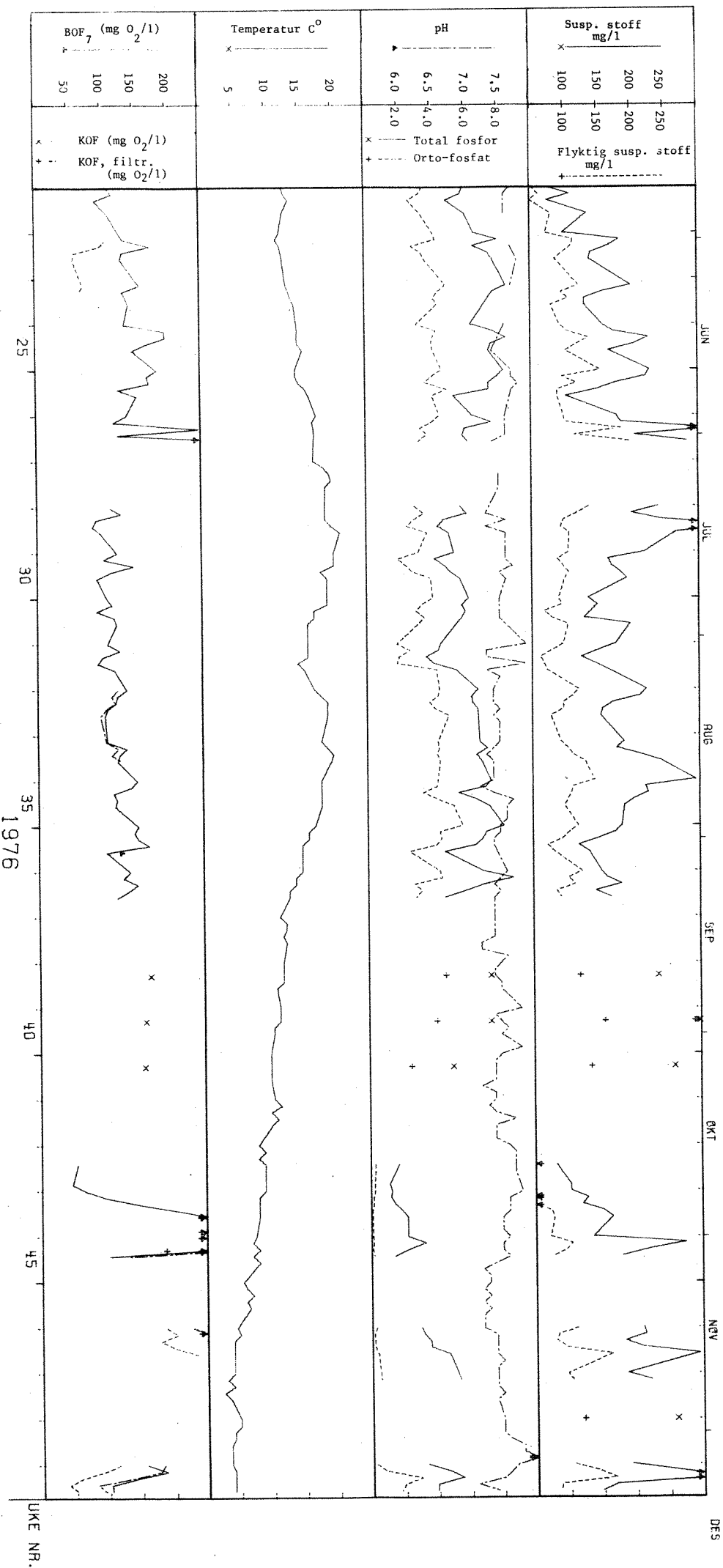


FIG.

DES

UKE NR.

FIG. NR. 42. ORIGINALDATA FRA RISLEFILTER (STRASJON RF)

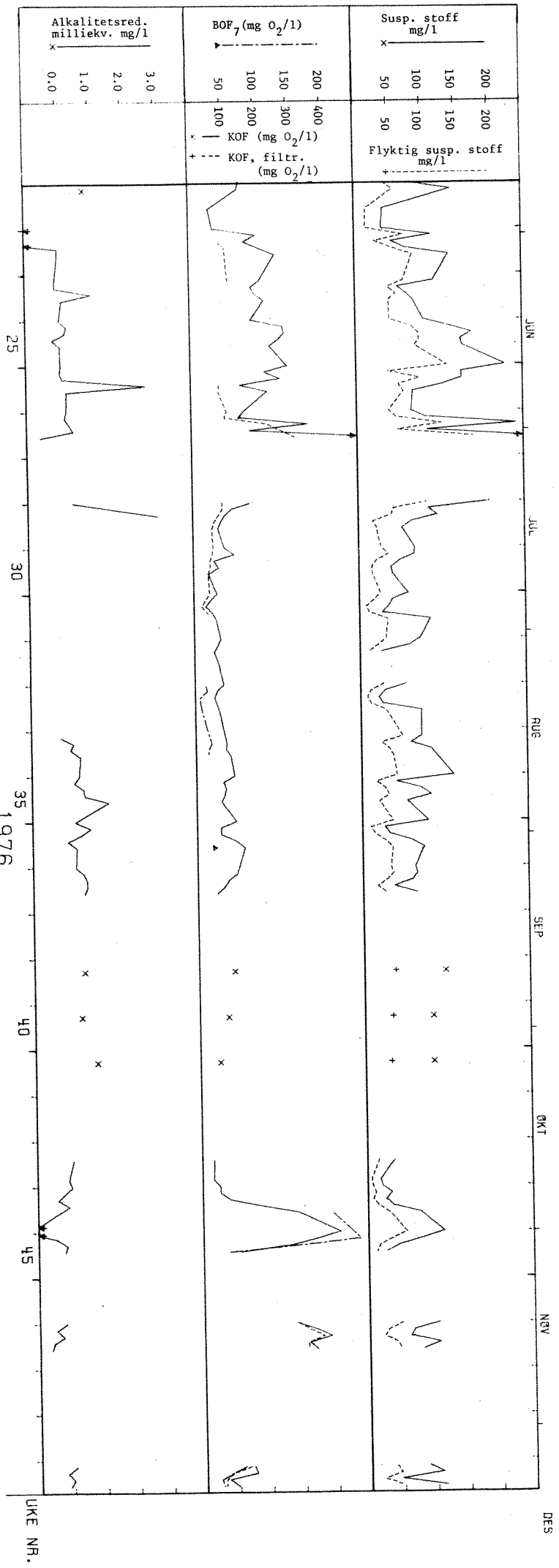


FIG.

DIKE NR.

DES

FIG. NR. 43. BEREGNET BELASTNING FOR RISLEFILTER (STRISJØN RF)

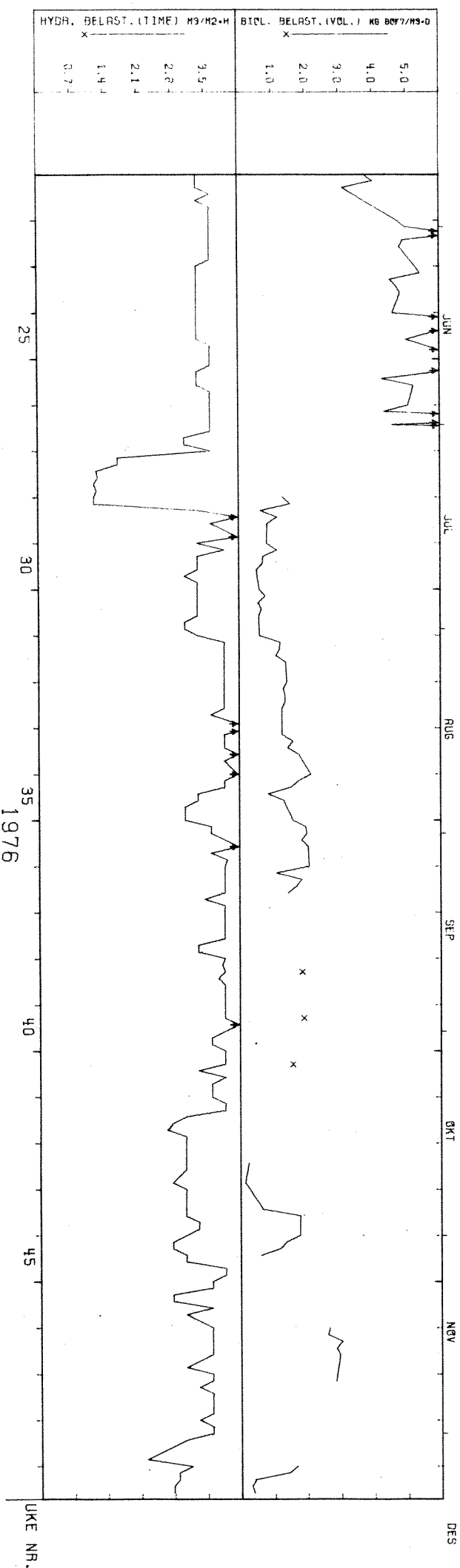


FIG.

LUKE NR.

FIG. NR. 44. ORIGINALDATA FRA BIORØTOR (STASJON BR)

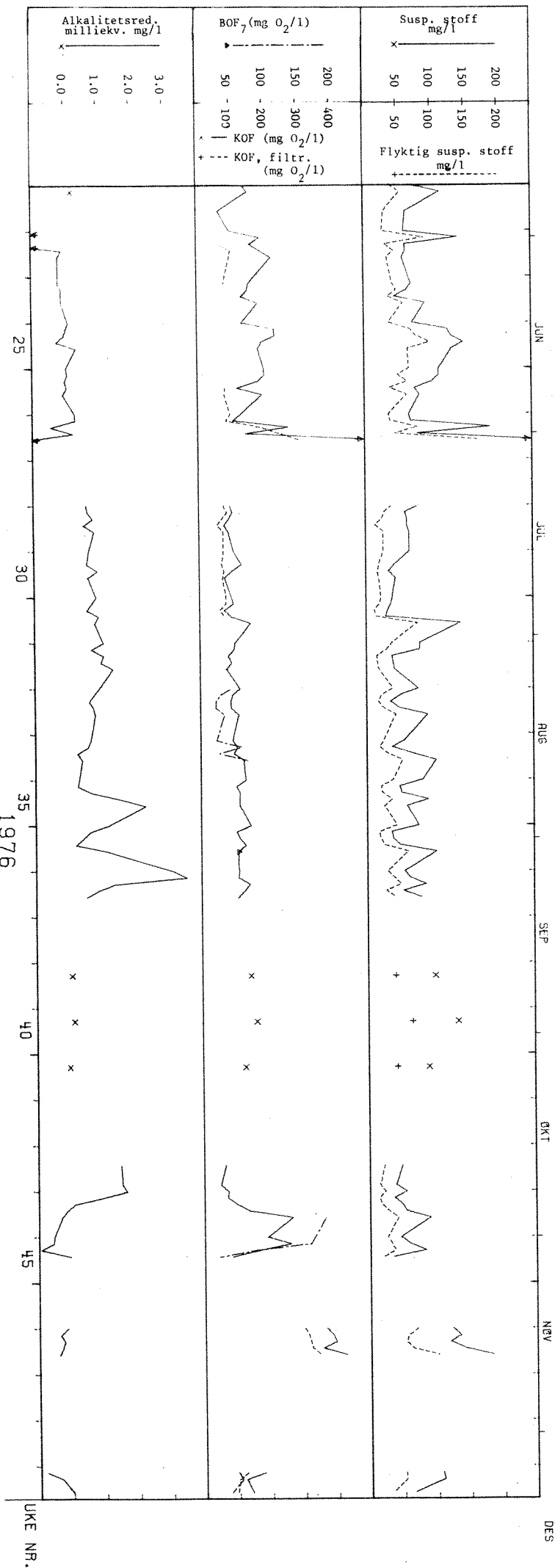


FIG.

UKE NR.

DES

FIG. NR. 45. BEREGNET BELASTNING FØR BIORØTOR (STRISJØN BR)

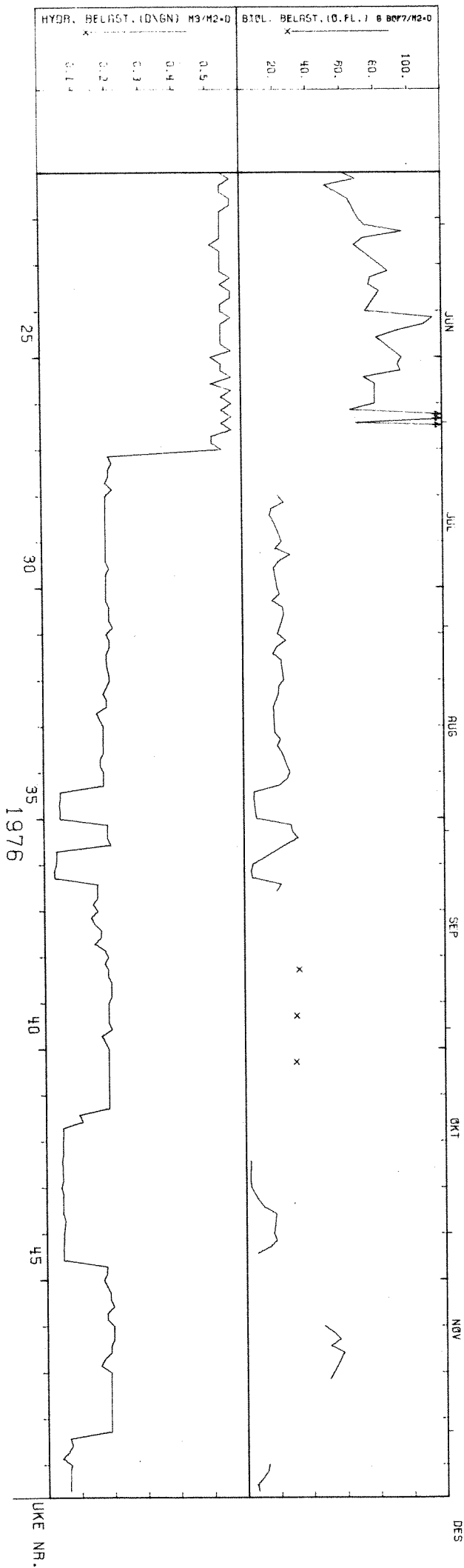


FIG.

FIG. NR. 46. ORIGINALDATA FRA AKTIVSLIM-PROSESS (STRASJON AS)

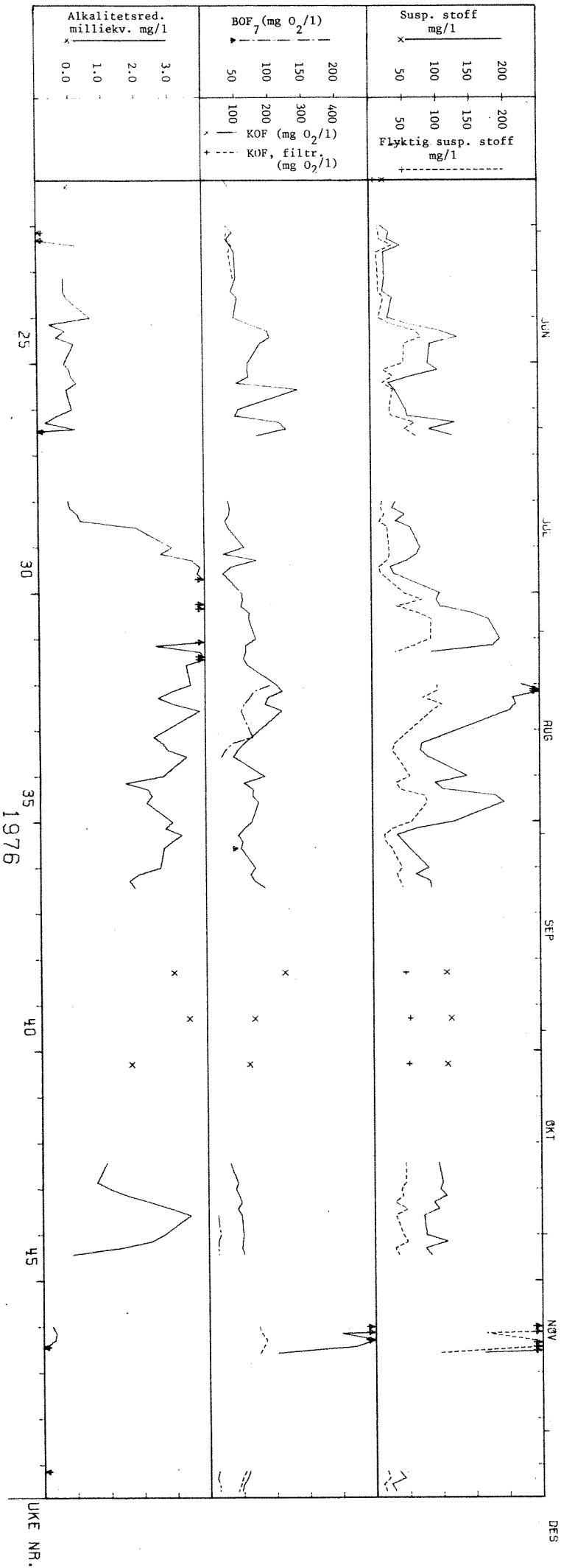


FIG.

UKE NR.

DES

FIG. NR. 47. BEREGNET BELSTNING FOR AKTIVSLAM-PROSESS (STRISJON RS)

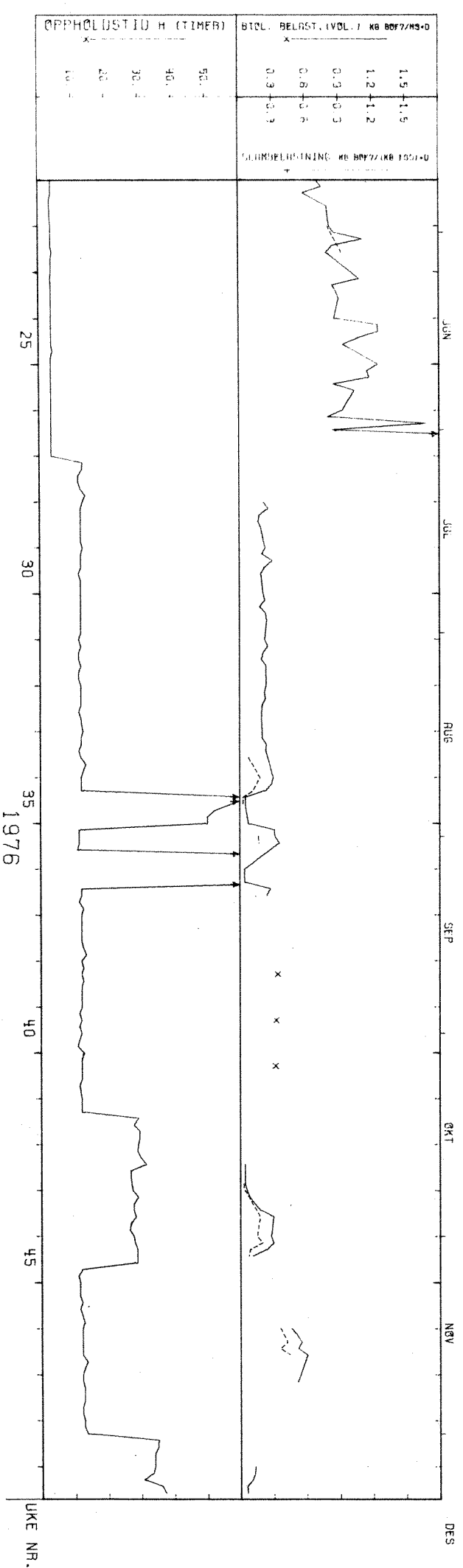


FIG. NR. 48. ORIGINALDRTA FRÅ KJEMISK RENSETRINN 1 (STRÅSJØN K1)

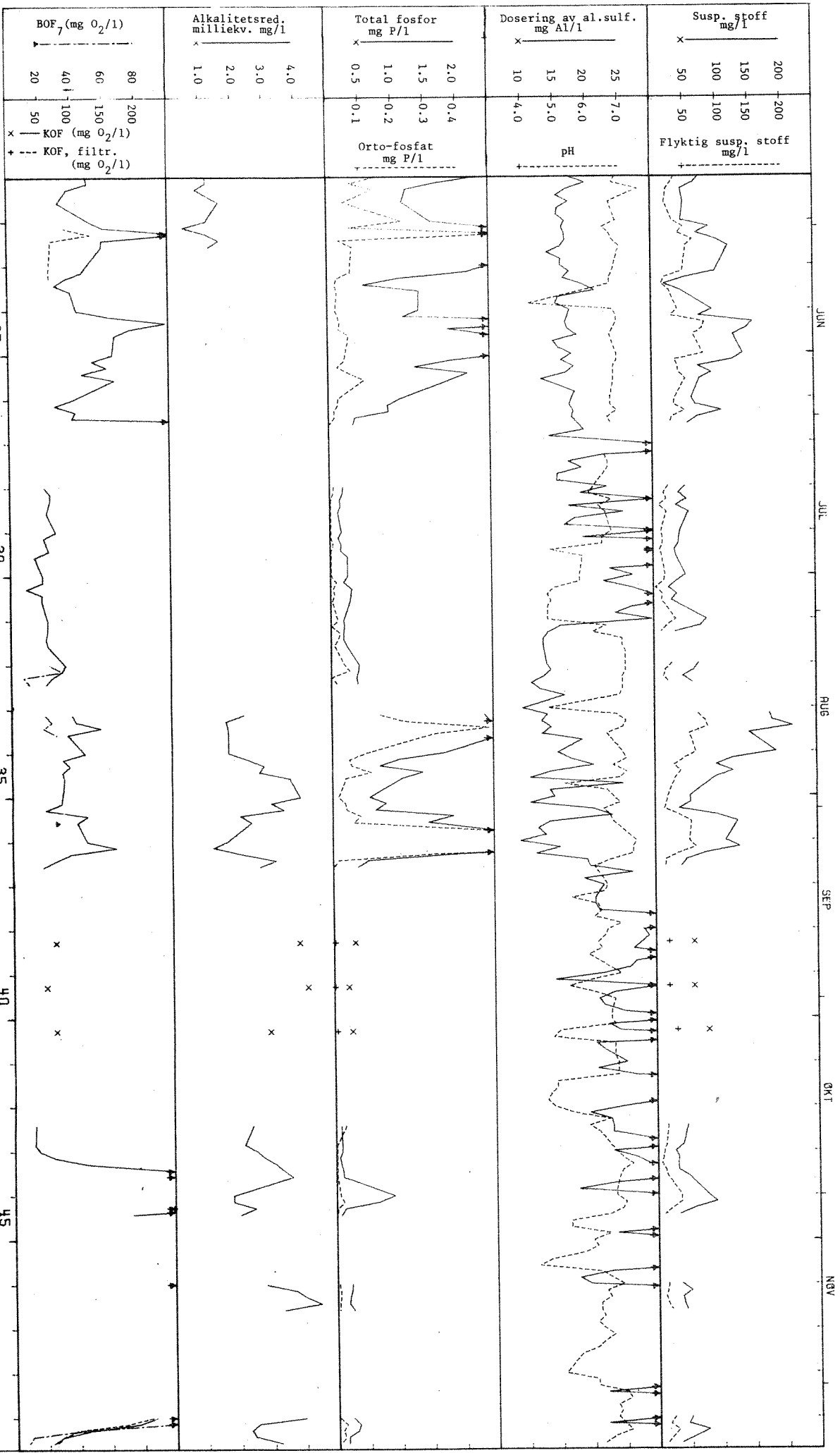


FIG.

FIG. NR. 49. ORIGINALDATA FRA KJEMISK RENSETRINN 2 (STRISJØN K2)

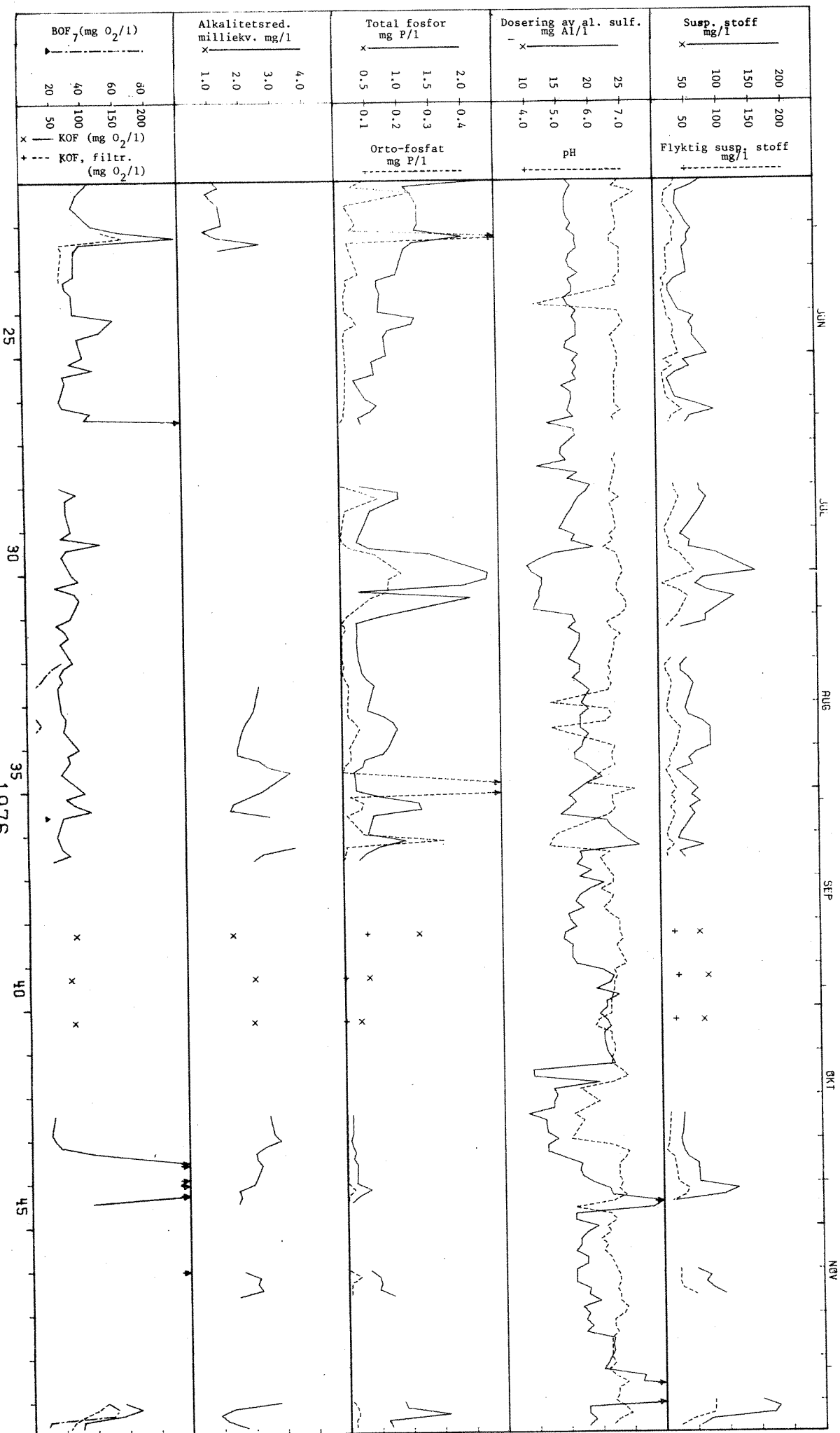


FIG.

DES

UKE NR.

