



Institutionen för
vattenförsörjnings- och avloppsteknik

ISSN 0348-1808

SLAMPRODUKTION VID AKTIVT SLAMPROCESSEN MED OCH UTAN FÖRSEDIMENTERING

Maths Rydberg

Nyckelord: Slamproduktion, aktivtslamprocessen, försedimentering,
laboratorieundersökning.

SLAMPRODUKTION VID AKTIVT SLAMPROCESSEN MED OCH UTAN FÖRSEDIMENTERING

Maths Rydberg

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	<u>Sid</u>
SAMMANFATTNING	1
INTRODUKTION	2
UTFÖRANDE	3
Avloppsvattnet	3
Apparatur och drift	3
Analyser	6
Suspenderade ämnen i slam	6
Suspenderade ämnen i vatten	6
pH	6
COD	6
BOD	6
ATP	6
RESULTAT	7
REFERENSER	15
BILAGA I	1:1

SAMMANFATTNING

I föreliggande examensarbete har jag, genom experiment i laboratorieskala, bestämt slamproduktionen vid aktivt slam-anläggningar med respektive utan försedimentering som funktion av slamålder.

Resultaten visar en låg slamproduktion för anläggningar med försedimentering, 0,10-0,15 kg slam/kg COD. Vid anläggningar utan försedimentering är slamproduktionen högre, 0,25-0,30 kg slam/kg COD, men här minskar förvånansvärt nog slamproduktionen med ökande slambelastning. Jämfört med tidigare presenterade data av Hopwood och Downing, /1/, och Øren, /2/, är den här utvärderade slamproduktionen väsentligt lägre, speciellt vid hög slambelastning.

INTRODUKTION

Aktivslamsteget på befintliga avloppsreningsverk föregås oftast av försedimentering, men genomgående finns lite påtagliga slamproduktionsdata från fullskaleanläggningar. Även experimentella undersökningar har tidigare gjorts endast i ringa omfattning. Det mest kända är Hopwood och Downings, /1/. De har experimentellt bestämt en slamproduktionskurva för aktivtslamprocessen med försedimentering. Denna kurva har Øren, /2/, använt för att rent teoretiskt räkna ut en motsvarande för processen utan försedimentering. Utgående från dessa har jag bestämt slamproduktionsdata för användande vid dimensionering av nya avloppsreningsverk.

Gujer, /3/, har ställt upp en matematisk modell som kan användas för att beräkna slamproduktion, med hänsyn tagen till både lösligt och ej lösligt biologiskt **nedbrytbart material**, har undersökt produktion, handhavande och disponering av kemiskt slam vid en fullskaleanläggning i Canada.