FIG. NR. 50. ORIGINALDATA FRA KJEMISK RENSETRINN 3 (STRISJON K3)

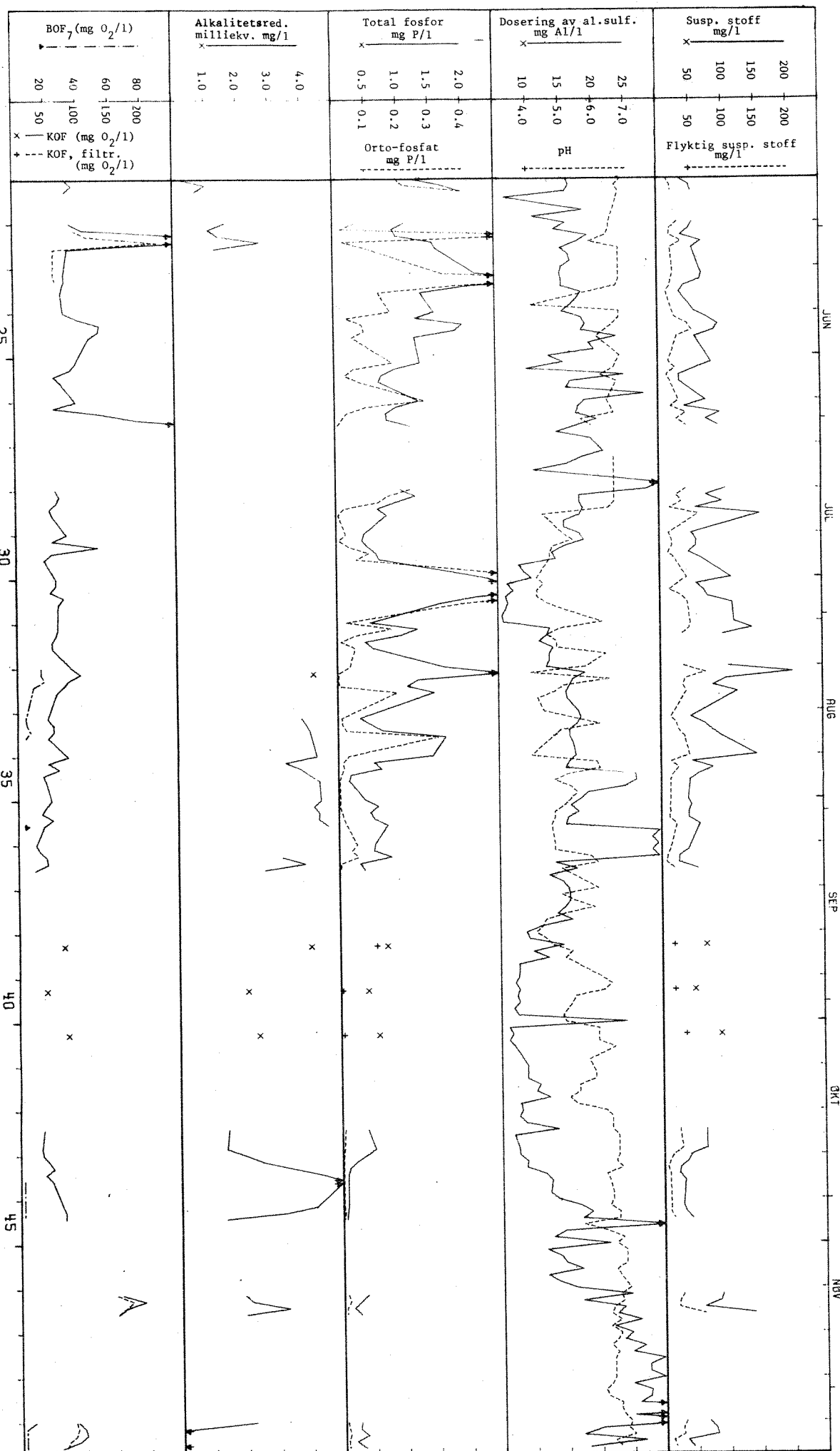


FIG.

DES

UKE NR.

Tabell 24. Analyseresultater fra sporadiske analyser

Oksygenmålinger:

DATO	RF oksygenkons. mg O ₂ /l	BR oksygenkons. mg O ₂ /l	AS		
			Returslam oksygenkons. mg O ₂ /l	Luftetank	
				Oksygenkons. mg O ₂ /l	Oksygenopptak mg O ₂ /min.
760531	8,1	7,1		0,6	0,5
760622				0,7	0,8
760708				1,5	0,4
760715	7,8	7,1		5,4	0,8
760729			2,0	2,8	0,2
760710			0,75	1,7	0,8
760826			1,4	5,7	0,4
761203		7,4		7,8	0,2

Registrering av nitrifikasjon (kolorimetrisk analyse):

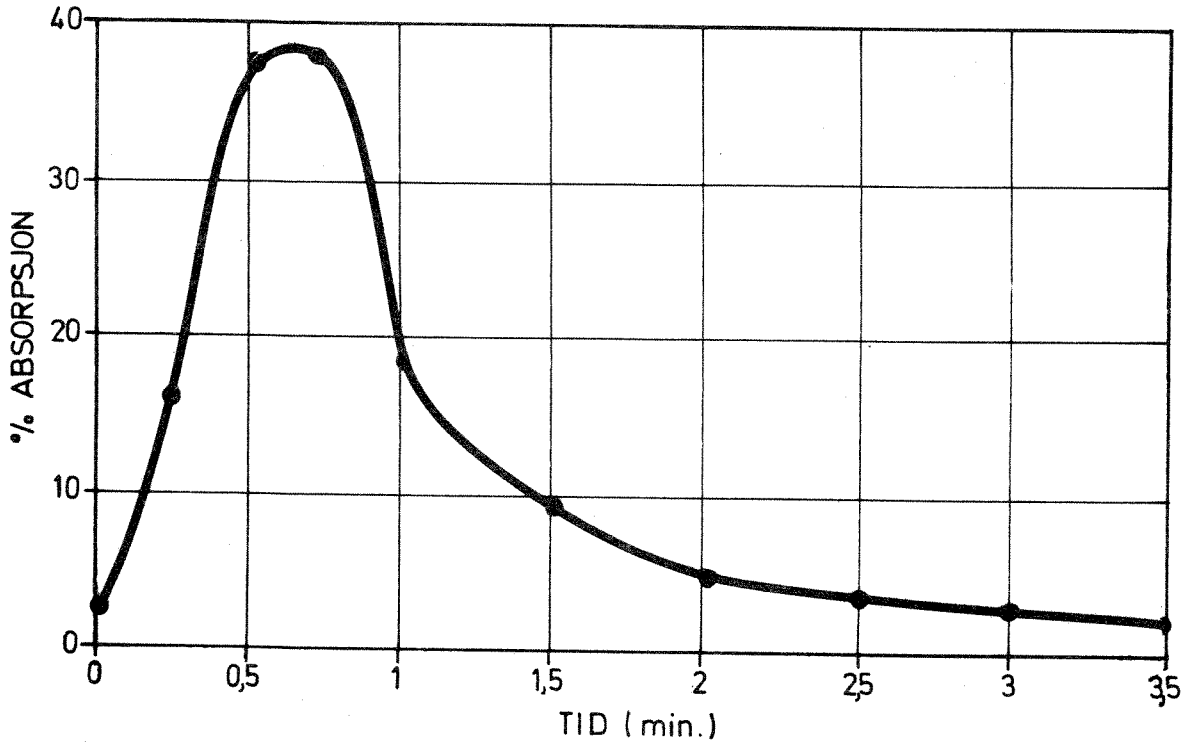
DATO	RF		BR		AS	
	NO ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NO ₂ -N
	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l	mg N/l
760810	4,5		4,8		25	0,25
760917					18	0,23
760922					15	0,50
761018	5,5	> 0,5	15,5	>> 0,5	12	0,14

Tungmetallanalyse på sigevann (Brånasdalen) og forsedimentert prøve:

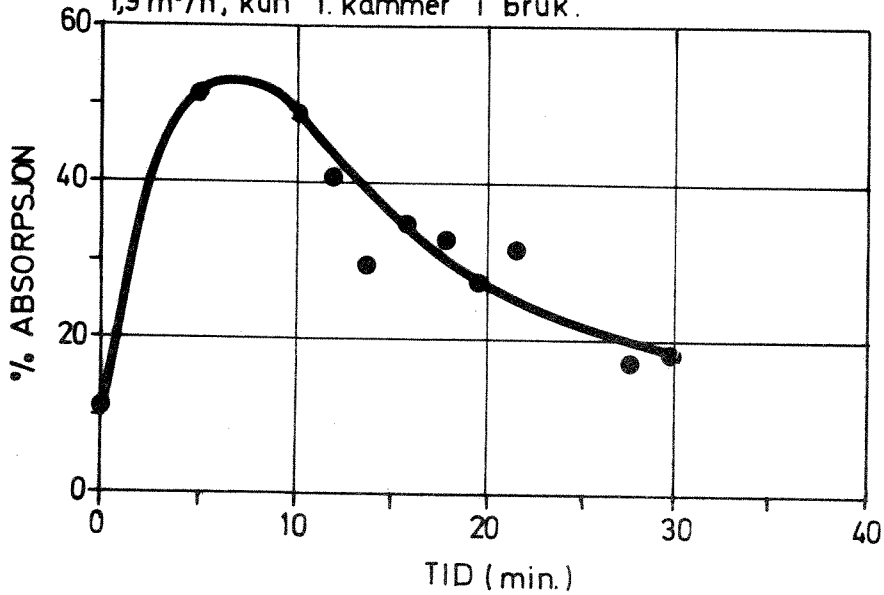
Tungmetaller (mg/l):

Prøve/dato	Fe	Cr	Ni	Pb	Hg	Cd	Cu	Zn
	mg Fe/l	mg Cr/l	mg Ni/l	mg Pb/l	mg Hg/l	mg Cd/l	mg Cu/l	mg Zn/l
Sigevann 15/11-76	110	0,20	< 0,05	0,08	0,0034	<0,02	0,1	10
FS 15/11-76	15	<0,05	< 0,05	0,08	0,0008	<0,02	0,02	1,1

Oppholdstid RF pr. 25.5.76, „RODAMIN“, vannføring 1,2 m³/h.



Oppholdstid BR. pr. 25.5.76, „RODAMIN“, vannføring 1,9 m³/h, kun 1. kammer i bruk.



Figur 51. Oppholdstidsmålinger (med fargeindikator) for RF og BR

4.1.1 Organisk stoff

Den mest benyttede parameteren for måling av organisk stoff i avløpsvann er biokjemisk oksygenforbruk (BOF). Denne analysen er forholdsvis arbeidskrevende, og det er vanskelig å få reproducerbare resultater. I dette prosjektet er organisk stoff gjennom hele perioden bestemt som kjemisk oksygenforbruk med dikromatoksydasjon (KOF). Denne parameter gir et relativt tall for avløpsvannets totale innhold av organisk stoff. I perioder er det analysert for BOF₇ og KOF filtrert.

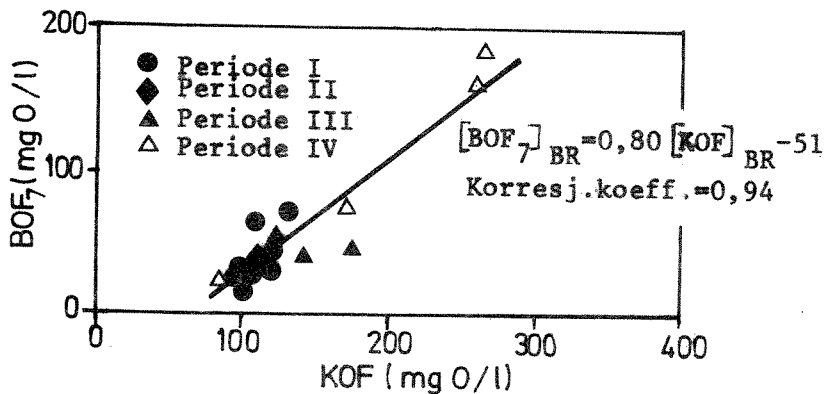
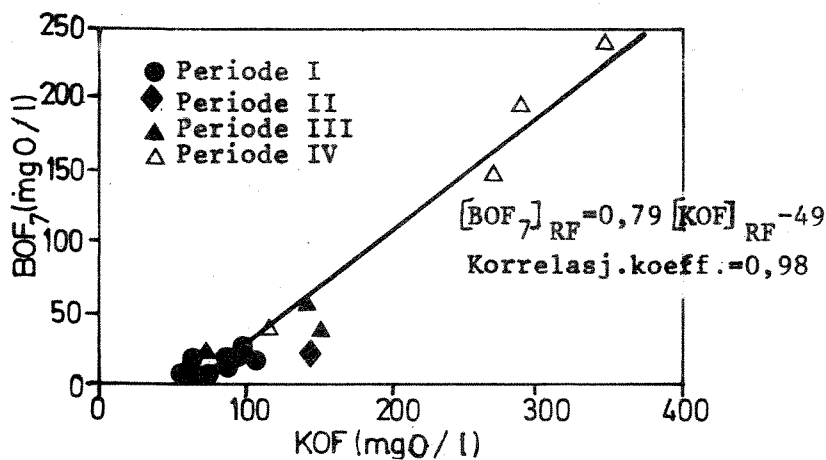
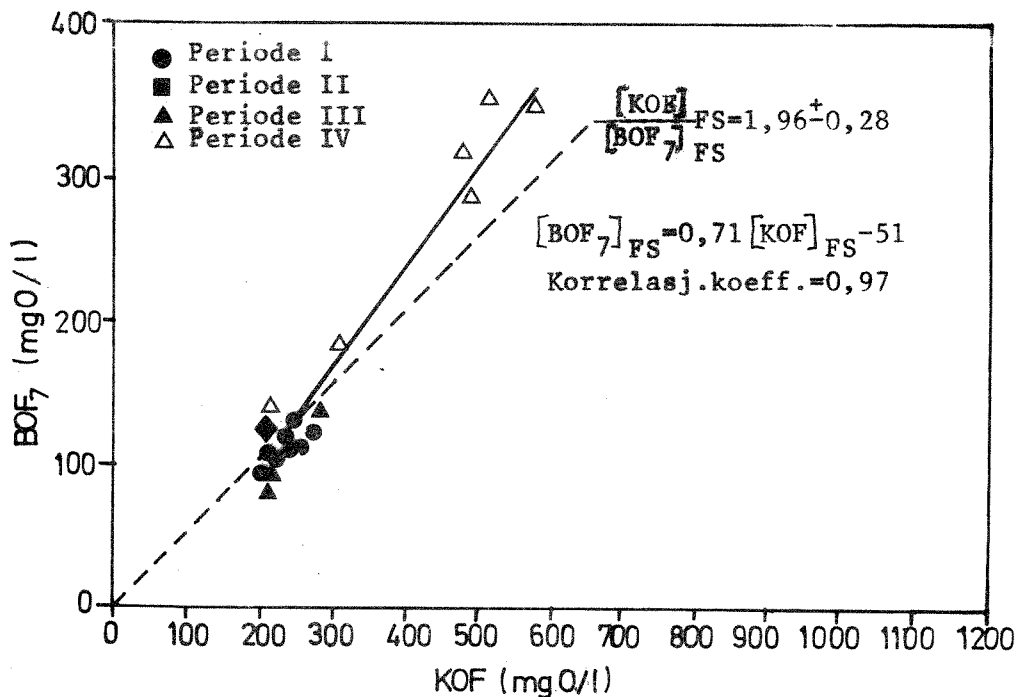
Det ble forsøkt å finne en sammenheng mellom BOF₇ og KOF. Man beregnet forholdstallet mellom KOF og BOF₇ for de forskjellige stasjonene, men dette viste stor spredning, se tabell 25, unntatt for forsedimentering. Forholdstallet KOF/BOF₇ = 1,96 for forsedimentering er benyttet ved beregning av organisk belastning for de biologiske enhetene.

Dernest forsøkte man å finne en lineær sammenheng mellom BOF₇ og KOF. Dette gav bedre resultater. Resultatene er presentert stasjonsvis i figur 52.

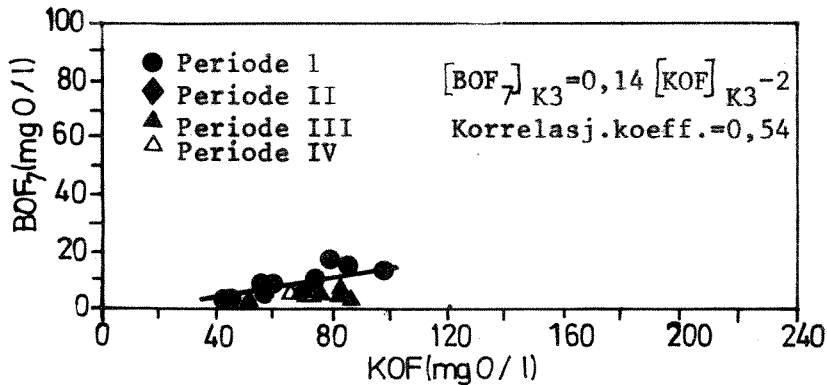
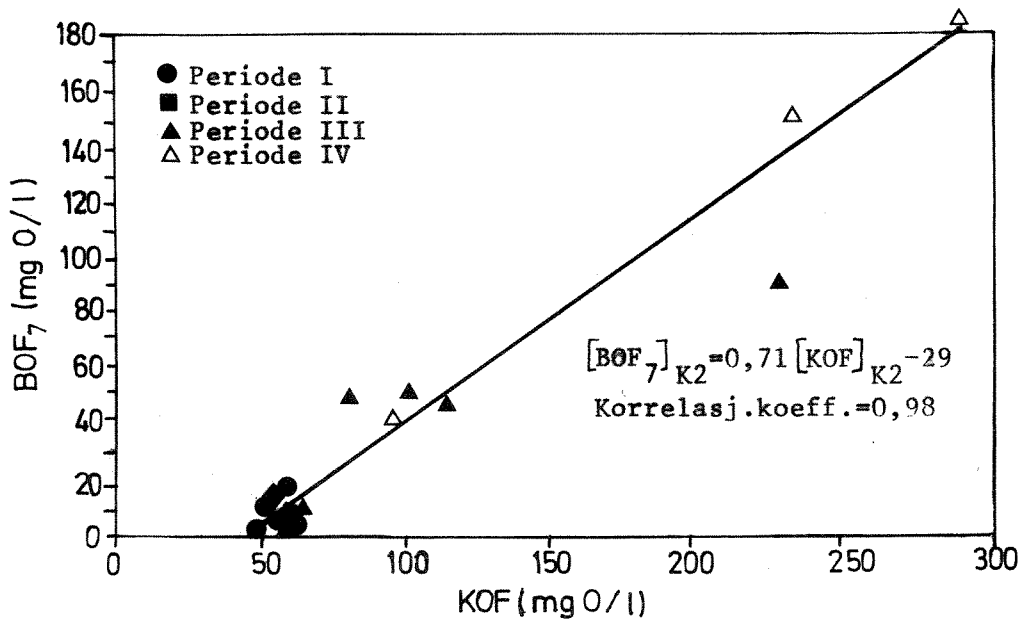
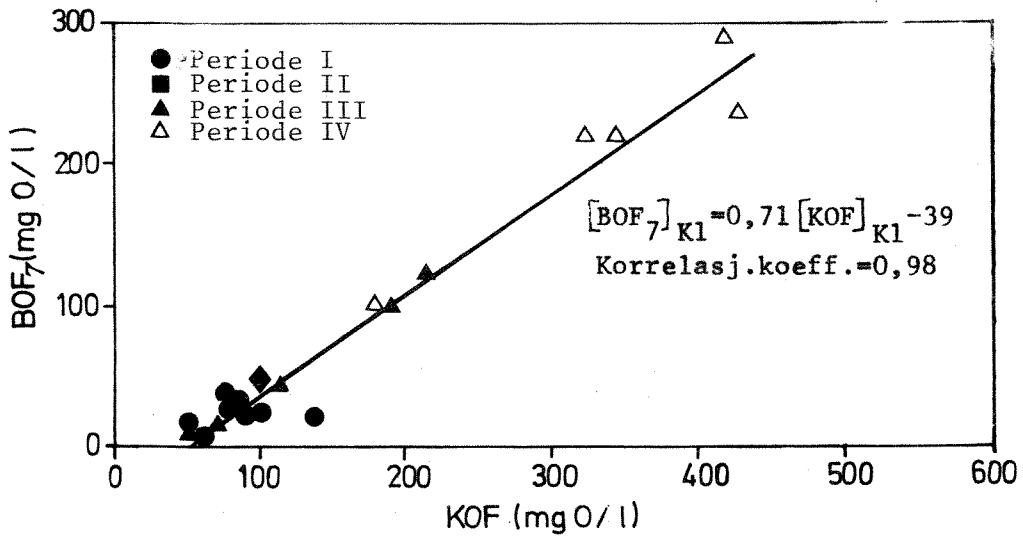
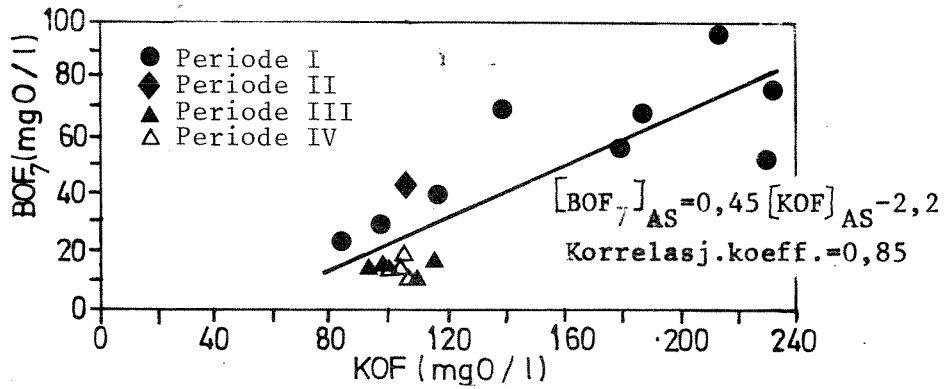
Tabell 25. Forholdstallet mellom KOF og BOF₇, stasjonsvis (middelverdi og standard avvik)

Stasjonskode	Stasjonsnavn	KOF/BOF ₇ (middel)	Standard avvik	Antall verdier
FS	Forsedimentering (mek.)	1,958	0,283	20
RF	Rislefilter	4,317	2,032	18
BR	Biorotor	2,866	0,911	17
AS	Aktivt slam	5,148	2,559	19
K1	Kjemisk 1 (etter RF)	3,769	2,204	19
K2	Kjemisk 2 (etter BR)	4,986	3,010	19
K3	Kjemisk 3 (etter AS)	10,827	4,429	19

Av figurene ser man at RF og BR har omtrent samme lineære sammenheng mellom BOF₇ og KOF,- det samme gjelder for K1 (felling etter RF) og K2 (felling etter BR). AS og K3 (felling etter AS) har mye lavere stigningskoeffisienter.



Figur 52. BOF_7 som funksjon av KOF (forsedimentering/rislefilter (biorotor/aktivt slam/etterfelling))



Fortsettelse av figur 52

Det ble gjort forsøk på å finne en sammenheng mellom fjernet organisk materiale, kloakkens temperatur og de biologiske enhetenes organiske belastning. I figur 40 har man forsøkt å sammenstille de oppnådde resultatene i ukemiddelverdier. Av denne figuren kan man observere en viss sammenheng mellom temperatur/prosent KOF fjernet, og organisk belastning/prosent KOF fjernet. Dette er undersøkt nærmere i de etterfølgende figurer. I figur 53, 54 og 55 er fjernet organisk materiale framstilt som en funksjon av organisk belastning. I figur 53 og 54 ser man enkelte verdier som faller helt utenom mønsteret (tegnet som ▲, periode IV). Her har man fått sigevann inn på anlegget. Av tabell 26 ser man at tungmetallkonsentrasjonene inn på anlegget er omtrent lik 1/10 av tungmetallkonsentrasjonen ut fra søppelfyllinger.

I tabell 26 har man forsøkt å illustrere hvordan anlegget har reagert ved sigevann inn på anlegget (høyere KOF-konsentrasjoner enn normalt).

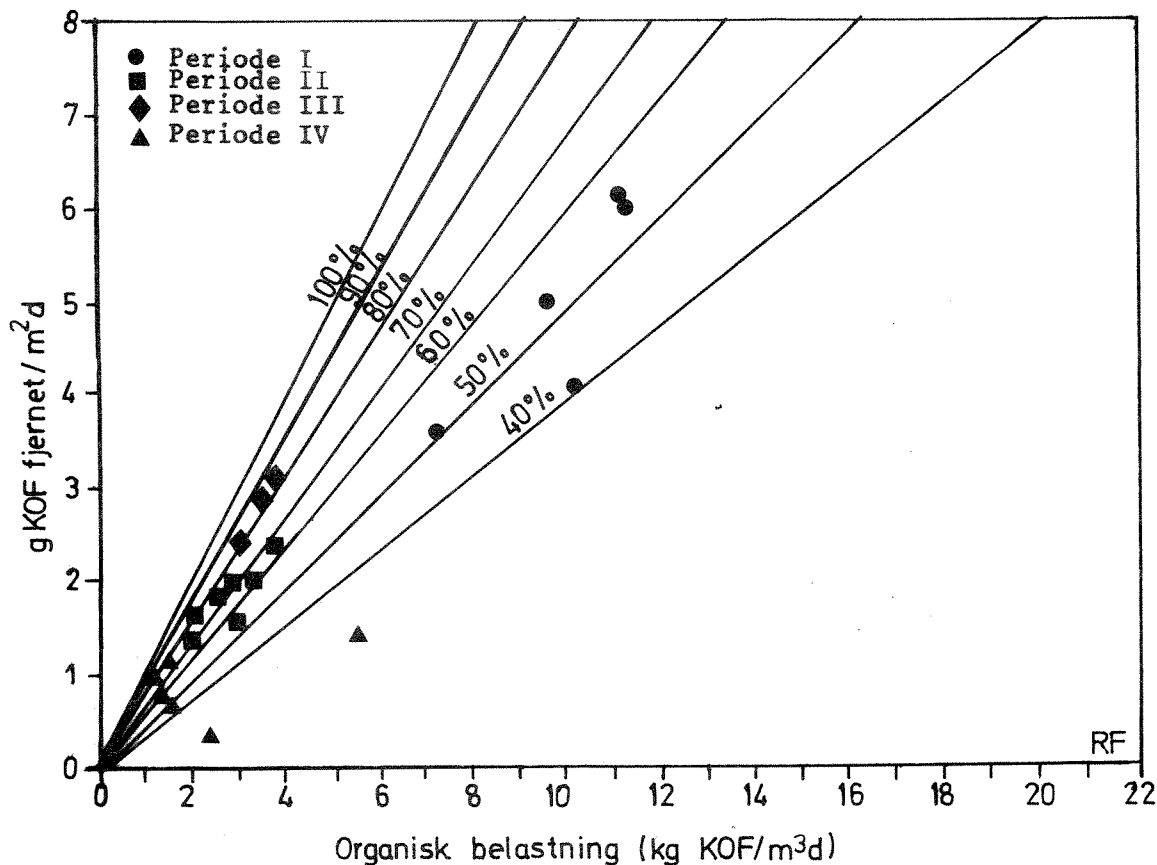
Tabell 26. Inngangs- og utgangskonsentrasjoner av organisk stoff i en periode med sigevann inn på anlegget

Dato	FS		RF + felling		BR + felling		AS + felling	
	KOF	BOF ₇	KOF	BOF ₇	KOF	BOF ₇	KOF	BOF ₇
761102	584	352	430	232	294	188	66	5
761103	496	284	348	217	230	90	70	5

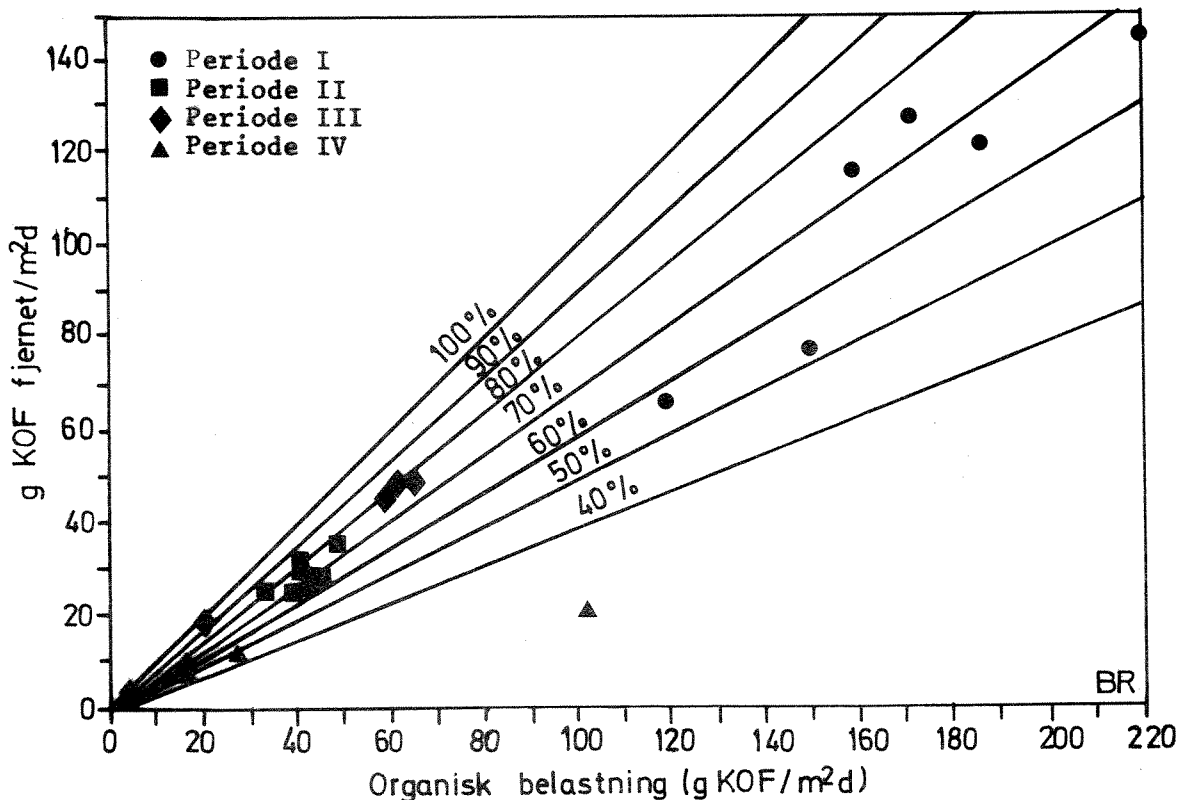
Av tabellen ser man at AS også i denne perioden har bra fjerning av organisk materiale, mens BR og i særdeleshet RF har liten reduksjon av KOF/BOF₇, - graden av fjerning øker med økende oppholdstid. For AS ble volumbelastning brukt for å illustrere størrelsesorden på organisk belastning. Imidlertid vil slambelastningen ha stor betydning, så man får ikke et helt riktig bilde av belastningen for denne enheten. I perioder er slambelastningen målt, se bilag 2.