UTFÖRANDE

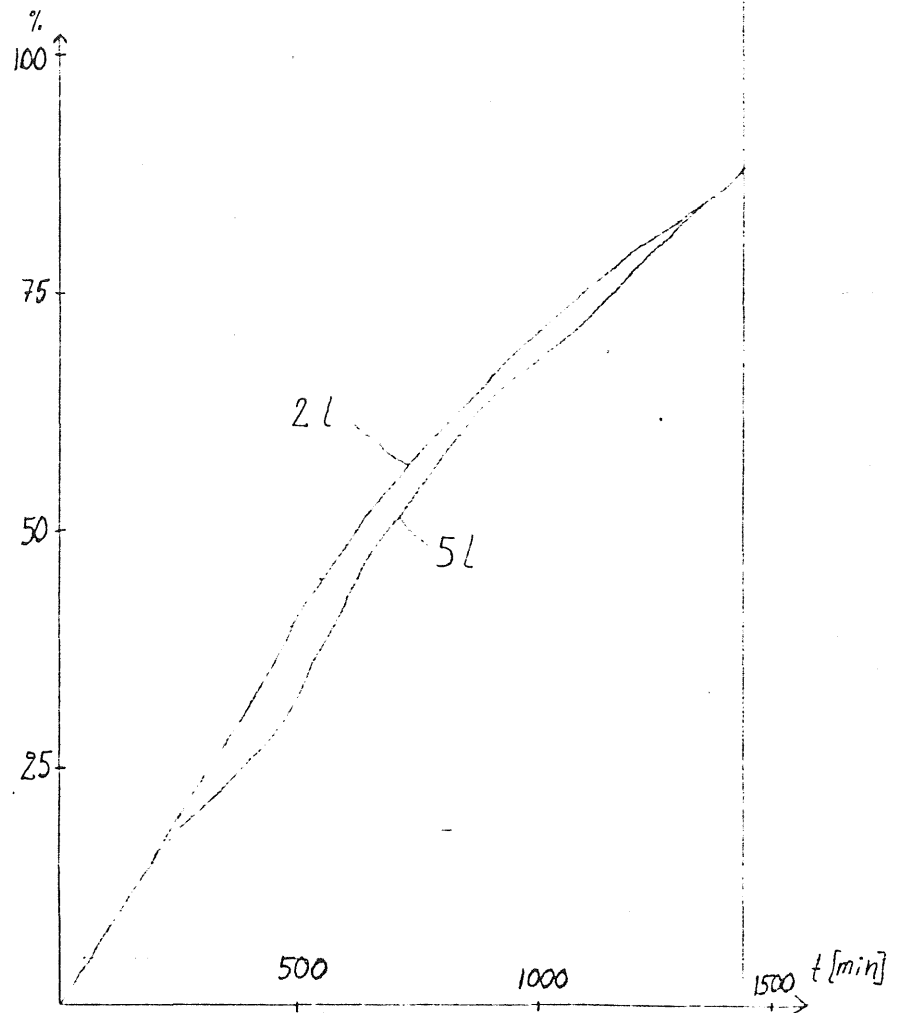
Avloppsvattnet

Fig. 1: Smälthastighet av 2-liters och 5-litersflaskor.

Det i försöket använda vattnet hämtades från intaget till ett, i Annekärr i Lerums kommun beläget, avloppsreningsverk. Vid varje tillfälle hämtades vatten motsvarande en veckas förbrukning. Vattnet sedimenterades, överfördes till 2-liters och 5-litersflaskor, frystes och förvarades sedan vid -5°C . Det avskiljda slammets förvarades i 250-millilitersflaskor vid $+8^{\circ}\text{C}$ för att bevaras intakt tills det användes.

Apparatur och drift

Försöksanläggningen, som framgår av fig 2, bestod av en luftningsbassäng, D, utvecklad av Water Research Centre, /4/, med permeabel innerbassäng och en ytterbassäng med utloppet placerat på en sådan nivå, att volymen i bassängen hela tiden var 3 liter. Ovanför denna hängdes flaskor med det frysta vattnet, A, som fick självmälta. Vid försök visade det sig att smälthastigheten av vattnet i flaskorna var i stort sett konstant, se fig 1. Det från utloppet avrunna renade vattnet samlades i en behållare, E. Luftningen i luftningsbassängen D tillgodosågs medelst en akvarieluftare, G.

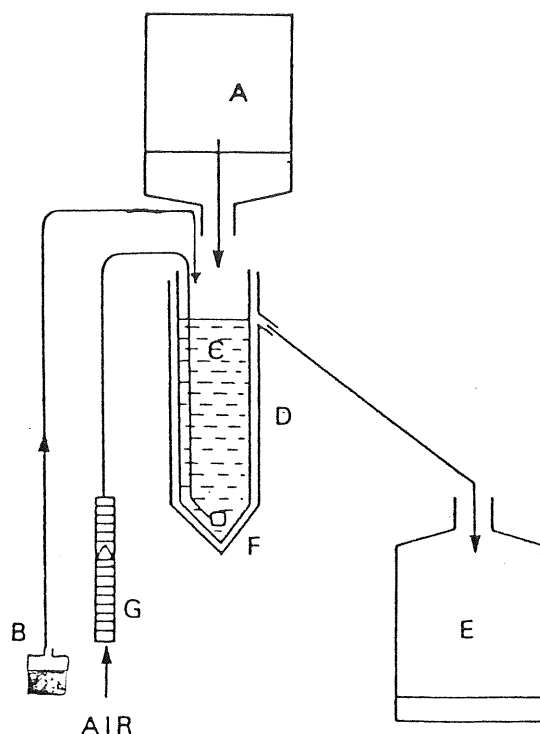


Fig. 2: Principskiss av försöksanläggningen.

A: Försedimenterat avloppsvatten.

B: Slam som tillsattes till de bassänger som skulle arbeta utan försedimentering.

C: Permeabel innerbassäng.

D: WRC's bassäng, se fig 3.

E: Uppsamlingskärl för renat vatten.

F och G: Akvarieluftare med sten.