Oksygenkonsentrasjonene for de biologiske enhetene er målt for å kontrollere oksygenforholdene, se tabell 24.

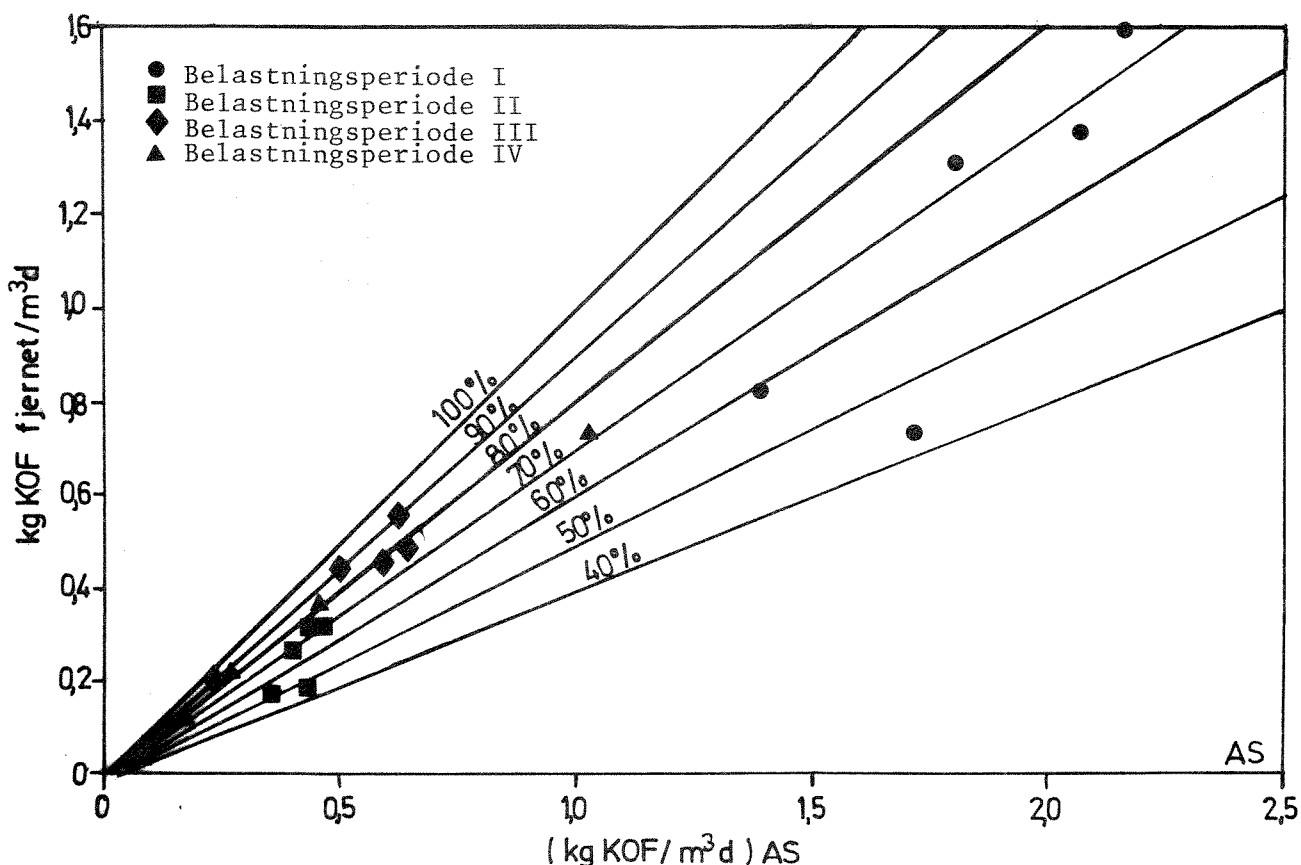
For RF + felling har man ved en organisk belastning $< 2 \text{ kg KOF/m}^3 \text{ d}$ oppnådd $> 80\%$ KOF-reduksjon. Ved en belastning på $2-4 \text{ kg KOF/m}^3 \text{ d}$, har man oppnådd varierende KOF-reduksjon (55-80%). Organisk belastning



Figur 53. Fjernet organisk materiale for systemet rislefilter + etterfelling som funksjon av organisk belastning for rislefilter



Figur 54. Fjernet organisk materiale for systemet biorotor + etterfelling som funksjon av organisk belastning for biorotor



Figur 55. Fjernet organisk materiale for systemet aktivt slam + etterfelling som funksjon av organisk belastning på aktivt slam

> 7 kg KOF/m³ d medfører <55% KOF-reduksjon. Høyeste målte belastning ~11 kg KOF/m³ d medførte også en KOF-reduksjon ~50%.

For BR + felling har man ved en organisk belastning <20 g KOF/m² d oppnådd ~90% KOF-reduksjon. Ved organisk belastning på 30-65 g KOF/m² d har man oppnådd 67-80% KOF-reduksjon. Ved belastninger >110 g KOF/m² d, har man oppnådd mellom 55-75% KOF-reduksjon. Høyeste målte belastning ~220 g KOF/m³ d, medførte KOF-reduksjon på 66%.

For AS + felling har man ved en volumbelastning <0,3 kg KOF/m³ d, oppnådd ~90% KOF-fjerning. Ved volumbelastninger på 0,3-0,7 kg KOF/m³ d har man hatt svært varierende grad av rensing (40-90% fjerning). Ved volumbelastninger >1,0 kg KOF/m³ d, har prosent KOF fjernet variert fra 40-70. Variasjonen i resultatene skyldes til dels variasjon i slam-belastning.

Det er flere faktorer som påvirker rensegraden m.h.p. organisk stoff: suspendert stoff i utløpsvann, temperaturendringer, varierende konsentrasjon av organisk stoff inn, temperaturendringer, resirkulering over RF og slambelastningen i AS. Resultatene tyder på at RF og BR kan gi relativt god fjerning av organisk materiale selv ved harde belastninger. Ved vurdering av de rensegrader som er oppnådd, må en være klar over at det i alle resultater er inkludert effekten av et kjemisk fellingsstrinn. Kjemisk felling alene vil også gi en betraktelig KOF-fjerning som minst tilsvarer avløpsvannets innhold av partikulært organisk materiale.

Basert på målinger over 3 uker for filtrert KOF (ser bort fra perioden med sigevann) har man hatt følgende forhold mellom partikulært og løst organisk stoff.

$$(KOF)_{FS} = 281$$

$$(KOF \text{ filtr.})_{FS} = 148$$

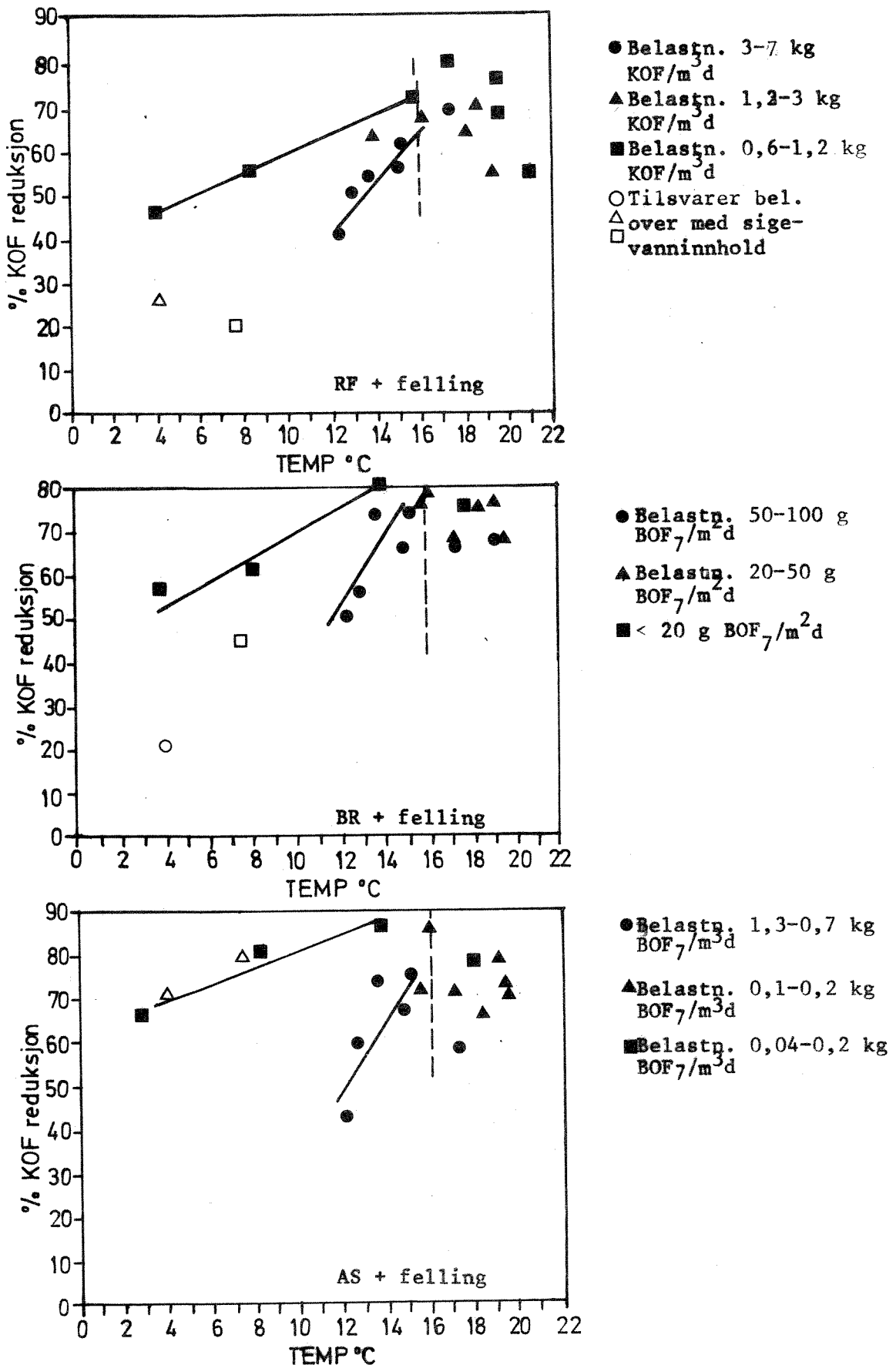
På bakgrunn av dette ser man at ved et godt fellingsstrinn alene kunne man fjerne minst 47% KOF.

Ved tidligere forsøk med mekanisk - kjemisk rensing på Kjeller har man oppnådd 70% KOF-fjerning.

Uke 44, 45 og 47 hadde råkloakken høyt innhold av løst stoff (mye sigevann inn på anlegget). Av dette fjernet AS størsteparten, mens RF og BR hadde dårlig fjerning.

4.1.2 Temperatur

Prosentuell KOF-reduksjon av temperaturen er framstilt grafisk i figur 56. Det ble valgt å sette en strek ved resultater oppnådd ved temperaturer $> 16^{\circ}\text{C}$. Man kunne for disse resultatene ikke finne noen signifikant sammenheng. Kloakktemperaturer $> 16^{\circ}\text{C}$ vil sjelden forekomme under norske forhold. Disse høye vanntemperaturer ble oppnådd under en lang tørkeperiode. Man valgte derfor å se bort fra disse ved vurderingen. For temperaturer mellom 3 og 16°C , synes alle 3 systemene å være temperaturavhengige, og ved høye belastninger synes



Figur 56. Prosentuell KOF-reduksjon som funksjon av temperaturen

det å være stor temperaturavhengighet. Fra disse resultatene kan man ikke se noen tydelige forskjeller mellom temperatur-avhengigheten for de 3 enhetene. Disse framstillingene bygger på svært usikre data da både temperatur, suspendert stoff og organisk stoff har variert samtidig. Det er imidlertid helt klart at man må ta hensyn til avløpsvannets temperatur ved dimensjonering av anlegget.

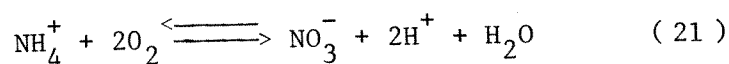
Wuhrmann (64) har for aktivt slam undersøkt belastningen ved varierende temperaturer. Ved slambelastninger fra 0,1 opptil 0,9, viser AS svært liten temperaturavhengighet.

Figur 56 bygger på svært usikkert grunnlag da flere parametre har variert samtidig. Man velger derfor å ta mest hensyn til litteraturdata som sier at avhengigheten av temperaturen er vesentlig sterkere for BR/RF enn for AS.

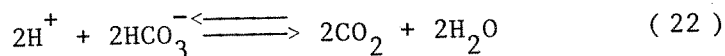
4.1.3 Nitrogen

Registrering av nitrifikasjon ble foretatt ved forenklet kolorimetrisk analyse, se tabell 24 (stikkprøver). Nitrifikasjon i de biologiske enhetene ble dessuten registrert ved alkalitetsreduksjon.

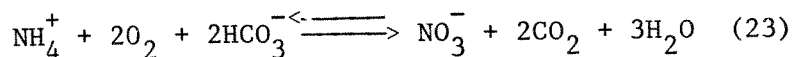
Nitrifikasjon kan skjematisk beskrives slik:



Ved oksydasjon av 1 mmol NH_4^+ (14 mg N/l) frigjøres 2 mmol H^+ . Dette forskyver kullsyresystemet:



Dette gir total-reduksjonen:



Dermed vil man få en alkalitetsreduksjon som tilsvarende 2 m.ekv./l. En alkalitetsreduksjon på 1 m.ekv./l tilsvarende oksydasjon av 7 mg N/l. Tabell 27 viser en oversikt over nitrifikasjon i biorotor og aktivt slamanlegg.

Nitrifikasjon over RF har man ikke beregnet på bakgrunn av alkalitetsreduksjonen, da man har hatt resirkulering av kjemisk rensset vann med lav alkalitet. Fra tabell 24 ser man derimot at nitrifikasjon er registrert for RF (registrert som NO_3^-):

$\text{NO}_5\text{-N}$: 760810, uke 33, 4,5 mg N/l, utgående vann ved en
organisk belastning: 1,35 kg $\text{BOF}_7/\text{m}^3\text{d}$

$\text{NO}_5\text{-N}$: 761018, uke 43, 5,5 mg N/l, utgående vann ved en
organisk belastning: 0,22 kg $\text{BOF}_7/\text{m}^3\text{d}$

Registreringene i tabell 24 er basert på stikkprøver. Beregningene av oksydert nitrogen i tabell 27 er basert på ukemiddel av alkalitetsmålinger på døgnprøver.

Tabell 27. Nitrifikasjon i biorotor og aktiv slamlegg under forsøksperioden

Uke nr.	BR		AS		Temp (°C) Kloakk
	Org.belastn. g $\text{BOF}_7/\text{m}^2\text{d}$	mg N/l oksydert ₁)	Org.belastn. kg $\text{BOF}_7/\text{m}^3\text{d}$	mg N/l oksydert ₁)	
30	22	4	0,23	24	19,4
31	22	6	0,22	30	17,6
33	21	7	0,22	26	15,6
34	21	3	0,23	20	19,1
35	17	7	0,18	16	18,0
36	24	5	0,26	21	16,0
37	11	13	0,12	12	13,8
30	33		0,33	21	12,0
40	31		0,32	24	11,0
41	31		0,31	12	10,0
43	2,5	10	0,04	16	8,2
45	14		0,23	11	7,5

1) Basert på beregning fra alkalitetsreduksjonen i biorotor og aktiv slamlegg. Uke 28 og 29, - de ukene før nitrifikasjon ble observert, var anleggene blitt kjørt ved lav organisk belastning og høy kloakktemperatur.

4.1.4 Total fosfor

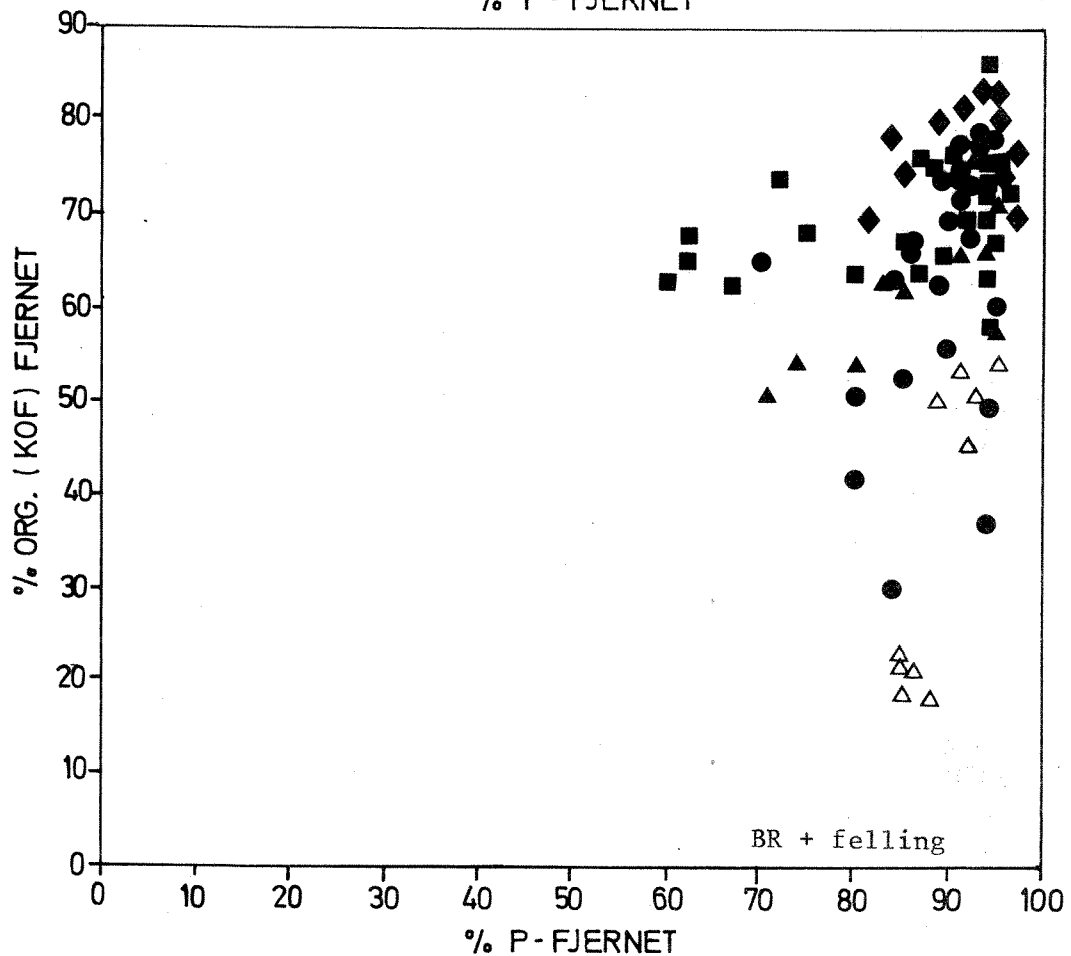
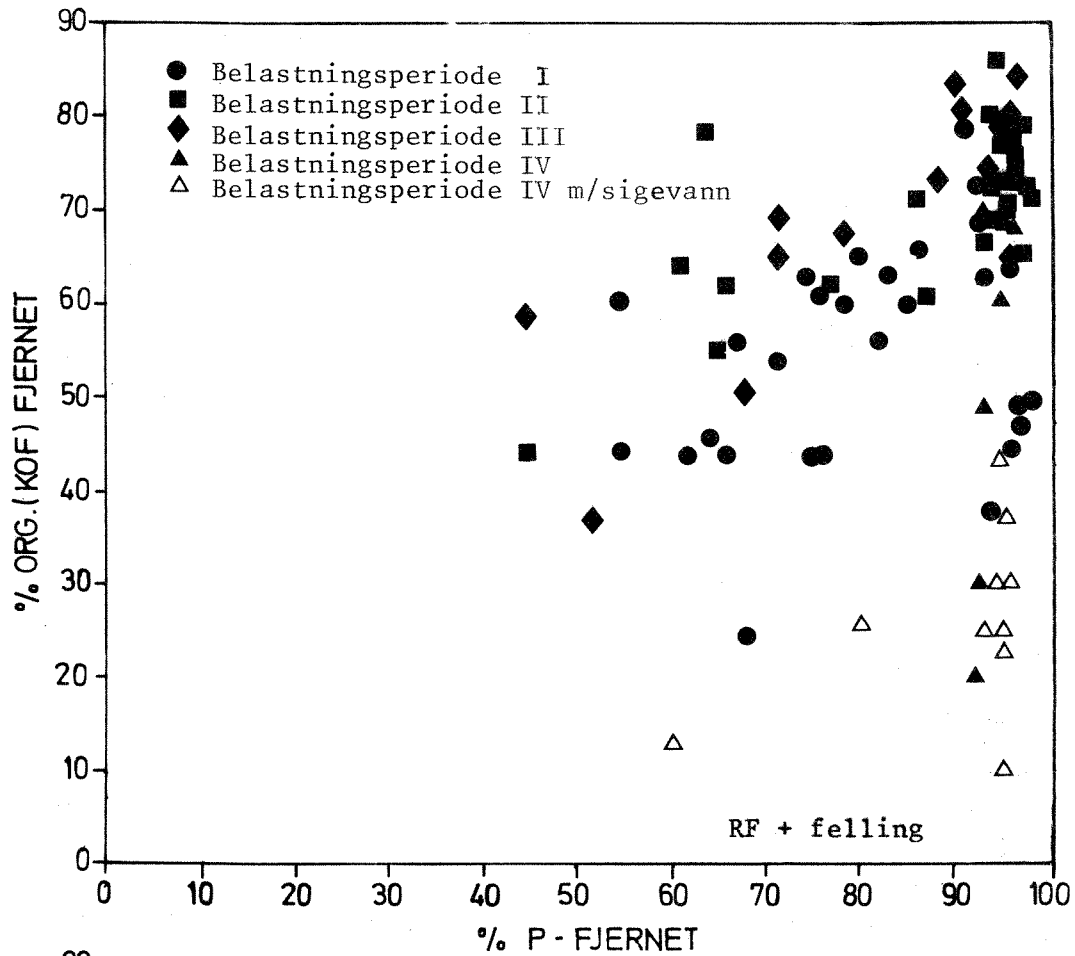
Både total fosfor og ortofosfat (filtrert prøve) ble målt gjennom hele forsøket. Middelerverdier over uke er presentert i tabell 21. Dosering av aluminiumsulfat, pH, alkalitetsreduksjon over fellingstrinnet og fosforverdier er tegnet inn i figurene 48, 49 og 50 for henholdsvis RF + felling, BR + felling og AS + felling.

Doseringsmengde av aluminiumsulfat ble til å begynne med bestemt fra jartest. Direkte overføring av resultatene fra laboratorieskala til halvteknisk målestokk gav dårlige resultater, så man startet med dosering etter pH. Dette resulterte i svært høye doseringer, da vannets bufferkapasitet var svært høy. Systemet RF + felling viste seg svært vanskelig å regulere, da systemet hadde en viss treghet p.g.a. resirkulering av kjemisk rensert vann (lavere pH, lavere alkalitet). I systemet AS + felling hadde man kraftig nitrifikasjon i sommerperioden. Dette medførte svært lav alkalitet og pH ut fra biologisk trinn (pH = 4-5). Det medførte også problemer ved tilsetting av aluminiumsulfat. For å rette på dette, forsøkte man med tilsetting av 50 kg CaCO_3 (mikrokrystallinsk CaCO_3) direkte i luftetanken, - dette medførte en liten økning av alkaliteten. Dagen etter var alkaliteten på samme lave nivå igjen. Da CaCO_3 har svært lav løselighet, antok man at den var blitt spylt direkte ut av systemet. Så startet man med tilsetting av hydratkalk 2 ganger i døgnet (i gjennomsnitt 165 mg hydratkalk/l) direkte i luftetanken. Dette resulterte i en økning av pH til pH $\sim 7,0$.

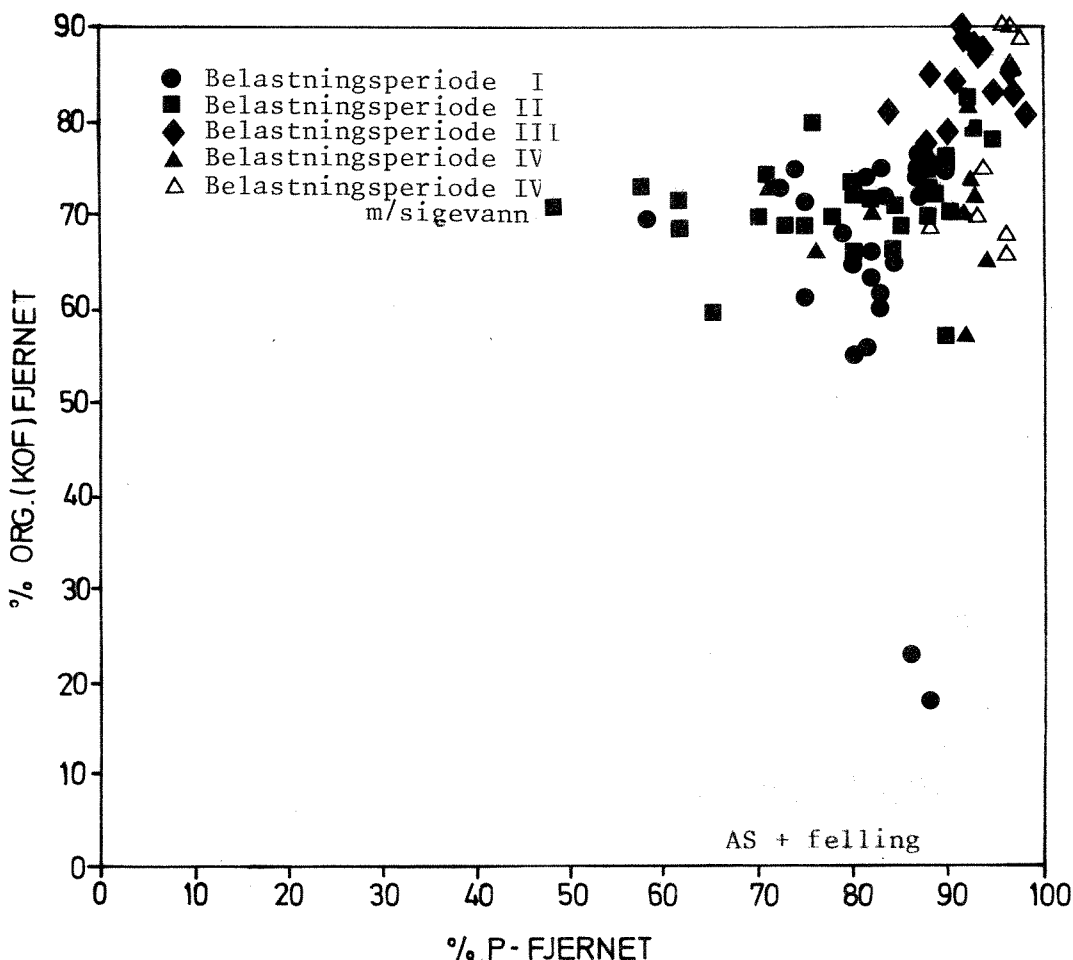
Ved den lave bufferkapasiteten systemet hadde, var det tilstrekkelig med dosering av aluminiumsulfat i molforholdet Al:P $\sim 1:1$. Systemet var noe vanskelig å regulere da man fikk to fellingskjemikalier. I luftetanken (AS) hadde man kalkdosering fra og med uke 35 til og med uke 44. Dosering av aluminiumsulfat er i figur 48, 49 og 50 oppgitt som mg Al/l (1 mg Al/l tilsvarer 11,2 mg aluminiumsulfat (type Lysaker)/l).

På tross av driftsproblemene som er nevnt ovenfor, har fellingsprosessen ved de tre anleggene fungert tilfresstillende. Men p.g.a. at suspendert stoff i utløpet har vært relativt høyt, har man i periodet hatt relativt høye utgående konsentrasjoner av tot-P.

I figur 57 er det forsøkt å vise sammenhengen mellom fosfor og KOF-fjerning. Figurene indikerer en viss sammenheng, men også stor spredning.



Figur 57. Prosentuell fjerning av organisk stoff som funksjon av % fosfor fjernet, for henholdsvis RF + felling, BR + felling og AS + felling



Figur 57 (forts.). Prosentuell fjerning av organisk stoff som funksjon av % fosfor fjernet, for henholdsvis RF + felling, ER + felling og AS + felling

4.1.5 Suspendert stoff

Innholdet av suspendert stoff i utgående prøver (biologisk + kjemisk rensert) har gjennom hele perioden vært relativt høyt på tross av god fjerning av fosfor og partikulært organisk materiale. For de periodene der filtrert KOF, f.eks. ut fra biorotor, er målt, samsvarer disse godt med KOF ut fra kjemisk trinn (se eksempel i tabell 28).

Utløpskonsentrasjonen av KOF samsvarer med filtrert KOF fra biorotor, dvs. sannsynligvis foreligger alt organisk materiale i utløpet i løst form. Videre har man relativt lav fosfor-konsentrasjon ut. Det kan muligens tyde på at det suspenderte stoffet består av finfordelte fnokker av f.eks. $Al(OH)_3$, med dårlige sedimenteringsegenskaper.

Tabell 28. Eksempel på suspendert stoff

	BR filtr. KOF	K2		
		SS	KOF	Tot-P
Uke 29	71	69	67	0,665
Uke 30	71	54	75	0,56
Uke 31	74	96	73	1,78

4.2 Slamproduksjon og slamegenskaper

4.2.1 Slamproduksjon

Slam er målt ved tapping fra ettersedimenteringstankene K1 og K2. K1 og K2 inneholder blandslam, - biologisk slam fra henholdsvis rislefilter/biorotor + kjemisk felt slam. Verdiene er basert på middelveier over 4 uker (19 målinger). Resultatene er presentert i tabell 29.

Tabell 29. Slamproduksjon - data fra RF + felling , BR + felling og teoretiske slammengder for AS etter Øren (63).

		RF + felling	BR + felling	AS (etter forsed.)
Organisk belastning	I II III	3,0 1,4 2,4 (kg KOF m ³ d)	37 17 27 (g KOF/m ² d)	0,1 (kg BOF ₇ / 0,3 kg FSS · D) 0,6
1) Slamproduksjon, målt (kg TS/m ³)	I II III	0,281 0,318 0,383	0,204 0,161 0,191	
2) Teoretisk beregnet kjemisk slam (kg TS/m ³)	I II III	0,056 0,097 0,119	0,055 0,036 0,074	
Estimert biologisk slamproduksjon (kg TS/m ³)	I II III	0,225 0,221 0,264	0,149 0,125 0,117	
3) KOF-fjernet (kg KOF fjernet/m ³)	I II III	0,152 0,155 0,096	0,187 0,179 0,228	
Estimert biol. slamprod. (kg TS/kg KOF fjernet)	I II III	1,48 1,43 2,75	0,80 0,70 0,51	0,43 (kg SLAM/ 0,65 kg BOF ₇ 0,77 tilført)

I tilsvarer uke 34 og 35

II tilsvarer uke 44

III tilsvarer uke 45.

1), 2) og 3) neste side.

Ved beregning av data i tabell 30 er det gjort følgende forutsetninger:

- 1) Målt slamproduksjon er lik tappet slam + tapet av suspendert stoff i utløpsvannet.
- 2) Teoretisk beregnet kjemisk slam omfatter kun fellingsprodukter. Disse er beregnet på grunnlag av aluminiumdosering og utfelling av fosfat og hydroksyd.

$$\frac{122}{31} \{(\text{PO}_4\text{-P}_{\text{inn}}) - (\text{PO}_4\text{-P}_{\text{ut}})\} + \{Al - [(\text{PO}_4\text{-P}_{\text{inn}}) - (\text{PO}_4\text{-P}_{\text{ut}})] \frac{27}{31}\} \frac{78}{27} \quad (24)$$

- 3) KOF fjernet er beregnet som differansen mellom konsentrasjon ut fra forsedimentering og ut fra fellingstrinnet.

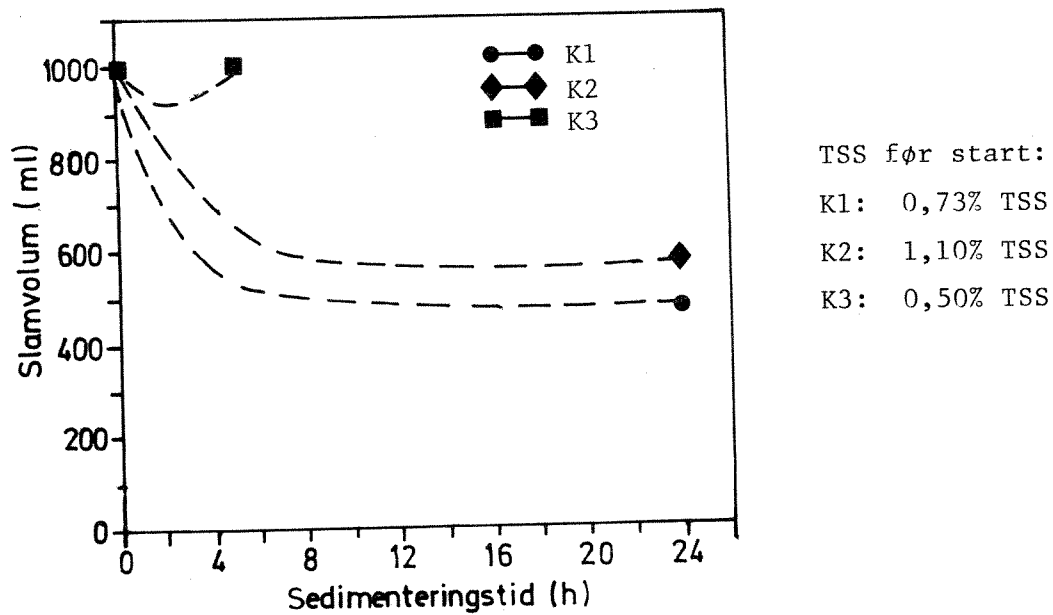
Estimert produksjon av biologisk slam er beregnet som differansen mellom total mengde slam (biologisk + kjemisk) og teoretisk beregnet kjemisk slam.

Av tabell 29 ser man store variasjoner i data fra uke til uke. I uke 44 og 45 har man registrert sigevann inn på anlegget. På birotoren kunne man fra dag til dag registrere variasjoner i biologisk påvekst (se figur 62 og 63). Fra rislefilteret hadde man støtvis tap av slam i samme periode (se figur 60). I uke 34 og 35 har temperaturen på spillvannet vært $\sim 19^\circ\text{C}$ og i uke 44 og 45 $\sim 8^\circ\text{C}$. Slamproduksjonen i uke 34 og 35 er basert på 9 målinger, mens uke 44 og 45 er basert på 5 målinger hver. P.g.a. få målinger, store temperaturvariasjoner og store variasjoner i organisk stoff inn, er resultatene svært usikre.

4.2.2 Slamegenskaper

Fortykking ble gjennomført for de tre "blandslam"-typene umiddelbart etter slamtapping (se figur 58).

Av figur 58 ser man at slam fra AS + etterfelling, K3, floterer. Dette skyldes sannsynligvis denitrifikasjon under fortykking. K1 og K2 fortykkes på vanlig måte. Tabell 30 viser en oversikt over slammets tørrstoff og andel organisk stoff etter fortykking.

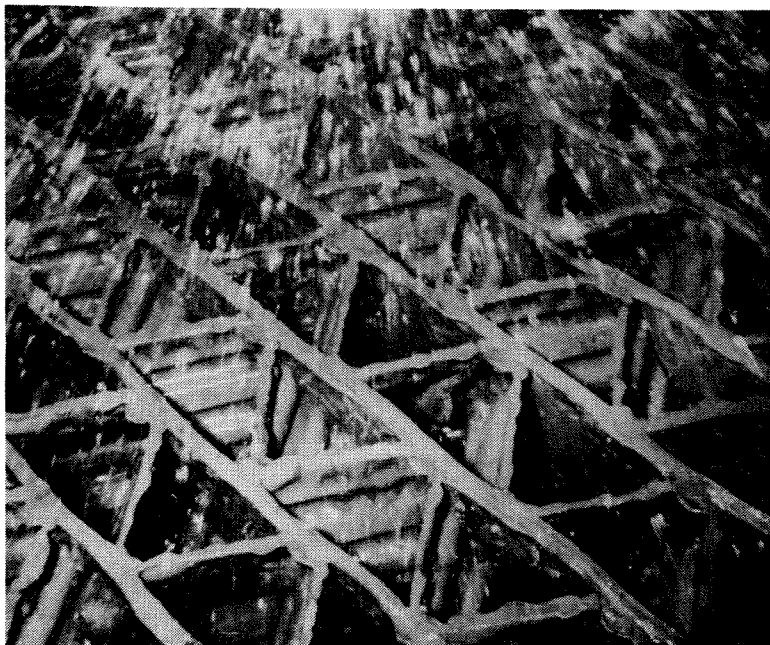


Figur 58. Fortykking av blandslam (biologisk + kjemisk) (K1: Felling etter RF, K2: Felling etter BR, K3: Felling etter AS)

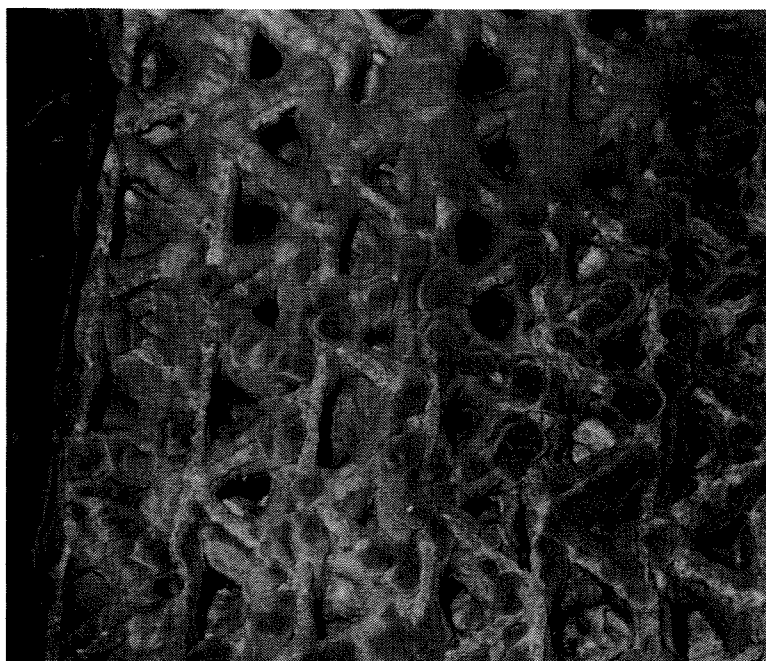
Tabell 30. Oversikt over tørrstoffinnhold og andel stoff i slammet etter fortykking

	TSS %	Andel org.stoff %
RF + felling	1,6 ³⁾	49
BR + felling	2,1 ³⁾	55
AS + felling	1,9 ¹⁾	60
Slam fra kjemisk felling etter AS	1,4 ²⁾	49

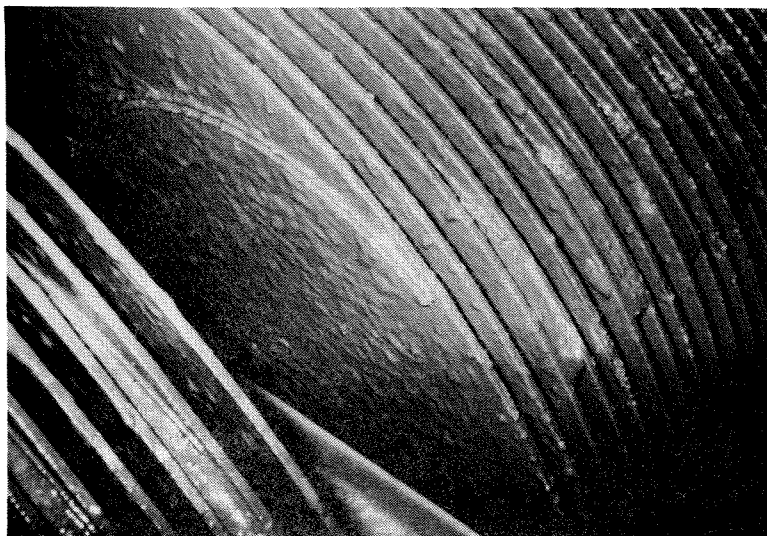
- 1) Basert på 3 målinger, overskuddslam fra AS blandet med slam fra felling (voluminnhold 3:1)
- 2) Basert på 7 målinger
- 3) Basert på 10 målinger



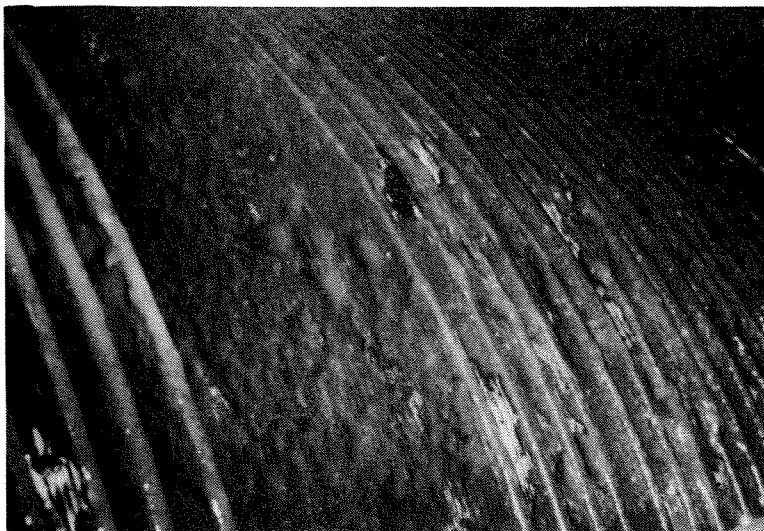
Figur 59. Slam på rislefilter-mediet, sommer-
måned med normal konsentrasjon av organisk stoff
inn (KOF = 200-300 mg O/l)



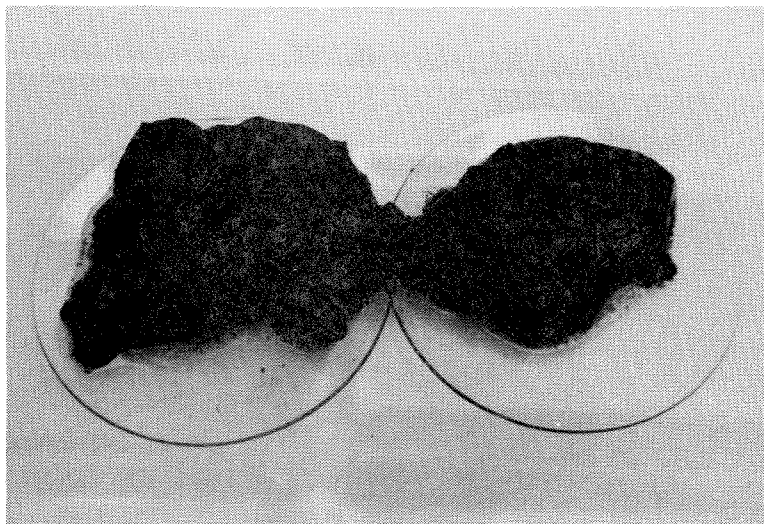
Figur 60. Slam på rislefilter-mediet, vinter-
måned med høye konsentrasjoner av organisk stoff
inn på anlegget (sigevann registrert). Bildet
er tatt kort tid etter avslutning av forsøkene



Figur 61. Slam på biorotor (KOF = 200-300 mg O/l), sommertemperatur



Figur 62. Slam på biorotor, høye konsentrasjoner av organisk stoff (sigevann registrert), vintertemperatur



Figur 63. Slam-skrapet fra biorotor (samme periode som figur 63)

Kondisjoneringsforsøk ble utført for å fastslå eventuelle variasjoner i avvanningsegenskapene for de 3 slamtypene. Resultatene er presentert i bilag 3.

Ved vurderingen av resultatene, må man se på selve CST-verdiene og den relative forandring i CST-verdiene med økende skjærpåkjenning. På grunn av tørrstoffinnholdets innvirkning på CST, vil det være galt å bruke en bestemt CST-verdi ved en gitt skjærpåkjenning som generell grense for tilfredsstillende kondisjonering. Stort sett kan man imidlertid si at et slam bør kondisjoneres slik at CST ligger mellom 10 og 20 sek. etter en skjærpåkjenning tilsvarende 10 sek. omrøringstid (forutsatt bruk av prøvesylinder med 10 mm diameter). I tillegg bør økningen i CST ved økende skjærpåkjenning være liten, dvs. at det kondisjonerte slam kan tåle en viss behandling uten at avvanningsegenskapene reduseres vesentlig. Ved høyere polyelektrolytt-doser, kan man få lavere CST-verdier ved økende skjærpåkjenninger. Dette betyr bare at polyelektrolytten da trenger så sterk omrøring for å gi optimale resultater.

Ved kondisjoneringsforsøkene ble flere polyelektrolytter forsøkt. Ingen var spesielt bedre enn andre, men det kan synes som om anioniske er bedre egnet enn kationiske for alle de 3 slammene som er undersøkt.

Alle 3 slamtypene må sies å være vanskelig å kondisjonere med de polyelektroluttene som er prøvd (Praestol 444k, Hercofloc 819.3N, Praestol A739, Hercofloc 810.2A, Hercofloc 831.2A). Det er bare på noen av prøvedagene at en har fått tilfredsstillende kondisjonering, selv ved den høyeste polymerdosen (0,5% av TS).

Det er ingen vesentlig forskjell på kondisjoneringsegenskapene hos de 3 slamtypene. Kondisjoneringsegenskapene varierer en god del fra dag til dag for den samme slamtype og polymertype. Det synes som om blandslammets (biologisk + kjemisk) avvanningsegenskaper fullstendig er dominert av det kjemiske slammets.

Mikroskopering av slammet ble foretatt 3 ganger i perioden. Slam fra toppen av RF-materialet, fra en av skivene i 1. kammer av biorotoren og fra luftetanken i AS-anlegget ble mikroskopert og karakterisert.

I forbindelse med et kraftig regnvær som resulterte i markert endring i sedimenteringsegenskapene i aktivt slamanlegget, ble det tatt slamprøver fra de 3 enhetene i uke 25. Mikroskopering viste følgende:

AS: Mye filamentøse bakterier, noe sopp, en del fibermateriale i fnokkstruktur og kun en liten flagellat art ble observert. Dette indikerte dårlige oksygenforhold, dårlige sedimenteringsegenskaper og svært voluminøst slam.

BR: Det ble observert en del trådbakterier, lite sopp, store mengder frittlevende protozoer og stor bakterieaktivitet i vannfasen omkring slamfnokkene. Slamfnokkene syntes ikke å være så kompakte som RF, men de var oppbygd av dødt organisk materiale omgitt av en stor bakterieaktivitet (særlig en frittlevende ciliatart, men også noe flagellater).

RF: Store mengder frittlevende ciliater, mye nematoder, rikelige mengder trådbakterier (*Beggiatoa*) ble observert. Slamprøven besto av tettpakkede fnokker av sammenhopet organisk materiale.

Senere i forsøksperioden, uke 39, ble nye slamprøver mikroskopert:

AS: Denne gangen virket slammet meget kompakt med lite trådformet bakterievekst. Stort innhold av frittlevende protozoer (dominert av *Aspidisca*, sp.) og noen andre frittlevende ciliater. Stor tilstedeværelse av faststittende ciliater (dominert av *Vorticella*, sp.) ble registrert.

RF: Slammet bestod av tettpakkede matter av organisk materiale. Store mengder med bakterier i vannfasen og stort innhold av beiteorganismer ble registrert. Stort innhold av paramesium-lignende ciliater (*Vorticella*), relativt stort innhold av flagellater, nematoder og trådbakterier (*Beggiatoa*) ble observert.

BR: Tettpakkede matter av dødt organisk materiale der svært store mengder nematoder levde, og store mengder med bakterier i vannfasen ble registrert. Mye nematoder, filamentøse bakterier (dominert av *Beggiatoa*) og vesentlig mengde *Vorticella* sp. (frittlevende), enorme mengder flagellater og *Opercularia*-kolonier ble observert i slammet.

I uke 46 ble ny slamprøve tatt fra AS og BR. Her hadde man registrert sigevann inn på anlegget, og i AS hadde man dårlig sedimentering. Fra biorotoren skallet store flak biologisk slam av. Mikroskoperingen viste:

AS: Slammet viste seg å være voluminøst og av relativt fersk begroing (lyst utseende på strukturer). Det hadde stort innhold av *Zooglea* og enda større innhold av filamentøs bakterievekst (dominert av *Sphaerotilus*-lignende art og tilstedeværelse av *Beggiatoa*).

BR: Tilnærmet anaerobt nettverk av trådbakterier (*Beggiatoa*), stort innhold av nematoder som beitet på de organiske stoffer, en del *Protozoa* og store mengder frittlevende bakterier ble registrert.

4.3 Driftsproblemer

Forsøksanlegget på Kjeller

De vanligste driftsproblemer som oppstod, var stopp i vanntilførselen til anlegget og problemer med dosering av fellingskjemikalium.

Etter ca. 20 ukers drift, gikk dysen på RF tett. Anlegget var da kjørt ved høy hydraulisk belastning. Senere i perioden ble den hydrauliske belastningen på filteret senket fra 3,88 til 3,05 m³/m²h - dysen gikk da straks tett igjen. 5 uker senere var den tett enda en gang. På Kjeller kjørte vi anlegget med forsedimentering, og dysen som ble brukt til fordeling av kloakken, var fremdeles ikke god nok selv ved de høye hydrauliske belastningene som anlegget ble kjørt ved. Fastsittende dyse viste seg ikke å være god nok for fordeling av kloakken og driftssikkerhetsmessig.

En gang i løpet av perioden gikk utløpet fra biorotoren tett, men her var det blitt laget et 45° bend på røret for å få til en brukbar plassering av biorotoren. Uten dette ville utløpet neppe gått tett.

En gang i løpet av perioden var AS uten luft, - en kompressor var stoppet.

I uke 25 etter et kraftig regnvær (svart kloakk og appelsinlukt ble registrert) ble AS helt grå, og BR mistet nesten all biomasse. AS var stygg å se på i 2-3 uker (dårlig sedimentering), 4 dager etter at BR mistet biomassen var den like begrodd igjen. Man fikk på dette tidspunkt dannet store mengder trådformige bakterier og i AS der man hadde totalomblending og høy slamalder, tar det lang tid før man får en utskiftning, mens i BR og RF der man har en fastsittende kultur, har man relativt kort slamalder og utskiftningen går raskt.

I perioden der sivevann ble registrert inn på anlegget, mistet BR deler av biomassen hver dag, men begroing startet straks etter avskalling. Mye biomasse falt av fra RF. AS virket bra i denne perioden, - man hadde ekstra luftekapasitet her.

Ellers hadde vi kraftig nitrifikasjon i AS. Dette resulterte i altfor lav pH og alkalitet. På Kjeller ble problemet løst ved tilsetting av hydratkalk direkte i luftetanken. På BR og RF hadde vi også nitrifikasjon, men ikke så kraftig at det medførte problematisk lav alkalitet og pH.

Andre fullskala anlegg

På Kråkstad renseanlegg i Ski kommune har man biorotor med etterfelling. Biorotoren er av type Stengelin (styropor skiver). Anlegget har vært i drift fra sommeren 1976. Anlegget har gått med en organisk belastning på $\sim 10 \text{ g BOF}_7/\text{m}^2 \text{ d}$. Ved anlegget har man hatt et spesielt problem ved driften, nemlig uønsket nitrifikasjon. Dette resulterte i for lav alkalitet og pH inn i fellingstrinnet og dermed for høye utgående fosforkonsentrasjoner. Man vurderer dosering av pH-justerende kjemikalium som tiltak.

Tilsvarende nitrifikasjon er blitt registrert på en rekke andre lavbelastede anlegg (aktivt slam + felling, simultanfelling). Fra NIVA's driftsundersøkelse av renseanlegg (34) kan følgende eksempler nevnes:

Hedmark: Granlien	Simultanfelling (Dravo E)
Tangen	Biologisk + kjemisk (Valmet)
Namnå	Simultanfelling (Valmet)
Vest-Agder: Heslandsheimen	Biologisk + kjemisk (Flygt 4294)
Vestfold: Kjønnørød	Biologisk + kjemisk (Valmet)
Aust-Agder: Valle	Simultanfelling (Dravo B)
Østfold: Østerbo	Biologisk + kjemisk (INKA)
Akershus: Ytre Enebakk	Biologisk + kjemisk (Alclean)
Oppland: Røykenvik	Simultanfelling (Hycon)
Landaasen	Simultanfelling (Alclean)

Ved Østerbo har man startet med pH-justering med kalk, og ved Ytre Enebakk har man startet med pH-justering med soda.

Ved dimensjonering av det biologiske trinnet i et etterfellingsanlegg eller simultanfellinganlegg, bør man være klar over at en overdimensjonering kan resultere i store problemer i fellingstrinnet hvis man ikke har tatt hensyn til mulighetene for nitrifikasjon.

4.4 Sammenligning med litteraturodata

4.4.1 Renseresultater

Fra forsøk ved Sjölund (53) har man data fra anlegg med rislefilter (Flocor materiale) + felling med AVR. Rislefilteret som ble benyttet i Sjölund, hadde størrelsen 1,2 · 1,2 · 3,0 m. Filteret på Kjeller var mindre : 0,6 · 0,6 · 2,4 m, og muligens vil dette innvirke på resultatene.

Spillvannet i Sjölund må kunne sies å være noe forskjellig fra vannet på Kjeller (se tabell nr 31).

Tabell 31. Kloakk etter forsedimentering Sjölund/Kjeller (Middelverdier)

	BOF ₇	BOF ₇ filtr.	SS	Tot-P	PO ₄ -P	Alk
Sjölund	115 ⁺ 34	43 ⁺ 19	113 ⁺ 52	5,8 ⁺ 1,3	4,5 ⁺ 1,0	¹⁾ 6,7 ⁺ 0,8
Kjeller	²⁾ 148 ⁺ 56	²⁾ 120 ⁺ 65	185 ⁺ 55	5,6 ⁺ 1,9	3,0 ⁺ 1,6	4,6 ⁺ 0,9
	mg O/l	mg O/l	mg SS/l	mg P/l	mg P/l	m.ekv./l

1) Målt før forsedimentering

2) BOF₇ filtrert og ufiltrert er bestemt ved omregning fra KOF/KOF filtrert. Man har sett bort fra ukene med sigevann inn på anlegget.

Av tabellen kan man se at i Sjölanda foreligger 63% av det organiske stoffet i partikulær form og på Kjeller 47%. I Sjölanda ville man ved et godt fellingstrinn (uten rislefilter) kunne fjerne minst 63% av det organiske stoffet, mens man på Kjeller kunne fjerne minst 47%.

Ved Sjölanda har man oppnådd svært god fjerning av organisk stoff ved relativt høy-belastet RF, 89% BOF_7 fjerning over forsedimentering/rislefilter og kjemisk felling med en organisk belastning på filteret på 2,3 kg $\text{BOF}_7/\text{m}^3\text{d}$. Dette tilsvarte 42% BOF_7 reduksjon over filteret.

På Kjeller har man oppnådd, ved en organisk belastning på 2,4 kg $\text{BOF}_7/\text{m}^3\text{d}$, 55% fjerning over forsedimentering/rislefilter og kjemisk felling, og ca. 40% fjerning over filteret.

Fjerning av fosfor og suspendert stoff viser stor forskjell. Ved Sjölanda har man hatt en dosering på 175 mg AVR/l, en utgående fosforkonsentrasjon på 0,4 mg P/l og utgående suspendert stoff på 11 mg SS/l. På Kjeller har man dosert 282 mg aluminiumsulfat/l: Utgående fosforkonsentrasjon har vært på 1 mg P/l og utgående suspendert stoff på 71 mg SS/l (alle tallene er middelerdi over lengre perioder). Også i perioder med fosforkonsentrasjoner tilsvarende de oppnådde i Sjölanda, har en hatt høyt innhold av suspendert stoff.

4.4.2 Organisk belastning

Rislefilter

Tabell 32 gir eksempler på belastning og grad av rensing (fra litteratur).

Tabell 32. Organisk belastning for rislefilter (fra litteraturen)

Rensekrav	Litteraturhenvisninger	Overflatebelastn. $\frac{m^3}{m^2 \cdot h}$	Organisk belastn. $kg \text{ BOF}_7/m^3 \text{ d}$	Rensing	Kommentarer
Størsteparten av BOF_7 fjernes. Rislefilteret er siste behandlingstrinn.	<u>Steinfilter:</u> Abwassertechnik (41)	0,5-1,2	0,45-0,75	$\geq 75\%$ Middelv.: 83% Utløp: $\leq 30 \text{ mg O}_2/l$	1)
	SNV (49)	$\geq 0,8$ (max 1,2)	0,5-0,8		2)
	Fra Wastewater engn. (38)		0,37-1,8	Nitrifikasjon ved lave belastninger	3)
	Fra undersøkte anlegg i USA, EPA prosess design manual (60)	$\sim 0,8$	0,40-1,1		4)
	<u>Plastfilter:</u> Fra Sjölanda (37)	2,5	$\leq 1,1$		5)
	Fra Varim (61)		1,0		6)
Ved etterfølgende fellingstrinn anbefaler SNV for steinfilter (49): $0,8-1,2 \text{ kg BOF}_7/m^3 \text{ d}$. Ved etterfølgende fellingstrinn anbefaler man i Sjölanda (37): $2,2 \text{ kg BOF}_7/m^3 \text{ d}$. Abwassertechnik (41) anbefaler ved delrensing m/plastfilter (turmtropfkörper): $\geq 1,1 \text{ kg BOF}_7/m^3 \text{ d}$.					
Størsteparten av BOF_7 fjernes + nitrifikasjon. Rislefilteret er siste behandlingstrinn.	<u>Steinfilter:</u> Abwassertechnik (41)	0,3-0,8	0,175-0,45	$>80\%$ nitrifikasjon. Middelverdi: 88% Utløp: $<45 \text{ mg O}_2/l$	1)
	Fra Wastewater engn. (38)		0,11-0,37	Fullstendig nitrifikasjon	3)
	Fra EPA (60)		0,16-0,19	75% nitrifikasjon	4)
	<u>Plastfilter:</u> Fra EPA - 24°C (60)		0,35	90% nitrifikasjon	7)

- 1) Resultatene i Abwassertechnik bygger på erfaringer fra mange års drift av rislefilter med stein.
- 2) Utarbeidede retningslinjer for dimensjonering av renseanlegg av Statens Naturvårdsverk, Sverige, på bakgrunn av litteratur.
- 3) Lærebok i bruk i USA, - erfaringstall.
- 4) Fra flere undersøkte anlegg i USA presentert i EPA: Process design manual.
- 5) Basert på erfaringer fra forsøkene i Sjölanda, LTH.
- 6) Dimensjoneringsdata utarbeidet av representater fra produsenter av små anlegg i Sverige.
- 7) Basert på erfaringer fra et stort anlegg i USA.