Slam tillsattes en gång dagligen till de bassänger som skulle arbeta utan försedimentering enligt tab 1.

Experimentet försiggick under konstant temperatur, $+16^{\circ}$ C. Detta åstadkoms genom att luftningsbassängerna var nedsänkta i ett vattenbad.

För att åstadkomma olika slamålder uttogs en viss mängd av slam-vattenblandningen i luftningsbassängen varje dag, se tab 1.

Tab. 1: Tillförd och uttagen mängd vatten och slam.

Luftningsbassäng	1	2	3	4	6	7	8
Tillförd volym avloppsvatten (l/d)	7,8	3,5	1,75	1,0	6,1	2,75	1,75
Tillförd volym slam (l/d)	0,08	0,04	0,02	0,01	-	-	-
Uttagen volym slamvattenblandning (l/d)	1,5	0,6	0,23	0,1	0,6	0,23	0,1

1: Eftersträvad slamålder, $G = 2$ dygn utan försedimentering.

2:	"	"	$G = 5$	"	"	"
3:	"	"	$G = 13$	"	"	"
4:	"	"	$G = 30$	"	"	"
6:	"	"	$G = 5$	"	med	"
7:	"	"	$G = 13$	"	"	"
8:	"	"	$G = 30$	"	"	"

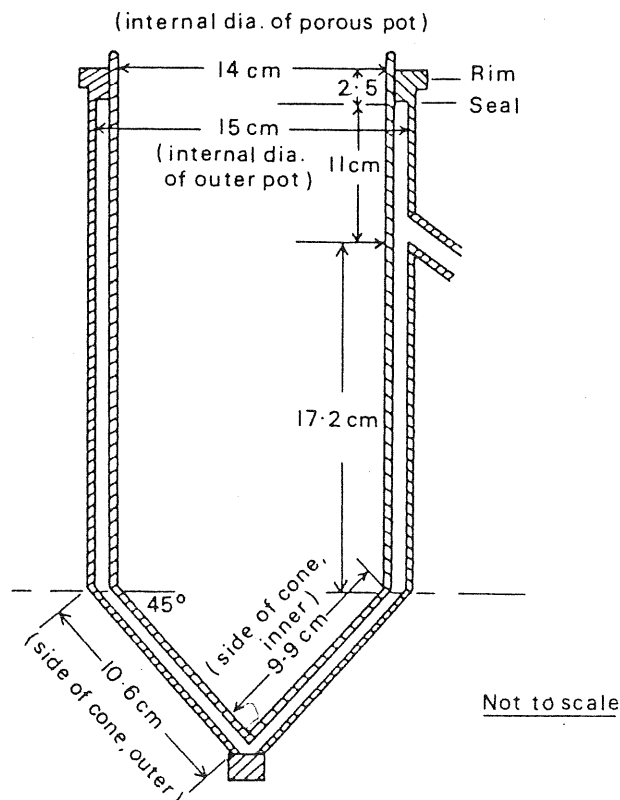


Fig. 3: WRC's permeable 3-litersbassäng.

Analyser

De analyser som utfördes var koncentrationen suspenderade ämnen i slam, koncentrationen suspenderade ämnen i vatten, pH, COD, BOD och ATP.

Suspenderade ämnen i slam

Koncentrationen av suspenderade ämnen i slam mättes genom att två prover på vardera 50 ml uttogs från luftningsbassängen. Dessa centrifugerades i 10 min vid 2100 g vid medelvattendjup. Därefter dekanterades vattnet bort och slamkakan överfördes med hjälp av destillerat vatten till skålar, vilka torkades i värmeskåp, vid en temperatur av 105^o C, i 24 timmar. Proven vägdes och ett medelvärde av de två proven räknades fram.

Suspenderade ämnen i vatten

Koncentrationen av suspenderade ämnen i vatten mättes enligt svensk standard, SS 02 81 22, med glasfiberfilter Whatman GF/C.

pH

pH mättes enligt svensk standard, SIS 02 81 22.

COD

Kemisk syreförbrukning, COD, mättes enligt DEW /5/.

BOD

Biologisk syreförbrukning, BOD, mättes respirometriskt med dubbelprov med s k Sapro-matao-aratur.

ATP

Adenositri-fosfat, ATP, mättes enligt NIVA /6/.