Biorotor

Tabell 33 gir eksempler på belastning og grad av rensing, hentet fra litteraturen.

Tabell 33. Organisk belastning for biorotor (fra litteraturen)

Rensekrav	Litteraturhenvvisninger	Hydraulisk belastning	Organisk belastning g BOF ₇ /m ² d	Rensing	Kommentarer
Størsteparten av BOF ₇ fjernes. Biorotor er siste behandlingstrinn.	Fra Varim (61)	Oppholdstid 35 min.	30		1)
	Fra Steels (52) Figur 16	0,18 m ³ /m ² d	27	75% BOF-fjerning 2-trinns anlegg	2)
	Fra Märki (39)		30	70% BOF-fjerning 4-trinns anlegg	3)
	Fra Antonie (6)	0,1 m ³ /m ² d	15	85% BOF-fjerning	4)
	Fra Bruce et al. (17). England-kontinentet		5-6	<30 g SS/l og 20 g BOF/l midlere utslippskrav	5)
Ved etterfølgende fellingsstrinn anbefaler Varim (61) 50 g BOF/m ² d og 20 minutters oppholdstid.					1)
Størsteparten av BOF ₇ fjernes + nitrifikasjon. Biorotor er siste behandlingstrinn.	Fra Antonie et al. (6) >13°C	~0,1 m ³ /m ² d	~12	Nitrifikasjonen starter	6)
	Fra Antonie et al. (6) >13°C	~0,05 m ³ /m ² d	~7	80% nitrogenfjerning	6)

- 1) Dimensjoneringsdata utarbeidet av representater fra produsentene av små renseanlegg i Sverige.
- 2) Basert på Pöpel og Hartmanns arbeider, fra figur 16.
- 3) Fra Märkis forsøk i Zürich, 4-trinns anlegg, fra figur 21.
- 4) Fra Antonies arbeid i Pewaukee, fra figur 19.
- 5) Fra Bruces forsøk i England. Nitrifikasjon er registrert med temperaturer >10 °C.
- 6) Fra Antonies arbeid i Pewaukee, fra figur 23.

Organiske belastninger og rensgraden i tabell 32 og 33 er hovedsaklig basert på relativt høye temperaturer (10-12 °C).

I Norge er avløpsnettene av svært varierende kvalitet, og p.g.a. infiltrasjonsvannets lave temperatur i vinterhalvåret, vil spillvannet komme ned i temperaturer på 3-4 °C, avhengig av nettets kvalitet. Denne lave temperaturen må det korrigeres for ved dimensjonering. For å vurdere temperaturens innflytelse på en biologisk prosess, er en modifikasjon av

Van't Hoff-Arrhenius ligning mest brukt:

$$K_T = K_{15} \cdot \theta^{(T-15)} \quad (25)$$

Fra Pöpel (43) foreslår en at en bruker følgende sammenheng mellom organisk belastning på biorotoren og temperaturen, se tabell 35.

Tabell 34. Eksempel på temperatur og organisk belastning for BR (Pöpel (43))

Temperatur °C	Organisk bel. g BOF ₇ /m ² d
15	30
10	22
5	11

4.4.3 Slamproduksjon

Rislefilter

Bruce (13) har målt slamproduksjonen for rislefilter. I middelerdi ble den for Flocor funnet lik 0,87 kg TS/kg BOF₅ fjernet (~0,75 kg TS/kg BOF₇ fjernet).

Fra forsøkene i Särner (53) fant man en slamproduksjon lik 1,09 kg TS/kg BOF₇ fjernet.

Ved forsøkene på Kjeller ble slamproduksjonen funnet lik 1,45 kg TS/KOF fjernet (~2,6 kg TS/kg BOF₇ fjernet).

Biorotor

Fra Märkis' forsøk (39), figur 25, er slamproduksjonen ved en hydraulisk belastning på 0,12 m³/m²d funnet lik 0,34 kg TS/kg BOF₅ tilført. Ved 70% BOF₅ fjerning tilsvarer dette 0,40 kg TS/kg BOF₅ fjernet (~0,42 kg TS/kg BOF₇ fjernet).

Fra Antonie (4), figur 26, finner man ved temperatur >10 °C og 70% BOF₅ fjerning (organisk belastning ~40 g BOF₇/m²d) en slamproduksjon lik 0,9 kg TS/kg BOF₅ fjerning (~0,77 kg TS/kg BOF₇ fjernet). For lavere temperaturer finner Antonie en høyere slamproduksjon.

For biorotoren på Kjeller har man funnet en slamproduksjon lik 0,75 kg TS/kg KOF fjernet ($\sim 1,35$ kg TS/kg BOF₇ fjernet).

Ved beregning av slamproduksjonen fra forsøkene på Kjeller, er tap av suspendert stoff i utløpsvannet tatt med. Det samme gjelder sannsynligvis ikke dataene fra litteraturen, men ved disse har innholdet av suspendert stoff i utløpsvannet vært svært lavt, sammenlignet med Kjellerforsøkene.

I den perioden som slamproduksjonen ble målt på Kjeller, hadde man store avrivninger av biomasse fra biorotor og rislefilter. Dette medfører stor usikkerhet i resultatene.

Figur 61 og 62 viser rislefilter og biorotor fra denne perioden.

5 ANBEFALINGER

Forbehold

Som det framgår av denne rapport, er det mange forhold som påvirker resultatene ved biologisk og kjemisk rensing av avløpsvann. De utførte forsøk har ikke vært hverken omfattende nok eller langvarige nok for at sikre konklusjoner kan trekkes. Litteraturdata er også vanskelig å støtte seg til, da de går i ulike retninger.

Gjennom dette prosjektet har en imidlertid fått betydelig erfaring med de studerte rensesprosesser, og en har også ved litteraturstudier fått god kjennskap til andres arbeider.

I dette avsnitt vil det derfor bli gjort et forsøk på å sammenfatte disse erfaringene i konkrete anbefalinger. En er fullt klar over at grunnlaget for en del av anbefalingene er spinkelt. Anbefalingene bør derfor oppfattes som beste skjønn på det nåværende tidspunkt.

Belastninger

Rensegrader er ved både biorotor og rislefilter sterkt avhengig av organisk belastning. Avhengigheten av belastning er vesentlig sterkere enn for aktivt slamprosessen. Ved dimensjonering må en derfor legge vekt på variasjoner i organisk belastning.

- Rensegraden er ved både biorotor og rislefilter sterkt avhengig av avløpsvannets temperatur når denne synker under 12-15 °C. Avhengigheten av temperaturen er vesentlig sterkere enn for aktivt slamprosessen. Ved dimensjonering må en derfor legge vekt på avløpsvannets temperaturforhold.
- Biorotoranlegg som alene skal gi god fjerning (minst 80-90% rensesgrad) av lett nedbrytbart organisk stoff (BOF_7), bør ved avløps-temperaturer på ca. 15 °C ikke dimensjoneres for høyere belastninger enn 20 g $\text{BOF}_7/\text{m}^2\text{d}$.
- Biorotoranlegg bør deles opp i minst 2, helst 4 separate trinn for å unngå hydrauliske kortslutninger.

- Rislefilter med steinfylling som alene skal gi god fjerning (minst 80-90% rensegrad) av lett nedbrytbart organisk stoff (BOF_7), bør ved avløpstemperaturer på ca. 15°C ikke dimensjoneres for høyere belastninger enn $0,5 \text{ kg BOF}_7/\text{m}^3\text{d}$.
- Rislefilter med plastmedium av stor spesifikk overflate tåler høyere belastninger enn rislefilter med steinfylling. Stor spesifikk overflate gir imidlertid ingen garanti for stor kapasitet. Strømningsforholdene gjennom filtermaterialet er av stor betydning. Rislefilter med plastmedium (spesifikk overflate på minst $100 \text{ m}^2/\text{m}^3$) synes å kunne dimensjoneres for dobbelt så store organiske belastninger som rislefilter med steinfylling.
- Man har ikke kunnet påvise noen entydig økning i fjerning av organisk materiale ved resirkulering over rislefilteret. Behov for resirkulering vil imidlertid tvinge seg fram p.g.a. de praktiske forhold, f.eks. for å opprettholde tilstrekkelig hydraulisk belastning.
- Ved et fellingstrinn etter rislefilter/biorotor vil det biologiske trinnet kunne tåle en høyere organisk belastning enn ved et biologisk trinn alene (under forutsetning av samme reduksjon av organisk stoff). Rensegraden vil være avhengig av belastningen. Hvor høyt det er forsvarlig å belaste et rislefilter eller en biorotor i kombinasjon med kjemisk felling, er uklart.
Basert på nåværende erfaringer, synes det ikke å være aktuelt med en høyere belastning enn:

Rislefilter: $2 \text{ kg BOF}_7/\text{m}^3\text{d}$ ($22 \text{ g BOF}_7/\text{m}^2\text{d}$)
Biorotor: $55 \text{ g BOF}_7/\text{m}^2\text{d}$.

Ved høyere organisk belastning vil man få en fjerning av BOF_7 som omtrent tilsvarer den ved et mekanisk/kjemisk anlegg.

- Oppgitte organiske belastninger for rislefilter/biorotor er basert på en avløpstemperatur på 15°C . Ved lavere temperaturer må man bruke en korreksjonsfaktor. Pöpel (43) anbefaler følgende:

Temperatur	Korreksjonsfaktor
15°C	1
10°C	0,73
5°C	0,37

- Variasjoner i organisk belastning er større ved mindre renseanlegg enn ved større. Belastninger angitt ovenfor gjelder anlegg der den organiske belastningen er likt fordelt over døgnet 24 timer. For å kompensere for variasjonene i organisk belastning, har man i Tyskland foreslått å redusere belastningene i forhold til anleggets størrelse. Dataene er omregnet til reduksjonsfaktorer. De henfører seg til biorotoranlegg, men burde også kunne brukes ved rislefilteranlegg.

Anleggs-størrelse Antall pe tilkn.	Reduksjonsfaktor for til- latt organisk belastning
<400	0,67
400-1500	0,77
1500-5000	0,77-0,83
5000-10 000	0,83-0,91
>10 000	1,0

Dersom renseanleggene er forsynt med utjevningsbasseng, bortfaller selvsagt behovet for bruk av ovennevnte reduksjonsfaktorer.

Dosering

- Nødvendig dosering av fellingskjemikalier til prosesskombinasjonene, rislefilter + felling, biorotor + felling og aktivt slam + felling, viser ingen vesentlig forskjell. En har ikke kunnet registrere noen reduksjon i nødvendig doseringsmengde til et mekanisk/høybelastet biologisk/kjemisk anlegg sammenlignet med et mekanisk/kjemisk anlegg. Kun i de tilfeller der man i det biologiske trinnet har nitrifikasjon (lavbelastet, høy temperatur) med tilsvarende alkalitetsreduksjon, vil behovet for fellingskjemikalier synke.

Slam

- Blandslammet (biologisk + kjemisk) avvanningsegenskaper synes for alle de 3 typene biologisk rensing (rislefilter, biorotor og aktivt slam) å være fullstendig dominert av det kjemiske slammet. En finner ingen vesentlig forskjell på de tre slamtypene.

- Data over slamproduksjonen fra rislefilter og biorotor varierer svært mye. Slamproduksjonen fra rislefilter er vist å være avhengig av belastningen, og det er all grunn til å tro at det samme gjelder biorotor. Basert på litteraturdata, vil et normalbelastet (steinfylling: $0,5 \text{ kg BOF}_7/\text{m}^3\text{d}$) rislefilter ha en omtrentlig slamproduksjon på ca. $0,5 \text{ kg TS/kg BOF}_7$ fjernet, mens et høybelastet (plastfylling: $21 \text{ kg BOF}_7/\text{m}^3\text{d}$) rislefilter vil ha en slamproduksjon på ca. 1 kg TS/kg BOF_7 fjernet. Data for biorotor tyder på at slamproduksjonen ikke vil ligge høyere enn for rislefilter. Til sammenligning kan nevnes at slamproduksjonen for en lavbelastet aktivt slamprosess er $\sim 0,4 \text{ kg TS/kg BOF}_7$ fjernet og for en høybelastet $\sim 0,8 \text{ kg TS/kg BOF}_7$ fjernet.

Drift

- Rislefilter og spesielt biorotor har lavere energiforbruk enn aktivt slamanlegg. I størrelsesorden vil energiforbruket for rislefiltere være lik $0,4 \text{ kWh/kg BOF}_7$ fjernet for biorotoren lik $0,2 \text{ kWh/kg BOF}_7$ fjernet. Graden av resirkulering over filteret og type rotor-materiale vil selvsagt gjøre utslag. Sålenge anlegget er lite, vil differansen i energiutgifter bety lite sammenlignet med kostnadene til betjening.
- Biorotor er driftsmessig svært enkel. Det samme gjelder for såvidt også rislefilter, men for et lite anlegg er en noe betenkt over fordelingssystemet for avløpsvannet. Fastsittende dyser har ved forsøkene ikke vært noen god løsning med tanke på driftssikkerhet og spredning over hele filteroverflaten.
- Ved forstyrrelser (f.eks. utslipp av giftstoffer) som påvirker den biologiske kulturens sammensetning og egenskaper kan en regne med mer langvarige driftsforstyrrelser ved aktivt slamprosessen enn ved rislefilter og biorotor.
- Ved et lavbelastet biologisk trinn vil man få nitrifikasjon. Dette resulterer i nedsatt pH og alkalitet. Ved et etterfølgende fellingstrinn kan dette føre til problemer hvis man ikke har noen mulighet for pH eller alkalitetsjustering.

6 LITTERATURLISTE

1. Analysemetoder for biokjemiske oksygenforbruk og øyeblikkelig oksygenforbruk. XK-03. Del C2: Laboratorieprosedyrer for bestemmelse av BOF etter manometrisk metode. (1973).
2. Andersson, B. og Särner, E.:
Optimering av enhetsprocesskombinasjoner. Sluttrapport, Bulletin serie VA nr. 14, Lund, 1976.
3. Antonie, R.L.: Application of the BIO-DISC Process to Treatment of Domestic Wastewater. Paper presented in part at 43rd Annual Conference of the Water Pollution Control, Fed. Boston Mass (Oct. 4.-9., 1970).
4. Antonie, R.L.: Application of Rotating Disc Process to Municipal Wastewater treatment. Water Pollution Research. Ser. 17050 DAM 11/71.
5. Antonie, R.L.: Factors Affecting BOD Removal and Nitrification in the BIO-DISC Process. Paper presented at the Annual Meeting of the Central States Water Pollution Control Assn., Milwaukee, Wis. (June 14.-16. 1972).
6. Antonie, R.L., Kluge, D.L. and Mielke, J.H.:
Evaluation of a rotating disc wastewater treatment plant. Journal WPCF, 46, No. 3, pp. 498-(1974).
7. Askew, M.W. Plastics in waste treatment. Process Biochem (Brit) 2, 1, pp. 31- (1967)
8. Atkinson, B., Busch, A.W. and Dawkins, G.S.:
Resirculation, reaction kinetics and effluent quality in a trickling filterflow model. J. Wat. Pollut. Control Fed. 35 1307 (1963).
9. Adoin, L. Barabe, J.P., Brebion, G. and Huriet, B.:
The use of plastic material as a medium treating domestic sewage. 5th International Water Pollution Research. Conference (July - August 1970).
10. Baker, J.M. and Groves, Q.B.:
Recent approach for trickling filter design. J. sanit. Engn. Div. Am.S. Civ. Engrs. 94 SA1, pp. 65- (1968).
11. Baskerville, R.S. and Gale, R.C.:
A simple automatic instrument for determining the filtrability of sewage sludges. Water Pollution Control, 73, pp. 138- (1968).
12. Bruce, A.M. and Boon, A.G.:
Aspects of high-rate biological treatment of domestic and industrial waste water. Wat. Pollut Control 70, pp. 487- (1971).

13. Bruce, A.M. and Merkens, J.C.:
Further studies of Partial treatment of Sewage by High-Rate Biological Filtration. Wat. Poll. Contr., 72, pp. 499- (1973).
14. Bruce, A.M. and Merkens, J.C.:
Recent Studies of High-Rate Biological Filtration. Water Poll. Contr. London, 69, pp. 113- (1970).
15. Bruce, A.M., Brown, B.L. and Mann, H.T.:
Some developments in the Treatment of sewage from small Communities. Public Health Engineer no. 3, pp. 116- (1973).
16. Bruce, A.M.: Some factors affecting the efficiency of high-rate biological filters. 5th International Water Pollution Research Conference (July - August 1970).
17. Bruce, A.M. et al.:
Developments in the Treatment of sewage from small Communities. Notes on Water Pollution, 60 (march 1973).
18. Bruce, A., Wing and Steinfeldt, W.M.:
A comparison of stone-packed and plastic-packed trickling filters. Journal WPCF, 42, pp. 255- (1970).
19. Chesner, W.H. and Molof, A.H.:
Biological rotating disc scale-up design: dissolved oxygen-effects. Prog. Wat. Techn. Vol. 9, pp. 811- (1977).
20. Chipperfield, P.N.J.: The development, use and future of plastics in biological treatment. Effluent and Water treatment Manuel. Ed. Vindall, H. E. 4th Edn. Thunderbird Enterprises Ltd. London (1968).
21. Damhaug, T.: Etersedimentering av aktivt slamprosessen. Litteraturstudium. OT 6/73. NIVA, Blindern (1973).
22. Doman, J.: Results of operation of experimental contact filter with partially submerged rotating plates. Sewage Wks. J. 1, pp. 555- (1929).
23. Eckenfelder, W.W. and Ford, D.L.:
Water Pollution Control: Experimental Procedures for Process Design. Jenkins Book Publishing Co., Austin and New Yourk (1970).
24. Eckenfelder, W.W.: Trickling filtration design and performance. J. sanit, Engng. Div. Amm. Loc. civ. Engrs. 89, SA4. (1964).
25. Eikum, A.L. og Paulsrud, B.:
Stabilisering av kommunalt slam. PRA-brukerrapport nr. 10, (1976).

26. Gale, R.C. and Niemitz, W.:
Recommended international method for assessing the condition-ability of a municipal sewage sludge. In Annual report for COST-prosjekt 68/2, Sludge characterization, EUROCOPI-COST-secreterial, Bruxelles, Belgium. (1974).
27. Hartmann, H.: Der Tauchtropfkörper. Österreichische Wasserwirtschaft. 17, H11/12, pp. 264- (1965).
28. Hartmann, H.: Entwicklung und Betrieb von Tauchtropfkörperanlagen. Gas- und Wasserfach, 101, 12, pp. 281- (1960).
29. Hartmann, H.: Investigation of the Biological Clarification of Wastewater using Immersion Drip. Filters. Stuttgart Report of City Water Economy, Oldenbourg, Munech, 9 (1960).
30. Hartmann, H.: Entwicklung über die biologische Reinigung von Abwass mit Hilfe von Tauschtropfkörpern. Diss. Tech. Hochschule, Stuttgart (1960).
31. Howland, W.E.: Effect of temperature on sewage treatment processes. Sew ind. Wastes 25, pp. 161- (1953).
32. Howland, W.E.: Flow over porous media as in a trickling filter. Proceedings of the 12th Industrial Waste Conference, Purdue University (1957).
33. Johansen, O.J., Grini: En teori og eksperimentell undersøkelse av aktiv-slamprosessens kinetikk i laboriemålestokk. T-3/71, NTH, Institutt for vassbygging (1972).
34. Johansen, O.J. og Paulsrud, B.: "Driftundersøkelse av renseanlegg". NIVA, PRA 2.10, 0-52/75. (1976/1977).
35. Joost, R.H.: Systemation in using the rotating biological surface (RBS) waste treatment process. Proc. 24th ind. Waste Conf. Purdue Univ., pp. 365- (1969).
36. Lamb, R. and Owen, S.G.H.:
A suggested formula for the process of biological filtration. Wat. Pollut. Control 69, 2, pp. 209- (1970)
37. Lunds tekniska högskola: Optimering av enhetsprosesskombinasjonen, Lägesrapport 31/12 (1974).
38. Metcalf & Eddy Inc.: Wastewater engineering. 1. ed. McGraw Hill Book Company, United States of America (1972).
39. Märki, E.: Ergebnisse von Versuchen der EAWAG mit dem Tauchtropfkörper Schweiz. Zeitschrift f, Hydrologie XXVI, 2, pp. 408- (1965).
40. Oleszkiewics, J.A.: Theory and design of high-rate media trickling filters. Prog. Wat. Vol. 9, page 777- (1977).

41. Pallasch, O., Triebel, W. og Müller-Neuhaus, G.:
Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik. Erste Aufgabe. Verlag
von Wilhelm Ernst & Lohn. Berlin - Münschen, Band II (1969).
42. Pöpel, F.: Aufbau, Abbauleistung und Bemessung von Tauchtropfkörpern.
Schweitz, Zeitschrift f. Hydrologi XXVI, Bd. 2, pp. 394- (1962).
43. Pöpel, F.: Die Leistung und Berechnung von Spültropfkörpern, Bei-
hefte z. Ges.-Ing. Reihe II, Heft 21, (1943).
44. Pöpel, F.: Leistung, Berechnung und Gestaltung von Tauchtropfkörper-
anlagen. Stuttgarter berichte zur Siedlungswasserwirtschaft.
Band 11. Kommissionsverlag, R. Oldenbourg (1964).
45. Pöpel, F.: Estimating Construction and Output of Immersion Drip
Filter Plants, Eidg. Techn. Hochschule, Stuttgart, Germany (1963).
46. Roesler, J.F. and Smith, R.:
Trickling filter model, design and cost factors. Ind. Wat. Eng.
6. pp. 46- (1969).
47. Schneider, C.: Trickling filters from Rocks to plastics. Pollution
Engineering, 4-2, pp. 47- (1972).
48. Skoglund, L.: Analysemetoder for måling av aerob biologisk omsetning
av organisk stoff i avløpsvann. Litt. stud. STF21 A76112, SINTEF,
(1976).
49. Utkast til retningslinjer for dimensjonering av kommunale avloppe-
reningsverk, Sverige, (dec. 1971).
50. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
13th ed. APHA.AWWA, WPCF, Wash. D.C. (1971).
51. Sup.-committee report of the National Research Council. Sewage Wks.
J. 18. pp. 787- (1946).
52. Steels, J.H.: Design basis for the Rotating Disc Process. Effluent
and water treatment Journal, no. 14, pp. 431- (1974).
53. Särner, E.: Plastbiobäddar i etterfällingssystem. Bulletin Serie VA
nr. 11, Lund, (mars 1976).
54. The Dow Chemical Company: A literature research and critical analysis
of biological trickling filter studies, vol. I og vol. II,
Environmental Protection Agency, DDY 12/71, (des. 1971).
55. The use of plastic filter media for biological filtration. Notes Pol-
lution No. 40 (Mars 1968).
56. Tomlinson, T.G. and Hall, H.:
Some factors in the treatment of sewage in percolating filters.
J.Proc. Inst. Serv. Purit. 4, pp. 5338- (1950).

57. Traaen, T.: Renneforsøk og laboratorieundersøkelser til belysing av ulike kloakkmetoders virkning på biologiske forhold i resipenter. PRA 2.1. 040/71 H, (1974).
58. Tucek, F., Chudoba, J. and Madera, V.: Unified basis for design of biological aerobical treatment process. Wat. Res. 5. 3 pp. 647- (1971).
59. US EPA, Process design Manual for Nitrogen control, U.S. Environmental Protection Agency, Technology Transfer. (Oct. 1975).
60. US EPA, Process design Manual for upgrading existing Wastewater treatment Plant, U.S. Environmental Protection Agency, Technology Transfer. (Oct. 1975).
61. Varim, Vattenrenningsgruppen inom Sveriges mekanförbund: Avloppsrenningsverk 10-500 Pe, Stockholm. (Nov. 1976).
62. Velz, C.J.: A basic law for the performance of biological filters. Sewage and Industrial Wastes, no. 4, pp. 607- (1948).
63. Wishart, J.M.: Sewage purification - art of science, J. Proc. Inst. Sew. Purif. 4, pp. 282 (1953).
64. Wuhrmann, K.: Hauptwirkungen und Wechselwirkungen einiger Betriebsparameter im Belebtschlammssystem. Ergebnisse mehrjähriger grossversuche, Schweits Z., Hydrol 26, pp. 218- (1964).
65. Øren, K.: Systemanalyse av slamhandtering, delrapp. 1: Slamproduksjon, 0177/76. NIVA, Blindern (1977).

B I L A G

BILAGFORTEGNELSE

	Side:
Bilag 1: Analyseresultater fra hele forsøksperioden (døgnverdier)	124
Bilag 1.1: Kjemisk oksygenforbruk (KOF)	124
Bilag 1.2: Biokjemisk oksygenforbruk (BOF7)	130
Bilag 1.3: Alkalitet (ALK)	131
Bilag 1.4: Suspendert stoff (SS)	135
Bilag 1.5: Flyktig suspendert stoff (FSS)	139
Bilag 1.6: Total fosfor (TOTP)	143
Bilag 1.7: Ortofosfat (PO4P)	147
Bilag 2: Organisk og hydraulisk belastning for de biologiske enhetene	151
Bilag 3: Resultater fra kondisjoneringsforsøk av biologisk-kjemisk (A1) slam	153

oo0oo

Bilag 1: Analyseresultater fra hele forsøks perioden (døgnverdier)

Bilag 1.1: Kjemisk oksygenforbruk (KOF)

BELASTNINGSPERIODE: I

F.O.M: 760524

T.O.M: 760704

```

*****
* I I PARAMETER: KOF ENHET: MG O2/L *
* UKEI DATO I *
* I I FS RF BR AS K1 K2 K3 *
*-----*
* 22 I 760524 I 220 152 138 66 124 110 82 *
* I 760525 I 236 148 154 80 126 100 92 *
* I 760526 I 184 94 90 82 *
* I 760527 I *
* I 760528 I 221 61 65 80 82 *
*-----*
*MIDDEL UKE 22I 215 120 119 73 106 96 85 *
*ST.AV. UKE 22I 19 42 39 7 20 11 5 *
*-----*
* 23 I 760531 I 257 73 100 71 129 113 89 *
* I 760601 I 270 201 189 90 150 156 108 *
* I 760602 I 350 166 160 74 264 244 268 *
* I 760603 I 266 148 94 266 *
* I 760604 I 261 259 223 97 147 85 85 *
*-----*
*MIDDEL UKE 23I 281 175 168 83 168 138 163 *
*ST.AV. UKE 23I 35 67 45 11 49 58 85 *
*-----*
* 24 I 760607 I *
* I 760608 I 319 211 155 101 116 84 79 *
* I 760609 I 266 185 151 90 68 80 *
* I 760610 I 277 197 133 86 74 70 76 *
* I 760611 I 284 224 182 104 98 80 74 *
*-----*
*MIDDEL UKE 24I 287 204 155 97 95 76 77 *
*ST.AV. UKE 24I 20 15 18 8 15 7 2 *
*-----*
* 25 I 760614 I 270 184 134 93 108 82 78 *
* I 760615 I 393 279 231 139 159 145 99 *
* I 760616 I 395 285 233 193 245 133 133 *
* I 760617 I 336 266 192 200 189 123 131 *
* I 760618 I 294 240 182 170 166 88 116 *
*-----*
*MIDDEL UKE 25I 338 251 194 159 173 114 111 *
*ST.AV. UKE 25I 51 37 36 39 45 25 21 *
*-----*
* 26 I 760621 I 368 292 200 134 162 96 *
* I 760622 I 339 223 201 133 131 75 95 *
* I 760623 I 345 269 181 137 153 111 87 *
* I 760624 I 252 149 119 101 115 64 62 *
* I 760625 I 306 230 193 282 165 68 72 *
*-----*
*MIDDEL UKE 26I 322 233 179 157 145 83 79 *
*ST.AV. UKE 26I 40 49 31 64 19 18 13 *
*-----*
* 27 I 760626 I 274 159 129 105 101 58 95 *
* I 760629 I 236 142 106 96 73 63 61 *
* I 760630 I 494 350 271 228 104 107 139 *
* I 760701 I 249 176 144 247 99 97 191 *
* I 760702 I 710 540 540 160 442 448 314 *
*-----*
*MIDDEL UKE 27I 393 273 238 167 164 155 160 *
*ST.AV. UKE 27I 185 153 162 62 140 148 88 *
*-----*

```

BELASTNINGSPERIODE: II F.O.M: 760710 T.O.M: 760825

```

*****
* I I PARAMETER: KOF ENHET: MG O2/L *
* UKEI DATO I *
* I I FS RF BR AS K1 K2 K3 *
*-----*
* 29 I 760712 I 219 181 93 72 54 56 62 *
* I 760713 I 255 118 100 78 63 82 68 *
* I 760714 I 180 95 89 75 63 65 63 *
* I 760715 I 169 84 75 63 60 65 53 *
* I 760716 I 194 75 88 73 57 65 57 *
*-----*
*MIDDEL UKE 29I 203 111 89 72 59 67 61 *
*ST.AV. UKE 29I 31 38 8 5 3 9 5 *
*-----*
* 30 I 760719 I 242 95 103 119 71 73 79 *
* I 760720 I 203 123 58 52 57 57 *
* I 760721 I 292 62 127 155 119 127 *
* I 760722 I 222 76 98 80 60 66 56 *
* I 760723 I 182 44 76 56 38 58 44 *
*-----*
*MIDDEL UKE 30I 228 80 101 94 55 75 73 *
*ST.AV. UKE 30I 38 27 18 38 12 23 29 *
*-----*
* 31 I 760726 I 212 70 96 112 50 74 62 *
* I 760727 I 226 50 102 114 50 84 62 *
* I 760728 I 181 35 75 109 25 47 53 *
* I 760729 I 233 55 95 133 49 77 73 *
* I 760730 I 241 67 153 133 49 85 65 *
*-----*
*MIDDEL UKE 31I 219 55 104 120 45 73 63 *
*ST.AV. UKE 31I 21 13 26 11 10 14 6 *
*-----*
* 32 I 760802 I 213 80 106 152 58 70 64 *
* I 760803 I 250 70 102 122 58 48 64 *
* I 760804 I 197 59 85 123 57 61 61 *
* I 760805 I 183 67 95 115 55 67 55 *
* I 760806 I 234 74 80 128 58 54 56 *
*-----*
*MIDDEL UKE 32I 215 70 94 128 57 60 60 *
*ST.AV. UKE 32I 24 7 10 13 1 8 4 *
*-----*
* 33 I 760809 I 270 87 120 213 85 73 85 *
* I 760810 I 242 66 96 230 80 58 98 *
* I 760811 I 237 58 91 187 64 52 80 *
* I 760812 I 211 65 93 179 55 57 71 *
* I 760813 I 204 73 115 229 49 49 61 *
*-----*
*MIDDEL UKE 33I 233 70 103 208 71 58 79 *
*ST.AV. UKE 33I 24 10 12 21 12 8 13 *
*-----*
* 34 I 760816 I 211 89 97 139 95 55 47 *
* I 760817 I 268 94 110 116 101 62 56 *
* I 760818 I 247 91 101 97 139 61 57 *
* I 760819 I 242 106 130 84 88 58 48 *
*-----*
*MIDDEL UKE 34I 242 95 110 109 106 59 52 *
*ST.AV. UKE 34I 20 7 13 21 20 3 5 *
*-----*
* 35 I 760823 I 300 116 136 176 114 62 78 *
* I 760824 I 282 82 108 116 80 64 48 *
* I 760825 I 230 90 118 142 90 68 64 *
* I I *
* I I *
*-----*
*MIDDEL UKE 35I 271 96 121 145 95 71 63 *
*ST.AV. UKE 35I 30 15 12 25 14 8 12 *
*-----*

```

BELASTNINGSPERIODE: III F.O.M: 760826 T.O.M: 761013

```

*****
* I I PARAMETER: KOF ENHET: MG O2/L *
* UKEI DATO I *
* I I FS RF BR AS K1 K2 K3 *
*-----*
* 35 I I *
* I I *
* I I *
* I 760826 I 239 85 117 142 79 61 40 *
* I 760827 I 233 76 118 158 82 54 44 *
*-----*
*MIDDEL UKE 35I 236 81 118 150 81 58 42 *
*ST.AV. UKE 35I 3 5 1 8 2 4 2 *
*-----*
* 36 I 760830 I 302 119 150 137 90 52 *
* I 760831 I 290 73 108 116 77 61 43 *
* I 760901 I 301 73 117 97 52 75 37 *
* I 760902 I 334 118 134 110 117 100 54 *
* I 760903 I 206 144 112 106 102 56 40 *
*-----*
*MIDDEL UKE 36I 287 105 124 113 87 76 45 *
*ST.AV. UKE 36I 43 28 16 13 25 17 7 *
*-----*
* 37 I 760906 I 276 126 114 148 117 46 28 *
* I 760907 I 256 120 112 134 162 50 34 *
* I 760908 I 298 95 145 145 91 54 44 *
* I 760909 I 270 81 129 175 68 66 46 *
* I 760910 I 238 60 111 111 48 40 26 *
*-----*
*MIDDEL UKE 37I 268 96 122 151 97 51 36 *
*ST.AV. UKE 37I 20 24 13 15 40 9 8 *
*-----*
* 39 I 760920 I *
* I 760921 I *
* I 760922 I 336 108 146 234 66 74 70 *
* I 760923 I *
* I 760924 I *
*-----*
*MIDDEL UKE 39I *
*ST.AV. UKE 39I *
*-----*
* 40 I 760927 I *
* I 760928 I *
* I 760929 I 320 87 163 143 51 65 43 *
* I 760930 I *
* I 761001 I *
*-----*
* 41 I 761004 I *
* I 761005 I *
* I 761006 I 316 60 128 126 66 70 76 *
* I 761007 I *
* I 761008 I *
*-----*

```

BELASTNINGSPERIODE: IV F.O.M: 761014 T.O.M: 761210

```

*****
* I I PARAMETER: KOF ENHET: MG O2/L *
* UKEI DATO I *
* I I FS RF BR AS K1 K2 K3 *
*-----*
* 43 I 761018 I *
* I 761019 I *
* I 761020 I *
* I 761021 I 108 35 65 67 33 37 37 *
* I 761022 I *
*-----*
* 44 I 761025 I 132 54 72 83 40 38 36 *
* I 761026 I 195 55 71 93 63 47 45 *
* I 761027 I 292 84 100 100 114 100 52 *
* I 761028 I 416 178 136 88 238 190 40 *
* I 761029 I 524 288 266 100 328 290 50 *
*-----*
*MIDDEL UKE 44I 312 132 129 93 157 133 45 *
*ST.AV. UKE 44I 143 90 72 7 110 95 6 *
*-----*
* 45 I 761101 I 483 413 191 105 421 235 *
* I 761102 I 584 348 260 102 430 294 66 *
* I 761103 I 496 270 168 100 348 230 70 *
* I 761104 I 206 116 84 108 184 96 70 *
* I 761105 I *
*-----*
*MIDDEL UKE 45I 442 287 176 104 346 214 69 *
*ST.AV. UKE 45I 142 111 63 3 99 72 2 *
*-----*
* 47 I 761115 I 457 280 367 > 999 363 375 *
* I 761116 I 509 340 386 400 382 399 158 *
* I 761117 I 548 382 395 498 412 442 192 *
* I 761118 I 517 318 356 441 399 411 163 *
* I 761119 I 597 340 425 206 420 458 150 *
*-----*
*MIDDEL UKE 47I 526 332 386 509 395 417 166 *
*ST.AV. UKE 47I 46 33 24 264 21 30 16 *
*-----*
* 48 I 761122 I *
* I 761123 I 514 *
* I 761124 I *
* I 761125 I *
* I 761126 I *
*-----*
* 50 I 761206 I 313 217 143 87 *
* I 761207 I 371 143 175 117 191 169 97 *
* I 761208 I 286 152 120 110 114 140 100 *
* I 761209 I 206 70 98 72 78 88 *
* I 761210 I 208 96 140 94 56 76 62 *
*-----*
*MIDDEL UKE 50I 277 115 145 105 130 121 87 *
*ST.AV. UKE 50I 63 34 23 9 64 37 13 *
*-----*

```

BELASTNINGSPERIODE: I F.O.M: 760524 T.O.M: 760704

```

*****
* I I PARAMETER: KOF,FILTR. ENHET: MG O2/L *
* UKEI DATO I *
* I I FS RF BR AS K1 K2 K3 *
*-----*
* 23 I 760531 I *
* I 760601 I 220 74 88 128 94 *
* I 760602 I 196 88 66 70 130 162 114 *
* I 760603 I 120 108 102 88 68 62 224 *
* I 760604 I 116 110 98 80 68 66 64 *
*-----*
*MIDDEL UKE 23I 163 102 89 78 89 105 124 *
*ST.AV. UKE 23I 46 10 16 7 25 42 60 *
*-----*
* 24 I 760607 I *
* I 760608 I 145 117 80 93 65 61 63 *
* I 760609 I 134 66 62 66 *
* I 760610 I *
* I 760611 I *
*-----*
*MIDDEL UKE 24I 140 66 62 65 *
*ST.AV. UKE 24I 6 1 1 2 *
*-----*
* 26 I 760621 I *
* I 760622 I *
* I 760623 I *
* I 760624 I 85 82 *
* I 760625 I 83 80 *
*-----*
*MIDDEL UKE 26I 84 81 *
*ST.AV. UKE 26I 1 1 *
*-----*
* 27 I 760628 I 107 97 *
* I 760629 I 100 84 *
* I 760630 I 230 186 *
* I 760701 I *
* I 760702 I 310 306 *
*-----*
*MIDDEL UKE 27I 187 168 *
*ST.AV. UKE 27I 88 89 *
*-----*

```

BELASTNINGSPERIODE: II F.O.M: 760710 T.O.M: 760825

```

*****
* 29 I 760712 I 89 74 *
* I 760713 I 90 84 *
* I 760714 I *
* I 760715 I 63 53 *
* I 760716 I 57 73 *
*-----*
*MIDDEL UKE 29I 75 71 *
*ST.AV. UKE 29I 15 11 *
*-----*
* 30 I 760719 I 61 73 *
* I 760720 I *
* I 760721 I 50 67 *
* I 760722 I 50 74 *
* I 760723 I 44 70 *
*-----*
*MIDDEL UKE 30I 51 71 *
*ST.AV. UKE 30I 6 3 *
*-----*
* 31 I 760726 I 48 80 *
* I 760727 I 34 80 *
* I 760728 I 23 61 *
* I 760729 I 41 75 *
* I 760730 I *
*-----*
*MIDDEL UKE 31I 37 74 *
*ST.AV. UKE 31I 9 8 *
*-----*

```


BELASTNINGSPERIODE: IV F.O.M: 761014 T.O.M: 761210

```

*****
* I I PARAMETER: KOF,FILTR. ENHET: MG O2/L *
* UKEI DATO I *
* I I FS RF BR AS K1 K2 K3 *
*-----*
* 45 I 761101 I *
* I 761102 I *
* I 761103 I 376 350 *
* I 761104 I *
* I 761105 I *
*-----*
* 47 I 761115 I 375 285 301 150 349 351 *
* I 761116 I 407 320 312 157 336 386 149 *
* I 761117 I 358 360 318 171 405 388 173 *
* I 761118 I 398 313 323 162 396 420 162 *
* I 761119 I 467 315 349 151 410 436 149 *
*-----*
*MIDDEL UKE 47I 401 319 321 158 379 396 158 *
*ST.AV. UKE 47I 37 24 16 8 31 30 10 *
*-----*
* 50 I 761206 I 229 211 115 83 *
* I 761207 I 182 132 122 106 172 102 86 *
* I 761208 I 115 79 99 95 93 81 83 *
* I 761209 I 78 58 90 72 64 72 *
* I 761210 I 100 58 94 82 61 57 68 *
*-----*
*MIDDEL UKE 50I 141 82 105 93 122 84 78 *
*ST.AV. UKE 50I 56 30 12 9 59 22 7 *
*-----*

```


Bilag 1.3: Alkalitet (ALK)

BELASTNINGSPERIODE: I F.O.M: 760524 T.O.M: 760704

```

*****
* I I PARAMETER: ALK ENHET: ML .1NHCL/L *
* UKEI DATO I FS RF BR AS K1 K2 K3 *
* I I *
*-----*
* 22 I 760524 I 4.50 *
* I 760525 I 4.80 4.00 4.60 4.90 3.30 3.40 4.30 *
* I 760526 I 4.40 3.60 3.50 3.80 *
* I 760527 I *
* I 760528 I 4.80 3.20 3.50 *
*-----*
*MIDDEL UKE 22I 4.62 3.40 3.47 3.93 *
*ST.AV. UKE 22I 0.17 0.15 0.04 0.26 *
*-----*
* 23 I 760531 I 4.90 6.30 5.70 3.70 3.50 3.30 *
* I 760601 I 3.80 5.20 3.30 3.00 2.70 *
* I 760602 I 3.30 5.00 5.00 4.50 2.10 2.10 1.90 *
* I 760603 I 4.80 4.80 4.90 4.60 3.20 2.20 2.10 *
* I 760604 I 4.90 4.90 5.10 3.60 3.60 3.60 *
*-----*
*MIDDEL UKE 23I 4.34 5.25 5.17 4.76 3.18 2.88 2.72 *
*ST.AV. UKE 23I 0.66 0.61 0.31 0.30 0.57 0.63 0.65 *
*-----*
* 24 I 760607 I *
* I 760608 I 4.90 5.00 5.10 5.10 *
* I 760609 I 4.90 5.00 5.00 *
* I 760610 I 4.80 3.80 4.90 5.00 *
* I 760611 I 4.90 4.80 5.00 5.00 *
*-----*
*MIDDEL UKE 24I 4.87 4.65 5.00 5.03 *
*ST.AV. UKE 24I 0.04 0.49 0.07 0.04 *
*-----*
* 25 I 760614 I 6.32 6.30 6.22 5.72 *
* I 760615 I 5.20 4.96 5.18 5.82 *
* I 760616 I 4.84 4.66 4.88 5.00 *
* I 760617 I 4.14 4.32 4.40 4.56 *
* I 760618 I 4.56 4.52 4.24 4.46 *
*-----*
*MIDDEL UKE 25I 5.01 4.95 4.98 5.11 *
*ST.AV. UKE 25I 0.74 0.70 0.70 0.56 *
*-----*
* 26 I 760621 I 4.38 4.32 4.36 4.56 *
* I 760622 I 4.62 4.60 4.56 4.64 *
* I 760623 I 4.24 4.14 4.26 4.22 *
* I 760624 I 4.38 1.76 4.34 4.20 *
* I 760625 I 4.20 3.98 4.28 4.32 *
*-----*
*MIDDEL UKE 26I 4.36 3.76 4.36 4.38 *
*ST.AV. UKE 26I 0.14 1.02 0.10 0.17 *
*-----*
* 27 I 760628 I 4.50 4.30 4.22 4.46 *
* I 760629 I 4.29 4.14 4.00 4.70 *
* I 760630 I 2.72 2.43 3.16 3.48 *
* I 760701 I 4.07 3.66 3.86 3.94 *
* I 760702 I 1.53 2.12 2.63 4.84 *
*-----*
*MIDDEL UKE 27I 3.42 3.33 3.57 4.28 *
*ST.AV. UKE 27I 1.13 0.89 0.59 0.50 *
*-----*

```

BELASTNINGSPERIODE: II F.O.M: 760710 T.O.M: 760825

```

*****
* I I PARAMETER: ALK ENHET: ML .1NHCL/L *
* UKEI DATO I *
* I I FS RF BR AS K1 K2 K3 *
*-----*
* 29 I 760712 I 4.45 4.07 3.85 4.54 *
* I 760713 I 4.60 2.94 3.96 4.64 *
* I 760714 I 4.34 1.40 3.55 4.16 *
* I 760715 I 3.60 0.82 3.08 3.32 *
* I 760716 I 4.88 1.15 4.05 2.93 *
*-----*
*MIDDEL UKE 29I 4.37 2.07 3.69 3.91 *
*ST.AV. UKE 29I 0.42 1.23 0.35 0.67 *
*-----*
* 30 I 760719 I 4.34 1.53 3.68 1.33 *
* I 760720 I 4.00 2.95 3.84 1.31 *
* I 760721 I 4.64 0.75 4.04 1.03 *
* I 760722 I 4.78 0.46 3.86 0.92 *
* I 760723 I 4.54 0.45 3.90 0.76 *
*-----*
*MIDDEL UKE 30I 4.46 1.22 3.87 1.07 *
*ST.AV. UKE 30I 0.27 0.94 0.12 0.22 *
*-----*
* 31 I 760726 I 4.74 0.48 3.86 0.36 *
* I 760727 I 4.58 0.14 3.84 0.36 *
* I 760728 I 4.29 0.08 3.69 0.49 *
* I 760729 I 4.56 3.61 0.36 *
* I 760730 I 5.23 4.40 0.51 *
*-----*
*MIDDEL UKE 31I 4.68 0.23 3.88 0.41 *
*ST.AV. UKE 31I 0.31 0.17 0.27 0.06 *
*-----*
* 32 I 760802 I 5.82 1.13 4.73 0.77 *
* I 760803 I 3.23 0.93 2.50 0.69 *
* I 760804 I 4.52 1.39 3.43 0.67 *
* I 760805 I 5.09 2.59 4.08 1.09 *
* I 760806 I 4.36 2.42 2.99 0.93 *
*-----*
*MIDDEL UKE 32I 4.60 1.69 3.54 0.83 *
*ST.AV. UKE 32I 0.85 0.68 0.78 0.15 *
*-----*
* 33 I 760809 I 4.57 2.38 3.62 1.01 *
* I 760810 I 4.61 2.34 3.82 1.60 0.38 *
* I 760811 I 4.55 2.30 3.90 1.96 *
* I 760812 I 4.38 1.96 3.60 1.33 *
* I 760813 I 4.67 2.02 3.84 0.85 2.30 *
*-----*
*MIDDEL UKE 33I 4.55 2.20 3.75 1.35 *
*ST.AV. UKE 33I 0.09 0.17 0.12 0.40 *
*-----*
* 34 I 760816 I 4.34 2.93 3.66 1.90 2.10 2.16 0.49 *
* I 760817 I 4.32 2.93 3.72 1.60 2.63 2.26 0.32 *
* I 760818 I 4.32 2.95 4.04 1.45 2.57 2.40 0.21 *
* I 760820 I 4.36 2.70 3.94 0.94 2.59 2.53 *
*-----*
*MIDDEL UKE 34I 4.33 2.87 3.84 1.47 2.47 2.33 0.34 *
*ST.AV. UKE 34I 0.01 0.10 0.15 0.34 0.21 0.14 0.11 *
*-----*
* 35 I 760823 I 4.34 2.72 4.02 1.64 2.57 2.68 0.02 *
* I 760824 I 4.16 2.28 3.88 2.58 1.82 2.49 0.82 *
* I 760825 I 4.54 2.08 3.84 2.28 1.69 2.19 0.72 *
* I I *
* I I *
*-----*
*MIDDEL UKE 35I 4.34 2.36 3.91 2.16 2.02 2.45 0.52 *
*ST.AV. UKE 35I 0.15 0.26 0.07 0.39 0.38 0.20 0.35 *
*-----*

```

BELASTNINGSPERIODE: III F.O.M: 760826 T.O.M: 761013

```

*****
* I I PARAMETER: ALK ENHET: ML .1NHCL/L *
* UKEI DATO I FS RF BR AS K1 K2 K3 *
* I I *
*-----*
* 35 I I *
* I I *
* I I *
* I 760826 I 4.58 1.82 2.96 2.20 1.86 1.96 *
* I 760827 I 4.48 0.72 2.16 2.26 0.82 1.16 0.08 *
*-----*
*MIDDEL UKE 35I 4.53 1.27 2.56 2.23 1.34 1.56 *
*ST.AV. UKE 35I 0.05 0.55 0.40 0.02 0.52 0.40 *
*-----*
* 36 I 760830 I 4.82 1.88 3.62 1.84 0.84 2.40 0.37 *
* I 760831 I 4.36 1.66 3.70 1.58 1.28 2.40 0.14 *
* I 760901 I 4.44 1.76 4.00 1.18 0.98 2.94 0.05 *
* I 760902 I 4.40 2.80 4.18 1.42 2.28 2.98 0.03 *
* I 760903 I 4.65 2.82 3.46 1.92 2.20 2.00 0.01 *
*-----*
*MIDDEL UKE 36I 4.53 2.18 3.79 1.58 1.51 2.54 0.12 *
*ST.AV. UKE 36I 0.17 0.51 0.26 0.27 0.60 0.36 0.13 *
*-----*
* 37 I 760906 I 4.66 3.28 1.52 2.04 2.94 *
* I 760907 I 4.40 2.84 0.86 2.44 3.12 *
* I 760908 I 4.24 2.16 2.86 2.56 2.14 0.78 1.02 *
* I 760909 I 4.48 1.64 3.60 2.64 1.28 2.04 0.56 *
* I 760910 I 2.88 0.44 2.34 0.16 0.72 0.20 *
*-----*
*MIDDEL UKE 37I 4.13 2.07 2.23 2.42 1.92 1.18 0.59 *
*ST.AV. UKE 37I 0.64 0.99 0.96 0.23 1.09 0.60 0.33 *
*-----*
* 39 I 760920 I *
* I 760921 I *
* I 760922 I 4.42 1.08 4.36 1.42 0.51 2.98 0.34 *
* I 760923 I *
* I 760924 I *
*-----*
* 40 I 760927 I *
* I 760928 I *
* I 760929 I 4.64 1.30 4.52 1.18 0.47 2.51 2.54 *
* I 760930 I *
* I 761001 I *
*-----*
* 41 I 761004 I *
* I 761005 I *
* I 761006 I 3.12 0.01 3.14 1.42 0.13 1.03 0.68 *
* I 761007 I *
* I 761008 I *
*-----*

```

BELASTNINGSPERIODE: IV F.O.M: 761014 T.O.M: 761210

```

*****
* I I PARAMETER: ALK ENHET: ML .1NHCL/L *
* UKEI DATO I *
* I I FS RF BR AS K1 K2 K3 *
*-----*
* 43 I 761018 I *
* I 761019 I *
* I 761020 I *
* I 761021 I 2.65 0.46 1.16 1.72 0.23 0.09 1.18 *
* I 761022 I *
*-----*
* 44 I 761025 I 3.25 1.01 1.59 2.22 0.71 0.36 1.25 *
* I 761026 I 3.99 1.73 3.03 2.45 1.21 1.59 1.47 *
* I 761027 I 4.75 2.36 4.63 2.48 1.61 2.62 1.28 *
* I 761028 I 5.45 2.48 5.59 2.59 2.09 3.31 1.08 *
* I 761029 I 6.17 3.51 6.47 2.72 2.54 3.87 1.13 *
*-----*
*MIDDEL UKE 44I 4.71 2.21 4.26 2.49 1.63 2.35 1.24 *
*ST.AV. UKE 44I 1.03 0.83 1.75 0.16 0.64 1.25 0.13 *
*-----*
* 45 I 761101 I 5.71 5.50 6.25 3.07 3.90 3.67 *
* I 761102 I 5.76 4.63 6.33 3.50 3.95 4.20 1.58 *
* I 761103 I 5.22 3.25 6.15 3.90 2.75 3.59 2.00 *
* I 761104 I 3.07 1.53 3.11 3.16 1.04 1.52 1.69 *
* I 761105 I *
*-----*
*MIDDEL UKE 45I 4.94 3.72 5.46 3.40 2.91 3.24 1.75 *
*ST.AV. UKE 45I 1.10 1.50 1.35 0.32 1.18 1.02 0.17 *
*-----*
* 47 I 761115 I 5.16 3.43 5.31 5.89 2.35 3.46 *
* I 761116 I 5.92 3.69 6.28 6.53 2.19 3.73 3.98 *
* I 761117 I 5.86 3.32 6.10 6.51 1.84 3.75 3.69 *
* I 761118 I 6.12 6.21 3.64 6.51 7.10 1.73 3.95 2.93 *
* I 761119 I 5.71 5.71 3.89 6.10 7.95 2.36 4.17 3.73 *
*-----*
*MIDDEL UKE 47I 5.91 5.77 3.59 6.06 6.79 2.09 3.81 3.58 *
*ST.AV. UKE 47I 0.20 0.34 0.20 0.40 0.69 0.26 0.23 0.39 *
*-----*
* 48 I 761122 I 5.94 6.06 *
* I 761123 I 5.91 *
* I 761124 I *
* I 761125 I *
* I 761126 I *
*-----*
*MIDDEL UKE 48I 5.98 *
*ST.AV. UKE 48I 0.07 *
*-----*
* 49 I 761129 I *
* I 761130 I 4.02 *
* I 761201 I 4.79 *
* I 761202 I 6.83 *
* I 761203 I *
*-----*
*MIDDEL UKE 49I 5.21 *
*ST.AV. UKE 49I 1.18 *
*-----*
* 50 I 761206 I 7.25 3.27 4.46 5.01 *
* I 761207 I 6.10 4.22 6.89 7.94 3.58 4.78 5.69 *
* I 761208 I 4.73 2.88 5.07 7.40 2.44 3.84 5.86 *
* I 761209 I 3.36 1.28 6.32 0.95 2.24 3.61 *
* I 761210 I 3.79 1.17 3.80 5.34 0.59 2.07 3.65 *
*-----*
*MIDDEL UKE 50I 5.04 2.38 5.25 6.75 2.16 3.47 4.76 *
*ST.AV. UKE 50I 1.44 1.25 1.26 1.00 1.20 1.12 0.96 *
*-----*

```

Bilag 1.4: Suspendert stoff (SS)

BELASTNINGSPERIODE: I F.O.M: 760524 T.O.M: 760704

```

*****
* I I PARAMETER: SS ENHET: MG/L *
* UKEI DATO I *
* I I FS RF BR AS K1 K2 K3 *
*-----*
* 22 I 760524 I 75 84 71 20 74 74 32 *
* I 760525 I 109 144 114 65 59 49 *
* I 760526 I 76 46 35 52 *
* I 760527 I *
* I 760528 I 135 42 63 50 33 *
*-----*
*MIDDEL UKE 22I 99 90 83 59 50 44 *
*ST.AV. UKE 22I 25 42 22 11 17 9 *
*-----*
* 23 I 760531 I 99 40 60 17 46 50 54 *
* I 760601 I 183 114 140 29 88 58 48 *
* I 760602 I 167 55 62 26 69 51 36 *
* I 760603 I 141 75 63 45 99 52 67 *
* I 760604 I 138 140 58 21 118 44 53 *
*-----*
*MIDDEL UKE 23I 146 85 77 28 84 51 52 *
*ST.AV. UKE 23I 29 37 32 10 25 4 10 *
*-----*
* 24 I 760607 I *
* I 760608 I 201 117 71 22 98 50 68 *
* I 760609 I 157 63 64 52 31 65 *
* I 760610 I 131 77 46 19 20 21 40 *
* I 760611 I 131 86 91 33 45 21 33 *
*-----*
*MIDDEL UKE 24I 155 86 68 25 54 31 52 *
*ST.AV. UKE 24I 29 20 16 6 28 12 15 *
*-----*
* 25 I 760614 I 158 102 72 26 93 37 56 *
* I 760615 I 174 139 124 56 73 61 76 *
* I 760616 I 227 172 130 103 155 53 92 *
* I 760617 I 205 156 147 130 145 59 86 *
* I 760618 I 167 159 130 89 125 58 57 *
*-----*
*MIDDEL UKE 25I 186 146 121 81 118 54 73 *
*ST.AV. UKE 25I 26 24 25 36 31 9 15 *
*-----*
* 26 I 760621 I 228 222 111 85 140 81 *
* I 760622 I 222 157 111 100 124 44 82 *
* I 760623 I 177 157 101 60 71 53 57 *
* I 760624 I 149 128 75 27 91 31 32 *
* I 760625 I 102 84 82 36 73 18 32 *
*-----*
*MIDDEL UKE 26I 176 150 96 62 100 45 51 *
*ST.AV. UKE 26I 47 45 15 28 28 21 21 *
*-----*
* 27 I 760628 I 178 81 66 52 60 31 72 *
* I 760629 I 185 102 69 55 66 63 40 *
* I 760630 I 320 238 187 125 106 91 94 *
* I 760701 I 206 105 79 87 69 53 73 *
* I 760702 I 283 258 260 122 54 46 91 *
*-----*
*MIDDEL UKE 27I 234 157 132 88 71 57 74 *
*ST.AV. UKE 27I 57 75 78 31 18 20 19 *
*-----*