RESULTAT

Vid varje tillfälle avloppsvatten hämtades mättes efter sedimenteringen COD-värdet på både vattnet och slammet. På det renade vattnet mättes COD och koncentrationen suspenderade ämnen, SS. SS-halten översteg aldrig 10 ml/l, vilket beror på att vattnet när det passerat den inre väggen i försöksanläggningen är att betrakta som filtrerat. COD-värden och SS-halt framgår av bilaga.

Luftningsbassängerna delades upp i två grupper om vardera fyra, med olika eftersträvd slamålder. Den ena gruppen arbetade med försedimentering och den andra utan. De eftersträfvade slamåldrarna var för bägge grupperna 2, 5, 13 och 30 dygn men på grund av samverkande olyckliga omständigheter tvingades jag ta bassängen med 2 dygns slamålder med försedimentering ur drift efter endast några veckor. I luftningsbassängerna mättes pH, ATP och koncentrationen suspenderade ämnen i slam.

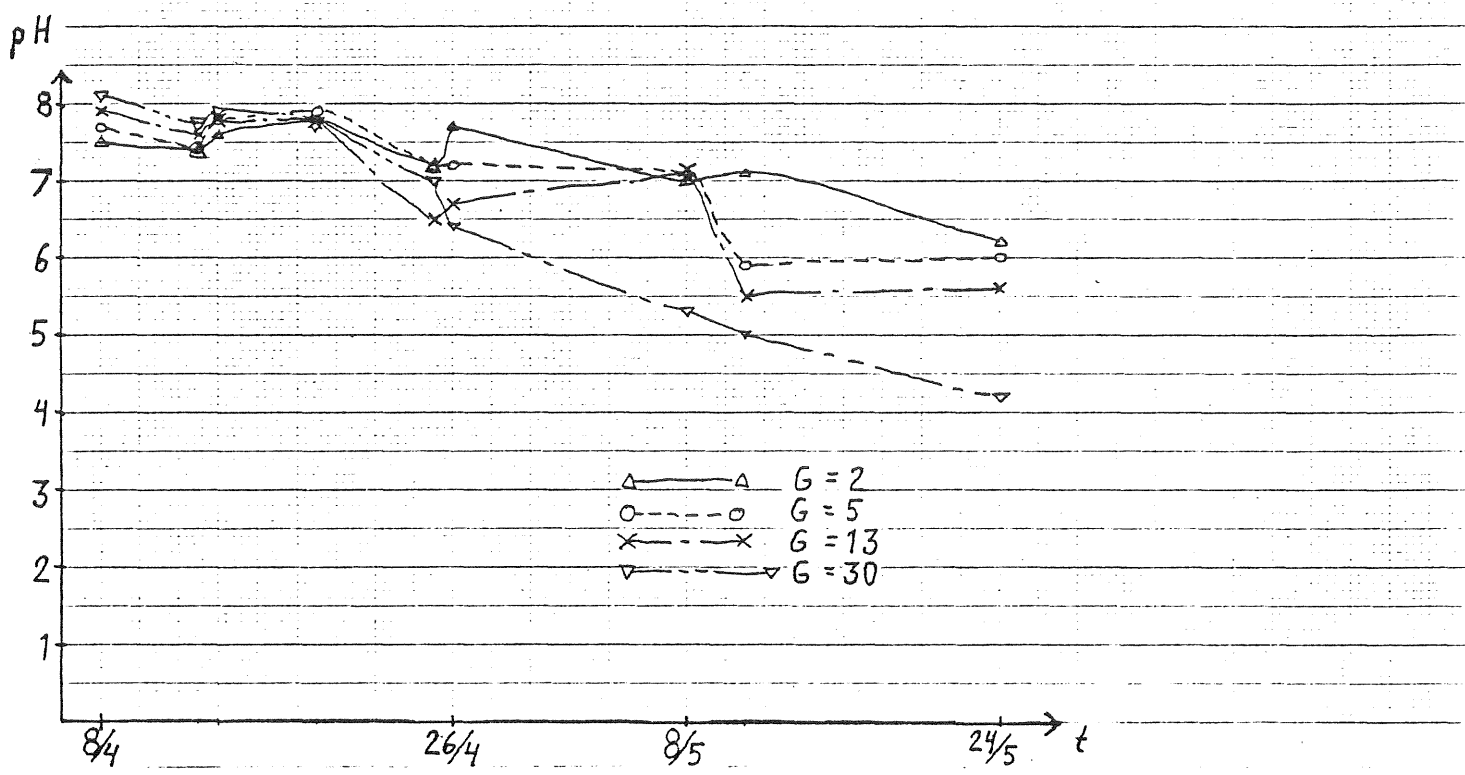


Fig. 4: pH i luftningsbassängerna utan försedimentering.