```

BELASTNINGSPERIODE: II F.O.M: 760710 T.O.M: 760825

```

*****
* I I PARAMETER: SS ENHET: MG/L *
* UKEI DATO I *
* I I FS RF BR AS K1 K2 K3 *
*-----*
* 29 I 760712 I 240 196 79 36 49 65 102 *
* I 760713 I 200 105 59 31 39 67 72 *
* I 760714 I 244 118 62 49 51 77 96 *
* I 760715 I 361 79 62 36 35 56 *
* I 760716 I 266 65 65 58 54 66 154 *
*-----*
*MIDDEL UKE 29I 262 113 65 42 46 69 96 *
*ST.AV. UKE 29I 54 46 7 10 7 5 33 *
*-----*
* 30 I 760719 I 219 84 65 72 41 44 49 *
* I 760720 I 164 83 67 39 36 56 *
* I 760721 I 169 61 43 53 38 51 56 *
* I 760722 I 182 48 34 28 32 49 44 *
* I 760723 I 192 50 44 33 35 92 64 *
*-----*
*MIDDEL UKE 30I 185 65 47 51 37 54 54 *
*ST.AV. UKE 30I 20 16 11 18 3 19 7 *
*-----*
* 31 I 760726 I 134 73 39 101 49 152 109 *
* I 760727 I 147 49 37 96 35 71 56 *
* I 760728 I 138 44 32 102 23 59 67 *
* I 760729 I 128 34 29 147 35 77 73 *
* I 760730 I 197 106 140 174 27 119 111 *
*-----*
*MIDDEL UKE 31I 149 61 55 124 34 96 83 *
*ST.AV. UKE 31I 25 26 42 31 9 35 23 *
*-----*
* 32 I 760802 I 175 90 80 191 80 74 114 *
* I 760803 I 74 79 180 71 74 141 *
* I 760804 I 123 32 38 89 33 36 96 *
* I 760805 I *
* I 760806 I 165 42 *
*-----*
*MIDDEL UKE 32I 154 65 60 153 61 61 117 *
*ST.AV. UKE 32I 23 24 20 46 20 18 18 *
*-----*
* 33 I 760809 I 221 68 77 223 68 44 105 *
* I 760810 I 211 37 51 254 60 34 203 *
* I 760811 I 171 27 36 210 44 34 101 *
* I 760812 I 155 33 49 214 58 46 81 *
* I 760813 I 152 91 91 204 54 118 *
*-----*
*MIDDEL UKE 33I 182 51 61 221 58 42 122 *
*ST.AV. UKE 33I 29 24 20 18 9 8 42 *
*-----*
* 34 I 760816 I *
* I 760817 I 187 91 56 100 177 41 46 *
* I 760818 I 176 75 38 73 181 46 67 *
* I 760819 I 211 105 68 71 212 68 79 *
* I 760820 I 243 113 103 82 145 80 93 *
*-----*
*MIDDEL UKE 34I 204 96 66 82 179 59 71 *
*ST.AV. UKE 34I 26 14 24 11 24 16 17 *
*-----*
* 35 I 760823 I 293 138 83 141 186 81 147 *
* I 760824 I 219 52 49 93 119 57 49 *
* I 760825 I 223 89 52 105 94 46 80 *
* I I *
* I I *
*-----*
*MIDDEL UKE 35I 245 93 61 113 133 61 92 *
*ST.AV. UKE 35I 34 35 15 20 39 15 41 *
*-----*

```


BELASTNINGSPERIODE: III F.O.M: 760826 T.O.M: 761013

```

*****
* I I PARAMETER: SS ENHET: MG/L *
* UKEI DATO I *
* I I FS RF BR AS K1 K2 K3 *
*-----*
* 35 I I *
* I I *
* I I *
* I 760826 I 201 104 91 184 119 52 57 *
* I 760827 I 187 68 60 196 92 27 44 *
*-----*
*MIDDEL UKE 35I 194 86 76 190 106 40 51 *
*ST.AV. UKE 35I 7 18 16 6 14 13 7 *
*-----*
* 36 I 760830 I 183 99 77 122 53 60 41 *
* I 760831 I 174 34 37 66 54 50 46 *
* I 760901 I 148 42 39 36 37 63 42 *
* I 760902 I 118 74 49 45 95 47 42 *
* I 760903 I 134 92 103 54 126 55 59 *
*-----*
*MIDDEL UKE 36I 151 68 61 65 73 55 46 *
*ST.AV. UKE 36I 24 26 25 30 33 6 7 *
*-----*
* 37 I 760906 I 152 79 56 83 108 33 *
* I 760907 I 161 82 64 64 129 29 41 *
* I 760908 I 182 75 87 85 78 68 27 *
* I 760909 I 143 47 54 87 48 31 26 *
* I 760910 I 166 81 80 40 39 55 *
*-----*
*MIDDEL UKE 37I 161 73 68 80 81 40 37 *
*ST.AV. UKE 37I 13 13 13 9 34 14 12 *
*-----*
* 39 I 760920 I *
* I 760921 I *
* I 760922 I 236 122 100 109 58 60 68 *
* I 760923 I *
* I 760924 I *
*-----*
* 40 I 760927 I *
* I 760928 I *
* I 760929 I 307 103 134 116 58 73 50 *
* I 760930 I *
* I 761001 I *
*-----*
* 41 I 761004 I *
* I 761005 I *
* I 761006 I 260 103 90 110 80 66 90 *
* I 761007 I *
* I 761008 I *
*-----*

```

BELASTNINGSPERIODE: IV F.O.M: 761014 T.O.M: 761210

```

*****
* I I PARAMETER: SS ENHET: MG/L *
* UKEI DATO I *
* I I FS RF BR AS K1 K2 K3 *
*-----*
* 43 I 761016 I *
* I 761019 I *
* I 761020 I *
* I 761021 I 81 41 49 96 46 33 66 *
* I 761022 I *
*-----*
* 44 I 761025 I 103 22 55 98 27 28 42 *
* I 761026 I 126 36 37 107 32 30 37 *
* I 761027 I 120 28 49 88 31 33 25 *
* I 761028 I 152 38 55 96 32 39 23 *
* I 761029 I 165 79 90 73 48 55 32 *
*-----*
*MIDDEL UKE 44I 134 41 57 92 34 37 32 *
*ST.AV. UKE 44I 22 20 18 11 7 10 7 *
*-----*
* 45 I 761101 I 136 114 46 77 78 57 *
* I 761102 I 275 82 60 108 90 117 29 *
* I 761103 I 221 47 83 75 57 95 33 *
* I 761104 I 180 28 35 84 33 19 43 *
* I 761105 I *
*-----*
*MIDDEL UKE 45I 203 68 56 86 65 72 35 *
*ST.AV. UKE 45I 51 33 18 13 22 37 6 *
*-----*
* 47 I 761115 I 211 105 123 < 999 36 51 *
* I 761116 I 214 68 134 291 50 72 89 *
* I 761117 I 183 62 119 424 37 65 85 *
* I 761118 I 209 106 141 444 39 77 61 *
* I 761119 I 293 82 183 164 43 95 138 *
*-----*
*MIDDEL UKE 47I 222 85 140 464 41 72 93 *
*ST.AV. UKE 47I 37 18 23 286 5 14 28 *
*-----*
* 48 I 761122 I 186 *
* I 761123 I 221 *
* I 761124 I *
* I 761125 I *
* I 761126 I *
*-----*
*MIDDEL UKE 48I 204 *
*ST.AV. UKE 48I 18 *
*-----*
* 49 I 761129 I 260 *
* I 761130 I *
* I 761201 I *
* I 761202 I *
* I 761203 I *
*-----*
* 50 I 761206 I 192 49 152 66 *
* I 761207 I 263 88 106 33 44 178 76 *
* I 761208 I 337 108 109 42 75 170 79 *
* I 761209 I 169 46 22 55 72 32 *
* I 761210 I 148 113 65 28 34 55 41 *
*-----*
*MIDDEL UKE 50I 222 89 93 31 51 125 59 *
*ST.AV. UKE 50I 69 26 20 7 14 52 19 *
*-----*

```

Bilag 1.5: Flyktig suspendert stoff (FSS)

BELASTNINGSPERIODE: I F.O.M: 760524 T.O.M: 760704

```

*****
* I I PARAMETER: FSS ENHET: MG/L *
* UKEI DATO I *
* I I FS RF BR AS K1 K2 K3 *
*-----*
* 22 I 760524 I 52 44 40 6 36 32 13 *
* I 760525 I 62 58 55 31 30 20 *
* I 760526 I 50 24 17 21 *
* I 760527 I *
* I 760528 I 81 17 30 21 15 *
*-----*
*MIDDEL UKE 22I 61 40 42 28 24 18 *
*ST.AV. UKE 22I 12 17 10 6 8 4 *
*-----*
* 23 I 760531 I 73 16 28 12 33 33 31 *
* I 760601 I 114 73 90 14 49 28 19 *
* I 760602 I 111 30 32 15 41 28 18 *
* I 760603 I 98 55 45 33 63 30 37 *
* I 760604 I 87 86 35 11 53 18 20 *
*-----*
*MIDDEL UKE 23I 97 52 46 17 48 27 25 *
*ST.AV. UKE 23I 15 26 23 8 10 5 8 *
*-----*
* 24 I 760607 I *
* I 760608 I 122 72 43 13 48 20 24 *
* I 760609 I 96 49 49 20 11 21 *
* I 760610 I 106 60 36 13 16 15 19 *
* I 760611 I 81 50 58 20 27 11 13 *
*-----*
*MIDDEL UKE 24I 101 58 47 15 28 14 19 *
*ST.AV. UKE 24I 15 9 8 3 12 4 4 *
*-----*
* 25 I 760614 I 93 51 37 13 40 18 22 *
* I 760615 I 104 83 68 30 30 19 26 *
* I 760616 I 137 93 77 65 81 27 45 *
* I 760617 I 119 95 97 76 78 29 52 *
* I 760618 I 102 88 65 50 64 27 29 *
*-----*
*MIDDEL UKE 25I 111 82 69 47 59 24 35 *
*ST.AV. UKE 25I 15 16 19 23 20 5 12 *
*-----*
* 26 I 760621 I 154 135 67 49 79 37 *
* I 760622 I 97 48 50 19 35 14 16 *
* I 760623 I 118 95 64 33 40 26 26 *
* I 760624 I 89 63 38 18 41 11 13 *
* I 760625 I 89 70 63 33 51 12 18 *
*-----*
*MIDDEL UKE 26I 109 82 56 30 49 20 18 *
*ST.AV. UKE 26I 25 30 11 11 16 10 5 *
*-----*
* 27 I 760626 I 99 48 36 28 35 17 31 *
* I 760629 I 101 58 38 31 33 29 19 *
* I 760630 I 184 126 79 65 50 41 42 *
* I 760701 I 115 61 45 50 30 24 28 *
* I 760702 I 198 173 167 66 27 20 42 *
*-----*
*MIDDEL UKE 27I 139 93 73 48 35 26 32 *
*ST.AV. UKE 27I 43 49 49 16 8 8 9 *
*-----*

```

BELASTNINGSPERIODE: II F.O.M: 760710 T.O.M: 760825

```

*****
* I I PARAMETER: FSS ENHET: MG/L *
* UKEI DATO I *
* I I FS RF BR AS K1 K2 K3 *
*-----*
* 29 I 760712 I 135 106 39 16 23 26 41 *
* I 760713 I 117 53 28 14 16 28 26 *
* I 760714 I 97 49 24 19 20 34 34 *
* I 760715 I 93 22 14 12 9 16 *
* I 760716 I 106 27 26 24 20 26 60 *
*-----*
*MIDDEL UKE 29I 110 51 26 17 18 29 35 *
*ST.AV. UKE 29I 15 30 8 4 5 3 15 *
*-----*
* 30 I 760719 I 104 33 26 26 12 12 14 *
* I 760720 I 88 44 27 14 14 18 *
* I 760721 I 96 26 19 23 14 19 19 *
* I 760722 I 104 19 17 11 10 17 13 *
* I 760723 I 99 20 19 14 13 34 22 *
*-----*
*MIDDEL UKE 30I 98 28 20 20 13 19 17 *
*ST.AV. UKE 30I 6 9 3 6 1 8 3 *
*-----*
* 31 I 760726 I 89 31 22 48 18 58 41 *
* I 760727 I 94 23 20 75 15 31 27 *
* I 760728 I 68 10 12 37 3 7 14 *
* I 760729 I 79 14 15 68 13 32 34 *
* I 760730 I 103 42 76 88 12 46 42 *
*-----*
*MIDDEL UKE 31I 87 24 29 63 12 35 32 *
*ST.AV. UKE 31I 12 12 24 18 5 17 10 *
*-----*
* 32 I 760802 I 96 39 38 87 33 31 46 *
* I 760803 I 26 30 62 20 21 44 *
* I 760804 I 62 13 15 35 11 12 33 *
* I 760805 I *
* I 760806 I 72 18 *
*-----*
*MIDDEL UKE 32I 77 26 25 61 21 21 41 *
*ST.AV. UKE 32I 14 11 9 21 9 8 6 *
*-----*
* 33 I 760809 I 119 34 39 97 27 19 36 *
* I 760810 I 109 15 22 96 17 10 69 *
* I 760811 I 96 10 17 75 14 11 37 *
* I 760812 I 96 15 25 103 22 17 34 *
* I 760813 I 77 38 43 89 20 39 *
*-----*
*MIDDEL UKE 33I 99 22 29 92 20 15 43 *
*ST.AV. UKE 33I 14 11 10 10 5 4 13 *
*-----*

```

BELASTNINGSPERIODE: II F.O.M: 760710 T.O.M: 760825

```

*****
* I I PARAMETER: FSS ENHET: MG/L *
* UKEI DATO I *
* I I FS RF BR AS K1 K2 K3 *
*-----*
* 34 I 760816 I *
* I 760817 I 92 62 25 44 67 12 15 *
* I 760818 I 103 31 19 33 77 16 24 *
* I 760819 I 110 42 31 29 81 23 27 *
* I 760820 I 128 48 53 36 53 33 36 *
*-----*
*MIDDEL UKE 34I 108 46 32 36 70 21 26 *
*ST.AV. UKE 34I 13 11 13 6 11 8 8 *
*-----*
* 35 I 760823 I 142 53 39 55 63 27 44 *
* I 760824 I 110 22 21 35 44 21 16 *
* I 760825 I 107 35 23 41 29 15 27 *
* I I *
* I I *
*-----*
*MIDDEL UKE 35I 120 37 28 44 45 21 29 *
*ST.AV. UKE 35I 16 13 8 8 14 5 12 *
*-----*

```

BELASTNINGSPERIODE: III F.O.M: 760826 T.O.M: 761013

```

*****
* I I PARAMETER: FSS ENHET: MG/L *
* UKELI DATO I FS RF BR AS K1 K2 K3 *
* I I *
* 35 I I *
* I I *
* I I *
* I 760826 I 102 41 37 79 39 18 18 *
* I 760827 I 97 26 26 81 31 10 14 *
*-----*
*MIDDEL UKE 35I 100 34 32 80 35 14 16 *
*ST.AV. UKE 35I 3 8 6 1 4 4 2 *
*-----*
* 36 I 760830 I 117 46 44 57 19 26 14 *
* I 760831 I 104 13 18 30 17 18 13 *
* I 760901 I 94 19 20 17 14 25 14 *
* I 760902 I 71 34 25 19 37 17 12 *
* I 760903 I 81 45 61 28 55 24 23 *
*-----*
*MIDDEL UKE 36I 93 31 34 30 28 22 15 *
*ST.AV. UKE 36I 16 13 16 14 16 4 4 *
*-----*
* 37 I 760906 I 122 42 30 43 52 11 *
* I 760907 I 102 46 40 36 62 13 13 *
* I 760908 I 112 36 50 40 36 22 9 *
* I 760909 I 84 22 28 44 16 10 7 *
* I 760910 I 91 35 42 15 12 20 *
*-----*
*MIDDEL UKE 37I 102 36 38 41 36 14 12 *
*ST.AV. UKE 37I 14 8 8 3 19 4 5 *
*-----*
* 39 I 760920 I *
* I 760921 I *
* I 760922 I 119 47 41 48 20 21 18 *
* I 760923 I *
* I 760924 I *
*-----*
* 40 I 760927 I *
* I 760928 I *
* I 760929 I 156 42 66 54 20 27 19 *
* I 760930 I *
* I 761001 I *
*-----*
* 41 I 761004 I *
* I 761005 I *
* I 761006 I 135 39 43 52 32 22 36 *
* I 761007 I *
* I 761008 I *
*-----*

```

BELASTNINGSPERIODE: IV F.O.M: 761014 T.O.M: 761210

```

*****
* I I PARAMETER: FSS ENHET: MG/L *
* UKEI DATO I *
* I I FS RF BR AS K1 K2 K3 *
*-----*
* 43 I 761018 I *
* I 761019 I *
* I 761020 I *
* I 761021 I 40 17 22 46 16 12 25 *
* I 761022 I *
*-----*
* 44 I 761025 I 46 8 23 39 10 9 15 *
* I 761026 I 51 12 14 42 8 8 9 *
* I 761027 I 42 8 17 30 6 5 5 *
* I 761028 I 73 16 28 48 12 17 9 *
* I 761029 I 77 32 42 31 15 19 9 *
*-----*
*MIDDEL UKE 44I 58 15 25 38 10 12 9 *
*ST.AV. UKE 44I 14 9 10 7 3 5 3 *
*-----*
* 45 I 761101 I 71 58 26 42 36 23 *
* I 761102 I 103 36 32 48 36 40 10 *
* I 761103 I 95 17 37 30 22 35 9 *
* I 761104 I 75 12 20 35 10 14 15 *
* I 761105 I *
*-----*
*MIDDEL UKE 45I 86 31 29 39 26 28 11 *
*ST.AV. UKE 45I 13 18 6 7 11 10 3 *
*-----*
* 47 I 761115 I 111 50 70 700 15 25 *
* I 761116 I 82 29 56 166 13 25 28 *
* I 761117 I 79 23 53 232 11 24 22 *
* I 761118 I 139 95 42 63 265 14 29 21 *
* I 761119 I 229 163 47 101 97 20 49 60 *
*-----*
*MIDDEL UKE 47I 184 106 38 69 292 15 30 33 *
*ST.AV. UKE 47I 45 31 10 17 212 3 9 16 *
*-----*
* 48 I 761122 I 174 96 *
* I 761123 I 103 *
* I 761124 I *
* I 761125 I *
* I 761126 I *
*-----*
*MIDDEL UKE 48I 100 *
*ST.AV. UKE 48I 4 *
*-----*
* 49 I 761129 I 121 *
* I 761130 I *
* I 761201 I *
* I 761202 I *
* I 761203 I *
*-----*
* 50 I 761206 I 106 38 51 16 23 77 30 *
* I 761207 I 143 38 51 16 16 77 25 *
* I 761208 I 168 45 52 19 29 75 27 *
* I 761209 I 86 20 10 20 42 10 *
* I 761210 I 84 49 32 14 12 24 14 *
*-----*
*MIDDEL UKE 50I 117 38 45 15 20 59 21 *
*ST.AV. UKE 50I 33 11 9 3 6 22 8 *
*-----*

```

Bilag 1.6: Total fosfor (TOTP)

BELASTNINGSPERIODE: I F.O.M: 760524 T.O.M: 760704

```

*****
* I I PARAMETER: TOTP ENHET: MG P/L *
* UKEI DATO I *
* I I FS KF BR AS K1 K2 K3 *
*-----*
* 22 I 760524 I 5.940 2.310 2.420 1.210 *
* I 760525 I 5.780 3.470 3.360 2.860 1.680 1.680 *
* I 760526 I 4.950 1.220 1.180 1.980 *
* I 760527 I *
* I 760528 I 6.050 1.160 1.290 *
*-----*
*MIDDEL UKE 22I 5.680 1.592 1.490 1.623 *
*ST.AV. UKE 22I 0.432 0.460 0.542 0.316 *
*-----*
* 23 I 760531 I 6.600 1.600 1.293 1.100 *
* I 760601 I 7.980 5.060 4.620 1.990 2.520 1.240 0.919 *
* I 760602 I 6.550 2.480 1.980 0.980 *
* I 760603 I 7.430 6.160 5.230 4.020 2.810 1.210 1.540 *
* I 760604 I 7.700 3.470 1.070 1.600 *
*-----*
*MIDDEL UKE 23I 7.252 5.610 4.925 3.005 2.576 1.358 1.227 *
*ST.AV. UKE 23I 0.579 0.550 0.305 1.015 0.603 0.319 0.286 *
*-----*
* 24 I 760607 I *
* I 760608 I 8.530 7.980 7.150 5.390 2.150 0.935 2.200 *
* I 760609 I 7.700 1.100 0.633 3.220 *
* I 760610 I 7.420 6.630 5.570 4.660 0.557 0.636 2.070 *
* I 760611 I 7.160 1.410 0.678 1.350 *
*-----*
*MIDDEL UKE 24I 7.702 7.305 6.360 5.025 1.304 0.720 2.210 *
*ST.AV. UKE 24I 0.514 0.675 0.790 0.364 0.575 0.125 0.666 *
*-----*
* 25 I 760614 I 6.360 1.400 0.650 1.560 *
* I 760615 I 7.690 7.200 6.360 4.030 1.170 1.220 1.270 *
* I 760616 I 8.480 3.920 1.170 1.990 *
* I 760617 I 7.580 7.420 6.730 6.100 1.860 0.600 1.870 *
* I 760618 I 7.420 2.540 0.730 1.250 *
*-----*
*MIDDEL UKE 25I 7.506 7.310 6.545 5.065 2.176 0.914 1.588 *
*ST.AV. UKE 25I 0.679 0.110 0.185 1.035 0.988 0.234 0.302 *
*-----*
* 26 I 760621 I 8.320 2.760 0.770 *
* I 760622 I 7.950 6.630 6.100 5.670 1.880 0.540 1.330 *
* I 760623 I 7.420 1.340 0.560 0.930 *
* I 760624 I 7.420 6.360 6.100 5.570 2.150 0.580 0.730 *
* I 760625 I 5.300 1.900 0.250 0.680 *
*-----*
*MIDDEL UKE 26I 7.282 6.495 6.100 5.620 2.006 0.540 0.917 *
*ST.AV. UKE 26I 1.047 0.135 0.000 0.050 0.460 0.166 0.255 *
*-----*
* 27 I 760628 I 6.440 1.100 0.440 1.300 *
* I 760629 I 7.580 5.190 4.530 4.120 0.910 0.610 0.950 *
* I 760630 I 5.990 0.920 0.510 0.790 *
* I 760701 I 5.830 5.030 4.350 4.980 0.400 0.320 0.800 *
* I 760702 I 6.150 0.370 0.360 1.160 *
*-----*
*MIDDEL UKE 27I 6.398 5.110 4.440 4.550 0.740 0.448 1.000 *
*ST.AV. UKE 27I 0.624 0.080 0.090 0.430 0.297 0.104 0.201 *
*****

```

BELASTNINGSPERIODE: II F.O.M: 760710 T.O.M: 760825

```

*****
* I I PARAMETLR: TOTP ENHET: MG P/L *
* UKEI DATO I *
* I I FS RF BR AS K1 K2 K3 *
*-----*
* 29 I 760712 I 5.670 4.940 3.670 3.080 0.200 0.330 1.000 *
* I 760713 I 6.050 2.530 4.130 3.620 0.190 0.920 1.230 *
* I 760714 I 4.670 0.150 0.930 0.920 *
* I 760715 I 4.310 1.010 3.510 2.940 0.160 0.640 *
* I 760716 I 4.970 0.120 0.480 0.780 *
*-----*
*MIDDEL UKE 29I 5.134 2.826 3.770 3.213 0.164 0.665 0.914 *
*ST.AV. UKE 29I 0.639 1.618 0.262 0.293 0.028 0.265 0.200 *
*-----*
* 30 I 760719 I 5.290 0.173 0.351 0.427 *
* I 760720 I 4.100 2.320 3.010 0.119 0.302 0.394 *
* I 760721 I 4.700 0.167 0.265 0.486 *
* I 760722 I 5.080 0.567 3.350 2.330 0.162 0.454 0.610 *
* I 760723 I 5.620 0.265 1.430 0.664 *
*-----*
*MIDDEL UKE 30I 4.958 1.443 2.670 0.177 0.560 0.516 *
*ST.AV. UKE 30I 0.522 0.876 0.340 0.047 0.439 0.104 *
*-----*
* 31 I 760726 I 6.150 0.259 2.320 2.320 *
* I 760727 I 5.750 0.440 4.590 5.290 0.200 2.300 2.600 *
* I 760728 I 5.940 0.319 1.950 3.070 *
* I 760729 I 5.730 0.464 4.480 1.160 2.050 0.290 2.170 *
* I 760730 I 5.390 0.297 2.040 1.620 *
*-----*
*MIDDEL UKE 31I 5.792 0.452 4.535 3.225 0.625 1.780 2.356 *
*ST.AV. UKE 31I 0.251 0.012 0.055 2.065 0.713 0.758 0.478 *
*-----*
* 32 I 760802 I 4.450 0.194 0.616 0.513 *
* I 760803 I 4.310 0.524 2.930 3.051 0.205 0.243 1.240 *
* I 760804 I 3.590 0.189 0.983 *
* I 760805 I 4.050 0.502 2.160 2.380 0.189 0.254 0.437 *
* I 760806 I 5.380 0.240 0.240 0.550 *
*-----*
*MIDDEL UKE 32I 4.356 0.513 2.545 2.715 0.203 0.338 0.744 *
*ST.AV. UKE 32I 0.589 0.010 0.384 0.335 0.019 0.160 0.312 *
*-----*
* 33 I 760809 I 6.660 0.430 0.270 1.660 *
* I 760810 I 6.310 0.870 5.170 7.560 0.420 0.300 2.540 *
* I 760811 I 6.360 0.390 0.320 1.250 *
* I 760812 I 6.670 0.880 5.240 7.130 0.410 0.390 1.080 *
* I 760813 I 6.700 0.510 1.500 *
*-----*
*MIDDEL UKE 33I 6.540 0.875 5.205 7.345 0.412 0.358 1.606 *
*ST.AV. UKE 33I 0.168 0.005 0.035 0.215 0.014 0.085 0.507 *
*-----*
* 34 I 760816 I 6.790 2.530 5.170 4.850 2.370 0.400 0.340 *
* I 760817 I 7.240 2.460 0.659 0.508 *
* I 760818 I 6.590 2.660 5.510 4.960 3.650 0.810 0.691 *
* I 760820 I 6.910 2.700 0.869 1.670 *
*-----*
*MIDDEL UKE 34I 6.882 2.595 5.340 4.905 2.795 0.684 0.802 *
*ST.AV. UKE 34I 0.235 0.065 0.170 0.055 0.508 0.181 0.516 *
*-----*
* 35 I 760823 I 7.450 1.730 0.724 1.470 *
* I 760824 I 7.130 1.940 5.180 4.330 1.020 0.637 0.551 *
* I 760825 I 5.510 0.729 0.346 0.664 *
* I I *
* I I *
*-----*
*MIDDEL UKE 35I 6.696 1.159 0.569 0.895 *
*ST.AV. UKE 35I 0.849 0.420 0.161 0.409 *
*-----*

```


BELASTNINGSPERIODE: III F.O.M: 760826 T.O.M: 761013

```

*****
* I I PARAMETER: TOTP ENHET: MG P/L *
* UKEI DATO I *
* I I FS RF BR AS K1 K2 K3 *
*-----*
* 35 I I *
* I I *
* I I *
* I 760826 I 6.590 2.170 5.620 5.290 1.400 0.319 0.184 *
* I 760827 I 7.340 1.080 0.184 0.162 *
*-----*
*MIDDEL UKE 35I 6.965 1.240 0.251 0.173 *
*ST,AV. UKE 35I 0.375 0.160 0.067 0.010 *
*-----*
* 36 I 760830 I 8.220 0.568 0.216 0.406 *
* I 760831 I 7.140 1.350 4.640 4.990 0.822 0.595 0.606 *
* I 760901 I 6.930 0.665 1.200 0.487 *
* I 760902 I 6.490 2.540 4.870 4.380 1.870 1.240 0.552 *
* I 760903 I 4.640 1.490 0.481 0.752 *
*-----*
*MIDDEL UKE 36I 6.684 1.945 4.755 4.685 1.083 0.746 0.560 *
*ST,AV. UKE 36I 1.169 0.595 0.115 0.305 0.506 0.405 0.116 *
*-----*
* 37 I 760906 I 6.950 3.790 0.390 0.557 *
* I 760907 I 8.760 4.540 6.820 4.330 4.220 0.985 0.536 *
* I 760908 I 7.030 2.000 0.570 0.810 *
* I 760909 I 4.540 0.541 0.367 0.319 *
* I 760910 I 4.650 1.290 3.440 0.384 0.254 0.390 *
*-----*
*MIDDEL UKE 37I 6.847 2.915 5.130 4.435 2.187 0.513 0.522 *
*ST,AV. UKE 37I 1.460 1.625 1.690 0.105 1.593 0.256 0.169 *
*-----*
* 39 I 760920 I *
* I 760921 I *
* I 760922 I 7.360 2.160 5.950 5.410 0.319 1.180 0.730 *
* I 760923 I *
* I 760924 I *
*-----*
* 40 I 760927 I *
* I 760928 I *
* I 760929 I 7.340 1.630 5.640 4.100 0.220 0.380 0.427 *
* I 760930 I *
* I 761001 I *
*-----*
* 41 I 761004 I *
* I 761005 I *
* I 761006 I 5.040 0.579 3.700 3.350 0.271 0.243 0.590 *
* I 761007 I *
* I 761008 I *
*-----*

```

BELASTNINGSPERIODE: IV F.O.M: 761014 T.O.M: 761210

```

*****
* I I PARAMETER: TOTP ENHET: MG P/L *
* UKEI DATO I *
* I I FS KF BR AS K1 K2 K3 *
*-----*
* 43 I 761018 I *
* I 761019 I *
* I 761020 I *
* I 761021 I 1.690 0.340 1.060 2.020 0.078 0.097 0.402 *
* I 761022 I *
*-----*
* 44 I 761025 I 1.260 * 0.092 0.065 0.369 *
* I 761026 I 1.200 0.143 0.502 1.400 0.054 0.092 0.219 *
* I 761027 I 1.460 * 0.076 0.133 0.110 *
* I 761028 I 1.890 0.200 0.551 0.913 0.103 0.100 0.081 *
* I 761029 I 2.210 * 0.116 0.167 0.076 *
*-----*
*MIDDEL UKE 44I 1.604 0.171 0.526 1.156 0.088 0.111 0.171 *
*ST.AV. UKE 44I 0.387 0.028 0.024 0.243 0.021 0.035 0.111 *
*-----*
* 45 I 761101 I 2.220 * 0.896 0.149 *
* I 761102 I 3.270 0.864 0.783 0.632 0.662 0.368 0.076 *
* I 761103 I 2.250 * 0.133 0.192 0.065 *
* I 761104 I 1.450 0.178 0.422 0.446 0.070 0.068 0.057 *
* I 761105 I *
*-----*
*MIDDEL UKE 45I 2.297 0.521 0.602 0.539 0.440 0.194 0.066 *
*ST.AV. UKE 45I 0.646 0.343 0.180 0.092 0.349 0.109 0.007 *
*-----*
* 47 I 761115 I 2.980 * 0.227 0.357 *
* I 761116 I 3.180 1.020 2.050 2.280 0.216 0.492 0.368 *
* I 761117 I 3.540 * 0.189 0.519 0.265 *
* I 761118 I 4.380 3.600 0.931 1.950 3.100 0.179 0.487 0.157 *
* I 761119 I 5.300 4.710 * 0.249 0.709 0.260 *
*-----*
*MIDDEL UKE 47I 4.840 3.602 0.975 2.000 2.690 0.212 0.512 0.262 *
*ST.AV. UKE 47I 0.460 0.599 0.044 0.049 0.410 0.025 0.113 0.074 *
*-----*
* 50 I 761206 I 3.320 * 0.221 0.859 0.243 *
* I 761207 I 4.640 0.869 1.850 0.680 0.319 0.907 0.227 *
* I 761208 I 5.450 * 0.292 1.580 0.346 *
* I 761209 I 3.920 0.578 * 1.160 0.146 0.605 0.167 *
* I 761210 I 3.900 * 0.151 0.659 0.308 *
*-----*
*MIDDEL UKE 50I 4.246 0.723 * 0.920 0.225 0.922 0.258 *
*ST.AV. UKE 50I 0.733 0.145 * 0.240 0.070 0.348 0.062 *
*-----*

```

Bila 1.7: Ortofosfat (PO4P)

BELASTNINGSPERIODE: I F.O.M: 760524 T.O.M: 760704

```

*****
* I I PARAMETER: PO4P ENHET: MG P/L *
* UKELI DATO I *
* I I FS RF BR AS K1 K2 K3 *
*-----*
* 22 I 760524 I 3.510 *
* I 760525 I 3.300 0.025 0.096 2.200 0.073 0.050 0.219 *
* I 760526 I 2.640 0.140 0.240 0.407 *
* I 760527 I *
* I 760528 I 3.360 0.051 0.028 *
*-----*
*MIDDEL UKE 22I 3.202 0.103 0.102 0.274 *
*ST.AV. UKE 22I 0.333 0.042 0.082 0.094 *
*-----*
* 23 I 760531 I 4.130 0.231 0.063 0.069 *
* I 760601 I 4.290 1.750 0.495 1.490 0.070 0.044 0.025 *
* I 760602 I 2.840 0.560 0.580 0.660 *
* I 760603 I 3.410 3.410 3.300 2.390 0.036 0.036 0.030 *
* I 760604 I 3.600 0.076 0.041 0.100 *
*-----*
*MIDDEL UKE 23I 3.654 2.580 1.897 1.940 0.194 0.152 0.176 *
*ST.AV. UKE 23I 0.520 0.830 1.402 0.450 0.194 0.213 0.243 *
*-----*
* 24 I 760607 I 4.670 4.280 4.180 3.510 0.070 0.070 0.340 *
* I 760608 I 4.400 0.029 0.028 0.754 *
* I 760609 I 4.130 3.910 3.910 3.520 0.023 0.033 0.358 *
* I 760611 I 4.350 0.029 0.023 0.138 *
*-----*
*MIDDEL UKE 24I 4.437 4.095 4.045 3.515 0.037 0.038 0.397 *
*ST.AV. UKE 24I 0.269 0.185 0.134 0.004 0.018 0.018 0.223 *
*-----*
* 25 I 760614 I 3.100 0.024 0.024 0.175 *
* I 760615 I 4.240 3.020 2.840 2.700 0.031 0.050 0.037 *
* I 760616 I 4.080 0.037 0.061 0.085 *
* I 760617 I 3.980 3.710 3.130 3.340 0.033 0.024 0.093 *
* I 760618 I 4.080 0.064 0.019 0.055 *
*-----*
*MIDDEL UKE 25I 3.896 3.365 2.985 3.020 0.037 0.035 0.089 *
*ST.AV. UKE 25I 0.406 0.345 0.145 0.319 0.013 0.016 0.047 *
*-----*
* 26 I 760621 I 4.610 0.053 0.024 *
* I 760622 I 4.030 3.600 3.710 3.820 0.049 0.024 0.180 *
* I 760623 I 3.600 0.028 0.027 0.058 *
* I 760624 I 4.680 3.600 3.600 3.550 0.066 0.024 0.032 *
* I 760625 I 4.030 0.110 0.024 0.074 *
*-----*
*MIDDEL UKE 26I 4.230 3.600 3.655 3.685 0.061 0.024 0.086 *
*ST.AV. UKE 26I 0.456 0.000 0.055 0.135 0.027 0.001 0.056 *
*-----*
* 27 I 760626 I 4.450 0.029 0.022 0.280 *
* I 760629 I 4.030 3.600 3.390 3.390 0.028 0.021 0.095 *
* I 760630 I 3.310 0.017 0.017 0.034 *
* I 760701 I 3.680 3.050 2.990 3.420 0.017 0.017 0.019 *
* I 760702 I 3.180 < 0.005 < 0.005 0.006 *
*-----*
*MIDDEL UKE 27I 3.730 3.325 3.190 3.405 0.019 0.016 0.086 *
*ST.AV. UKE 27I 0.466 0.275 0.200 0.015 0.008 0.006 0.101 *
*-----*

```

BELASTNINGSPERIODE: II F.O.M: 760710 T.O.M: 760825

```

*****
* I I PARAMETER: P04P ENHET: MG P/L *
* UKEI DATO I *
* I I RA FS RF BR AS K1 K2 K3 *
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
* 29 I 760712 I 2.920 2.510 2.860 2.800 0.012 0.007 0.230 *
* I 760713 I 3.470 1.180 3.240 3.190 0.009 0.070 0.160 *
* I 760714 I 2.870 < 0.005 0.120 0.130 *
* I 760715 I 2.430 0.350 2.780 2.730 < 0.005 0.023 *
* I 760716 I 3.650 < 0.005 0.016 0.006 *
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
*MIDDEL UKE 29I 3.068 1.346 2.960 2.906 0.007 0.053 0.109 *
*ST.AV. UKE 29I 0.440 0.689 0.200 0.202 0.002 0.045 0.084 *
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
* 30 I 760719 I 3.110 < 0.005 0.006 0.028 *
* I 760720 I 1.890 0.923 2.420 < 0.005 < 0.005 0.008 *
* I 760721 I 2.370 0.009 0.005 0.037 *
* I 760722 I 2.750 0.140 2.750 2.110 < 0.005 0.031 0.100 *
* I 760723 I 3.890 < 0.005 0.110 0.060 *
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
*MIDDEL UKE 30I 2.602 0.531 2.265 0.005 0.031 0.046 *
*ST.AV. UKE 30I 0.678 0.391 0.155 0.001 0.040 0.031 *
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
* 31 I 760726 I 4.000 < 0.005 0.191 0.653 *
* I 760727 I 3.290 0.040 3.560 3.510 0.017 0.151 1.460 *
* I 760728 I 2.990 0.008 0.150 1.350 *
* I 760729 I 3.460 0.005 3.620 0.012 0.149 0.648 *
* I 760730 I 3.100 0.005 0.096 0.400 *
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
*MIDDEL UKE 31I 3.368 0.022 3.590 0.009 0.147 0.902 *
*ST.AV. UKE 31I 0.354 0.017 0.029 0.004 0.030 0.422 *
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
* 32 I 760802 I 1.820 0.021 0.018 0.027 *
* I 760803 I 2.590 0.051 0.208 1.630 < 0.005 < 0.005 0.170 *
* I 760804 I 1.940 0.027 0.015 0.056 *
* I 760805 I 1.830 0.173 1.310 1.330 0.021 < 0.005 0.010 *
* I 760806 I 4.210 0.010 < 0.005 0.054 *
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
*MIDDEL UKE 32I 2.478 0.112 0.759 1.480 0.016 0.009 0.063 *
*ST.AV. UKE 32I 0.911 0.061 0.551 0.150 0.006 0.005 0.056 *
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
* 33 I 760809 I 4.370 0.040 < 0.005 0.037 *
* I 760810 I 4.270 0.360 4.430 4.430 0.050 0.008 < 0.005 *
* I 760811 I 3.770 < 0.005 < 0.005 < 0.005 *
* I 760812 I 4.100 0.437 4.540 4.160 0.016 0.010 0.005 *
* I 760813 I 4.910 0.021 0.184 *
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
*MIDDEL UKE 33I 4.284 0.398 4.485 4.295 0.029 0.009 0.047 *
*ST.AV. UKE 33I 0.373 0.038 0.055 0.134 0.019 0.005 0.069 *
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
* 34 I 760816 I 4.260 0.859 4.320 3.930 0.150 0.018 0.011 *
* I 760817 I 4.320 0.223 0.019 0.012 *
* I 760818 I 4.210 1.240 4.640 4.100 0.486 0.042 0.024 *
* I 760819 I 4.210 0.313 0.055 0.313 *
* I 760820 I 4.390
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
*MIDDEL UKE 34I 4.295 1.049 4.480 4.015 0.293 0.033 0.090 *
*ST.AV. UKE 34I 0.067 0.190 0.160 0.085 0.125 0.015 0.128 *
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
* 35 I 760823 I 4.230 0.103 0.022 0.032 *
* I 760824 I 4.190 0.972 4.460 3.400 0.053 0.027 0.013 *
* I 760825 I 3.370 0.059 0.026 0.016 *
* I I
* I I
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
*MIDDEL UKE 35I 3.930 0.071 0.025 0.020 *
*ST.AV. UKE 35I 0.396 0.022 0.002 0.008 *
*****
    
```

BELASTNINGSPERIODE: III F.O.M: 760826 T.O.M: 761013

```

*****
* I I PARAMETER: P04P ENHET: MG P/L *
* UKEI DATO I *
* I I FS KF BR AS K1 K2 K3 *
*-----*
* 35 I I *
* I I *
* I I *
* I 760826 I 4.210 0.670 4.680 3.510 0.118 0.006 0.007 *
* I 760827 I 5.190 0.041 < 0.005 < 0.005 *
*-----*
*MIDDEL UKE 35I 4.700 0.079 0.005 0.006 *
*ST.AV. UKE 35I 0.489 0.036 0.000 0.001 *
*-----*
* 36 I 760830 I 5.710 0.017 0.839 0.005 *
* I 760831 I 4.340 0.622 3.670 3.950 0.038 0.023 < 0.005 *
* I 760901 I 4.450 0.043 0.064 0.009 *
* I 760902 I 4.120 0.817 3.620 3.520 0.085 0.058 0.015 *
* I 760903 I 2.520 0.065 0.012 0.024 *
*-----*
*MIDDEL UKE 36I 4.228 0.719 3.645 3.735 0.049 0.199 0.011 *
*ST.AV. UKE 36I 1.018 0.097 0.025 0.214 0.023 0.320 0.007 *
*-----*
* 37 I 760906 I 4.330 1.010 0.066 0.054 *
* I 760907 I 4.470 2.080 5.620 3.480 1.080 0.320 0.039 *
* I 760908 I 2.810 0.320 0.011 0.057 *
* I 760909 I 3.220 0.752 3.110 3.140 0.016 0.007 0.005 *
* I 760910 I 2.890 0.087 1.950 < 0.005 < 0.005 < 0.005 *
*-----*
*MIDDEL UKE 37I 3.544 0.973 3.560 3.310 0.486 0.081 0.032 *
*ST.AV. UKE 37I 0.713 0.628 1.531 0.170 0.470 0.121 0.022 *
*-----*
* 39 I 760920 I *
* I 760921 I *
* I 760922 I 4.650 0.649 4.650 3.790 0.003 0.072 0.114 *
* I 760923 I *
* I 760924 I *
*-----*
* 40 I 760927 I *
* I 760928 I *
* I 760929 I 4.080 0.670 4.100 2.930 < 0.005 < 0.005 0.005 *
* I 760930 I *
* I 761001 I *
*-----*
*MIDDEL UKE 40I *
*ST.AV. UKE 40I *
*-----*
* 41 I 761004 I *
* I 761005 I *
* I 761006 I 2.520 0.011 2.610 2.280 0.006 < 0.005 0.009 *
* I 761007 I *
* I 761008 I *
*-----*

```

BELASTNINGSPERIODE: IV F.O.M: 761014 T.O.M: 761210

```

*****
* I I PARAMETER: P04P ENHET: MG P/L *
* UKEI DATO I *
* I I FS RF BR AS K1 K2 K3 *
*-----*
* 43 I 761016 I *
* I 761019 I *
* I 761020 I *
* I 761021 I 0.270 0.022 0.557 1.140 0.031 < 0.005 0.008 *
* I 761022 I *
*-----*
* 44 I 761025 I 0.233 < 0.005 < 0.005 < 0.005 *
* I 761026 I 0.149 0.017 0.138 0.243 < 0.005 < 0.005 < 0.005 *
* I 761027 I 0.168 0.034 0.129 0.087 < 0.005 < 0.005 < 0.005 *
* I 761028 I 0.066 0.016 0.069 0.033 < 0.005 < 0.005 < 0.005 *
* I 761029 I 0.071 < 0.005 < 0.005 < 0.005 *
*-----*
*MIDDEL UKE 44I 0.137 0.022 0.112 0.121 0.005 0.005 0.005 *
*ST.AV. UKE 44I 0.062 0.008 0.030 0.089 0.000 0.000 0.000 *
*-----*
* 45 I 761101 I 0.103 0.012 < 0.005 *
* I 761102 I 0.140 0.044 0.097 0.036 0.022 0.023 < 0.005 *
* I 761103 I 0.063 < 0.005 < 0.005 0.006 *
* I 761104 I 0.184 0.018 0.049 0.031 < 0.005 < 0.005 < 0.005 *
* I 761105 I *
*-----*
*MIDDEL UKE 45I 0.122 0.031 0.073 0.033 0.011 0.009 0.005 *
*ST.AV. UKE 45I 0.044 0.013 0.024 0.002 0.006 0.007 0.000 *
*-----*
* 47 I 761115 I 0.280 0.005 0.005 *
* I 761116 I 0.125 0.040 0.088 0.060 0.009 0.039 0.013 *
* I 761117 I 0.161 0.008 0.010 0.019 *
* I 761118 I 0.201 0.172 0.038 0.133 0.063 0.006 0.008 0.008 *
* I 761119 I 0.325 0.360 0.006 0.009 0.008 *
*-----*
*MIDDEL UKE 47I 0.263 0.219 0.039 0.110 0.061 0.006 0.014 0.012 *
*ST.AV. UKE 47I 0.062 0.087 0.001 0.022 0.001 0.001 0.012 0.004 *
*-----*
* 48 I 761122 I *
* I 761123 I 0.537 *
* I 761124 I *
* I 761125 I *
* I 761126 I *
*-----*
* 50 I 761206 I 0.205 < 0.005 0.009 0.006 *
* I 761207 I 0.783 0.059 0.302 0.258 0.023 0.023 0.010 *
* I 761208 I 2.930 0.012 0.028 0.014 *
* I 761209 I 1.910 0.041 0.815 0.019 0.018 0.008 *
* I 761210 I 1.710 0.005 0.019 0.011 *
*-----*
*MIDDEL UKE 50I 1.507 0.050 0.536 0.012 0.019 0.009 *
*ST.AV. UKE 50I 0.943 0.008 0.278 0.007 0.006 0.002 *
*-----*

```

Bilag 2: Organisk og hydraulisk belastning for de biologiske enhetene

PERIODE: I (760524 - 760705)

```

*****
*           I           RF           I           BR           I           AS           *
*           I           I           I           I           I           I           I           *
* DATO      I KG BOF7 I M3 I G BOF7 I M3 I KG BOF7 I KG BOF7 I OPPH.TID*
*           I ----- I ----- I ----- I ----- I ----- I ----- I (H) *
*           I M3*D I M2*H I M2*D I M2*D I M3*D I (KG FSS)*D I (H) *
*****
*           I           I           I           I           I           I           I           *
* 760524 I 3.74 I 3.33 I 60.6 I 0.54 I 0.70 I I I 3.8 *
* 760525 I 4.01 I 3.33 I 68.7 I 0.57 I 0.75 I I I 3.8 *
* 760526 I 3.13 I 3.33 I 50.7 I 0.54 I 0.58 I I I 3.8 *
* 760528 I 3.70 I 3.33 I 64.3 I 0.57 I 0.79 I I I 3.3 *
* 760531 I 4.73 I 3.61 I 70.8 I 0.54 I 0.81 I 0.80 I I 3.8 *
* 760601 I 4.97 I 3.61 I 74.4 I 0.54 I 0.85 I I I 3.8 *
* 760602 I 6.45 I 3.61 I 90.5 I 0.54 I 1.11 I I I 3.8 *
* 760603 I 4.90 I 3.61 I 73.3 I 0.54 I 0.84 I I I 3.8 *
* 760604 I 4.81 I 3.61 I 67.9 I 0.51 I 0.78 I 0.92 I I 4.0 *
* 760608 I 5.43 I 3.33 I 87.9 I 0.54 I 1.08 I I I 3.6 *
* 760609 I 4.52 I 3.33 I 77.4 I 0.57 I 0.84 I I I 3.8 *
* 760610 I 4.71 I 3.33 I 76.3 I 0.54 I 0.88 I I I 3.8 *
* 760611 I 4.83 I 3.33 I 82.6 I 0.57 I 0.90 I I I 3.8 *
* 760614 I 4.59 I 3.33 I 74.4 I 0.54 I 0.85 I I I 3.8 *
* 760615 I 6.69 I 3.33 I 114.4 I 0.57 I 1.25 I I I 3.8 *
* 760616 I 6.72 I 3.33 I 108.9 I 0.54 I 1.25 I I I 3.8 *
* 760617 I 5.72 I 3.33 I 92.0 I 0.54 I 1.06 I I I 3.8 *
* 760618 I 5.00 I 3.33 I 81.0 I 0.54 I 0.93 I I I 3.8 *
* 760621 I 6.70 I 3.61 I 95.6 I 0.51 I 1.24 I I I 3.6 *
* 760622 I 6.25 I 3.61 I 93.4 I 0.54 I 1.15 I I I 3.6 *
* 760623 I 5.87 I 3.33 I 93.1 I 0.54 I 1.17 I I I 3.6 *
* 760624 I 4.29 I 3.33 I 73.3 I 0.57 I 0.85 I I I 3.6 *
* 760625 I 5.20 I 3.33 I 79.7 I 0.51 I 1.03 I I I 3.6 *
* 760628 I 5.05 I 3.61 I 79.7 I 0.57 I 0.93 I I I 3.6 *
* 760629 I 4.35 I 3.61 I 65.0 I 0.54 I 0.80 I I I 3.6 *
* 760630 I 9.11 I 3.61 I 143.8 I 0.57 I 1.67 I I I 3.6 *
* 760701 I 4.59 I 3.61 I 68.6 I 0.54 I 0.84 I I I 3.6 *
* 760702 I 13.09 I 3.61 I 206.6 I 0.57 I 2.41 I I I 3.6 *
*****

```

PERIODE: II (760706 - 760825)

```

*****
*           I           RF           I           BR           I           AS           *
*           I           I           I           I           I           I           I           *
* DATO      I KG BOF7 I M3 I G BOF7 I M3 I KG BOF7 I KG BOF7 I OPPH.TID*
*           I ----- I ----- I ----- I ----- I ----- I ----- I (H) *
*           I M3*D I M2*H I M2*D I M2*D I M3*D I (KG FSS)*D I (H) *
*****
*           I           I           I           I           I           I           I           *
* 760712 I 1.30 I 1.16 I 21.2 I 0.19 I 0.20 I I I 12.8 *
* 760713 I 1.51 I 1.16 I 24.7 I 0.19 I 0.25 I I I 12.1 *
* 760714 I 0.63 I 3.33 I 17.4 I 0.19 I 0.18 I I I 12.1 *
* 760715 I 1.12 I 4.16 I 16.3 I 0.19 I 0.17 I I I 12.1 *
* 760716 I 0.82 I 3.61 I 18.8 I 0.19 I 0.19 I I I 12.1 *
* 760719 I 0.82 I 3.33 I 23.4 I 0.19 I 0.23 I I I 12.8 *
* 760720 I 1.12 I 3.88 I 19.0 I 0.19 I 0.20 I I I 12.1 *
* 760721 I 0.70 I 3.33 I 28.3 I 0.19 I 0.29 I I I 12.1 *
* 760722 I 0.69 I 3.33 I 21.5 I 0.19 I 0.22 I I I 12.1 *
* 760723 I 0.51 I 3.33 I 18.5 I 0.20 I 0.19 I I I 11.5 *
* 760726 I 0.60 I 3.33 I 20.5 I 0.19 I 0.21 I I I 12.1 *
* 760727 I 0.70 I 3.33 I 21.9 I 0.19 I 0.22 I I I 12.1 *
* 760728 I 0.50 I 3.33 I 17.5 I 0.19 I 0.18 I I I 12.1 *
* 760729 I 0.60 I 3.33 I 23.7 I 0.20 I 0.23 I I I 12.1 *
* 760730 I 0.58 I 3.33 I 24.0 I 0.20 I 0.24 I I I 12.1 *
* 760802 I 0.60 I 3.33 I 20.0 I 0.19 I 0.22 I I I 11.5 *
* 760803 I 1.20 I 3.88 I 25.5 I 0.20 I 0.25 I I I 12.1 *
* 760804 I 1.20 I 3.88 I 20.1 I 0.20 I 0.20 I I I 11.5 *
* 760805 I 1.09 I 3.88 I 17.7 I 0.19 I 0.19 I I I 11.5 *
* 760806 I 1.39 I 3.88 I 22.7 I 0.19 I 0.23 I I I 12.1 *
* 760809 I 1.42 I 3.88 I 24.4 I 0.20 I 0.24 I I I 12.1 *
* 760810 I 1.30 I 3.88 I 21.2 I 0.19 I 0.22 I I I 12.1 *
* 760811 I 1.30 I 3.88 I 21.0 I 0.18 I 0.23 I I I 12.1 *
* 760812 I 1.37 I 3.88 I 19.5 I 0.19 I 0.20 I I I 12.1 *
* 760813 I 1.20 I 3.88 I 18.0 I 0.19 I 0.19 I I I 11.5 *
* 760817 I 1.27 I 3.88 I 18.7 I 0.18 I 0.20 I I I 12.1 *
* 760818 I 1.59 I 3.88 I 21.9 I 0.18 I 0.24 I I I 12.1 *
* 760819 I 1.43 I 3.88 I 20.1 I 0.18 I 0.23 I I I 11.5 *
* 760820 I 1.77 I 4.16 I 23.0 I 0.18 I 0.25 I 0.07 I 12.1 *
* 760823 I 2.12 I 4.16 I 27.3 I 0.18 I 0.30 I 0.18 I 12.1 *
* 760824 I 1.70 I 3.88 I 25.9 I 0.18 I 0.28 I I I 12.1 *
* 760825 I 1.53 I 3.88 I 21.1 I 0.18 I 0.23 I 0.11 I 12.1 *
*****

```

PERIODE: III (760826 - 761013)

	RF				BR				AS			
DATO	KG	BOF7	M3	G	BOF7	M3	KG	BOF7	KG	BOF7	OPPH.TID	
	M3*D	M2*H	M2*D	M2*D	M3*D	(KG FSS)*D				(H)		
760826	0.84	3.33	5.9	0.04	0.04	0.02				62.4		
760827	1.32	3.33	5.8	0.04	0.04	0.02				57.7		
760830	1.58	3.05	7.4	0.04	0.07					50.2		
760831	1.97	3.61	28.1	0.19	0.30					11.5		
760901	2.00	3.61	29.2	0.19	0.31	0.16				11.5		
760902	1.84	3.88	32.4	0.19	0.35	0.17				11.5		
760903	2.04	4.16	25.0	0.20	0.27					11.0		
760906	2.07	3.88	5.0	0.03	0.04					79.6		
760907	1.08	3.88	3.9	0.03	0.03					82.5		
760908	1.88	3.88	4.8	0.03	0.04					82.5		
760909	1.68	3.88	22.0	0.16	0.27					12.1		
760910	1.45	3.88	19.4	0.16	0.23					12.1		
760922	1.85	3.88	32.8	0.19	0.33					12.1		
760929	1.90	3.88	31.0	0.19	0.32					12.1		
761006	1.58	3.88	30.8	0.19	0.31					12.1		

PERIODE: IV (761014 - 761210)

	RF				BR				AS			
DATO	KG	BOF7	M3	G	BOF7	M3	KG	BOF7	KG	BOF7	OPPH.TID	
	M3*D	M2*H	M2*D	M2*D	M3*D	(KG FSS)*D				(H)		
761021	0.22	3.05	2.5	0.04	0.04					31.6		
761024	0.13	2.77	2.3	0.05	0.04	0.02				27.1		
761025	0.28	3.05	2.9	0.04	0.05	0.03				27.5		
761026	0.38	3.05	4.9	0.05	0.08					29.2		
761027	0.53	3.05	7.4	0.05	0.12					27.8		
761028	0.64	3.05	10.6	0.05	0.18					27.8		
761029	1.78	3.05	17.8	0.05	0.29	0.17				28.5		
761101	1.77	3.05	16.3	0.05	0.27	0.14				27.8		
761102	1.38	2.77	17.9	0.05	0.29	0.19				28.1		
761103	1.18	2.77	14.2	0.05	0.23	0.08				28.8		
761104	0.59	3.05	8.7	0.05	0.11	0.07				28.8		
761115	2.65	3.61	46.6	0.20	0.46	0.35				12.1		
761116	2.59	3.61	51.9	0.20	0.51					12.1		
761117	3.03	3.61	55.9	0.20	0.55	0.42				12.1		
761118	2.88	3.61	50.1	0.19	0.52	0.35				12.1		
761119	2.98	3.61	57.9	0.19	0.60	0.45				12.1		
761123	2.84	3.61	49.8	0.19	0.51					12.1		
761206	1.68	3.16	12.3	0.06	0.12					33.9		
761207	1.41	2.88	11.8	0.06	0.12					33.4		
761208	0.41	2.88	8.9	0.06	0.10					30.8		
761209	0.29	2.77	5.3	0.06	0.05					36.0		
761210	0.38	2.77	6.2	0.06	0.06					37.2		

Type poly- elekt- rolytt	Type siam	28/10			29/10			31/10																																	
		K1 (1,3% TS)	K2 (1,5% TS)	K3 (1,5% TS)	K1 (1,4% TS)	K2 (2,0% TS)	K3 (1,5% TS)																																		
Omstrø- rings- tid	Ingen 0,125 0,25 0,5	Ingen 0,125 0,25 0,5	Ingen 0,125 0,25 0,5	Ingen 0,125 0,25 0,5	Ingen 0,125 0,25 0,5	Ingen 0,125 0,25 0,5	POLNELEKTROPOLYTTDOSEERING (% av TS)	Ingen 0,125 0,25 0,5	Ingen 0,125 0,25 0,5	Ingen 0,125 0,25 0,5																															
											0	Praestoi 444K	100	0	10	40	100	160,1	27,0	17,3	18,0	320,8	20,6	18,5	34,2	286,2	16,8	22,2	37,7	-	18,3	18,9	21,1	-	20,0	13,4	23,1	-	19,6	40,4	55,8
0	Herco 819.2A	100	0	10	40	100	196,9	-	25,5	16,2	390,9	94,8	29,3	20,0	333,0	68,5	16,6	13,8	-	70,8	42,2	15,4	-	123,2	52,9	12,9	-	100,9	29,0	23,2											
																															0	Herco 819.2A	100	0	10	40	100	204,9	130,1	63,2	27,1