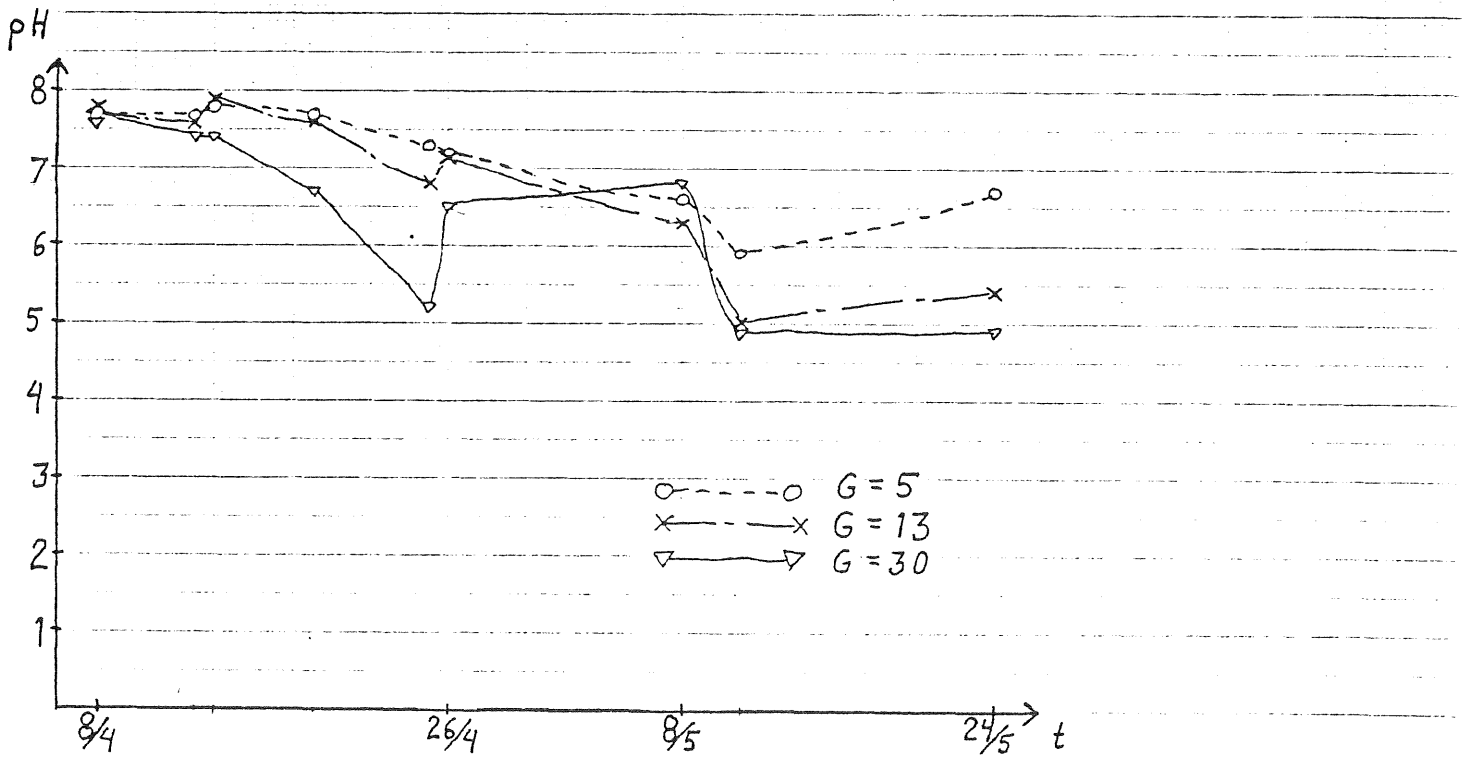


Fig. 5: pH i luftningsbassängerna med försedimentering.

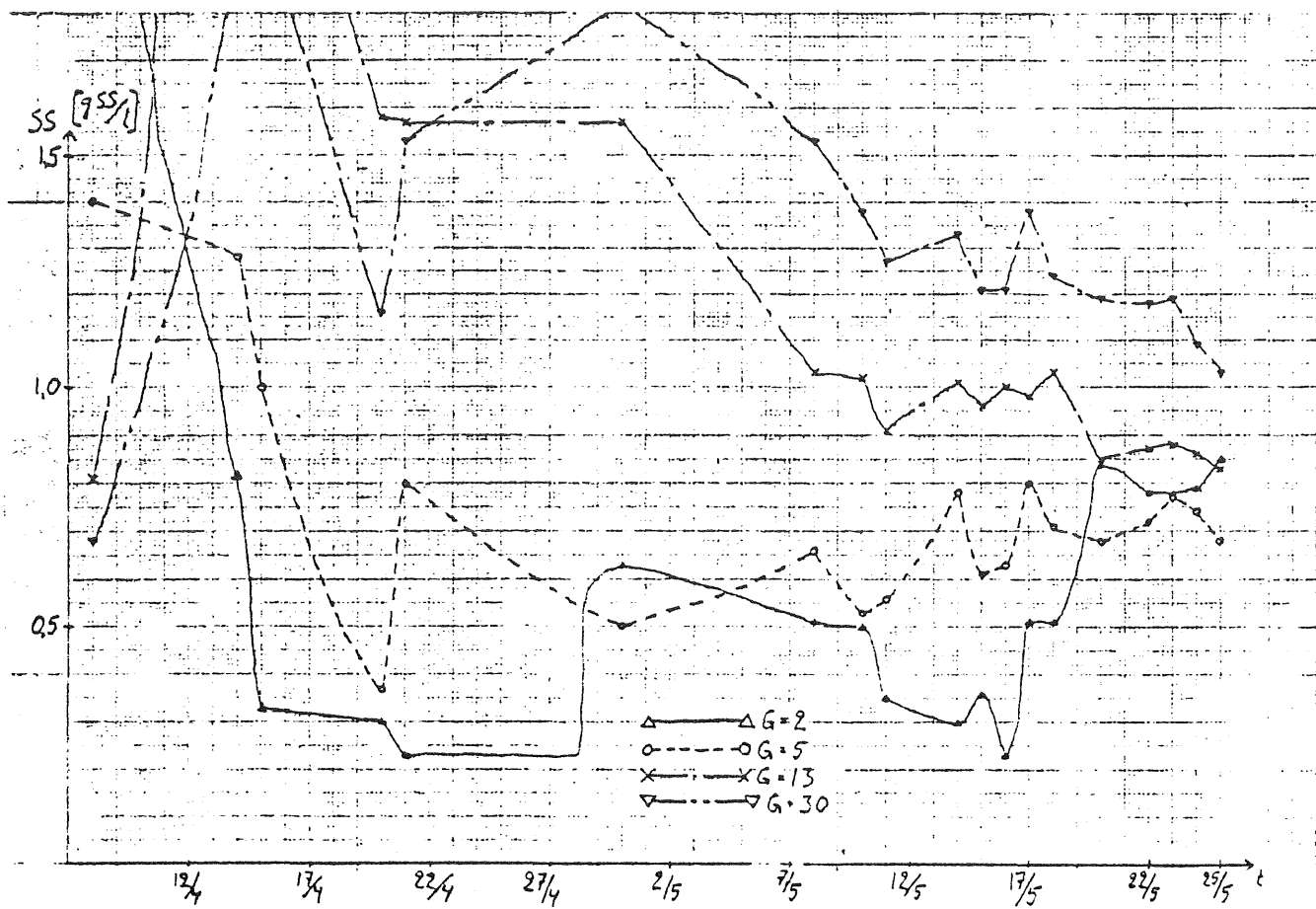


Fig. 6: Mängden suspenderade ämnen i slammet i bassängerna utan försed.

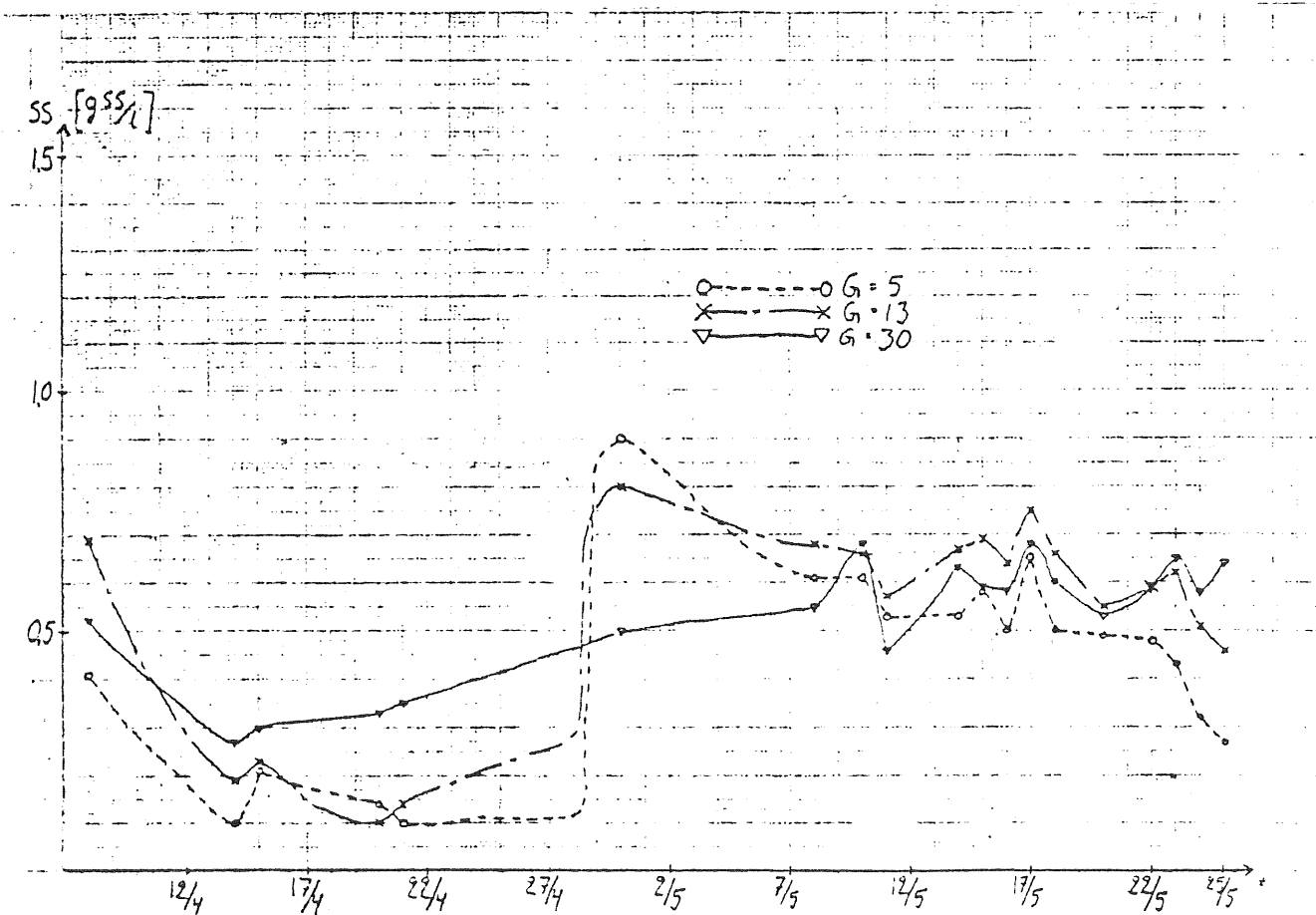


Fig. 7: Mängden suspenderade ämnen i slammet i bassängerna med försed.

Som framgår av fig 4 och 5 sjönk pH-värdet under experimenttiden. Beklagligtvis mättes inte pH på avloppsvattnet men emedan det bestod av ordinärt hushållsavlopp varierade pH förmodligen inte nämnvärt och kan antas ha legat runt 7. En trolig orsak till sänkningen, som också styrks av att den ökar med ökande slamålder, är nitrifikation.

När man studerar fig 6 och 7 som visar koncentrationen suspenderade ämnen i slam, kan man ha i åtanke att de första dagarna användes vatten hämtat i luftningsbassängen på reningsverket istället för avloppsvatten för att snabbare få igång processen. Ett annat faktum av viss betydelse som framgår tydligast i fig 7, är att mycket slam satte sig på väggarna i behållarna. Då dessa endast rymmer 3 liter har de en stor väggyta i förhållande till volymen och en avsevärd del av den totala slammängden kan häfta vid väggarna, men efter den 29/4 rengjordes väggarna och luftningsaggregaten dagligen.

Resultatet av ATP-analyserna som utfördes återfinns i fig 8 och 9.

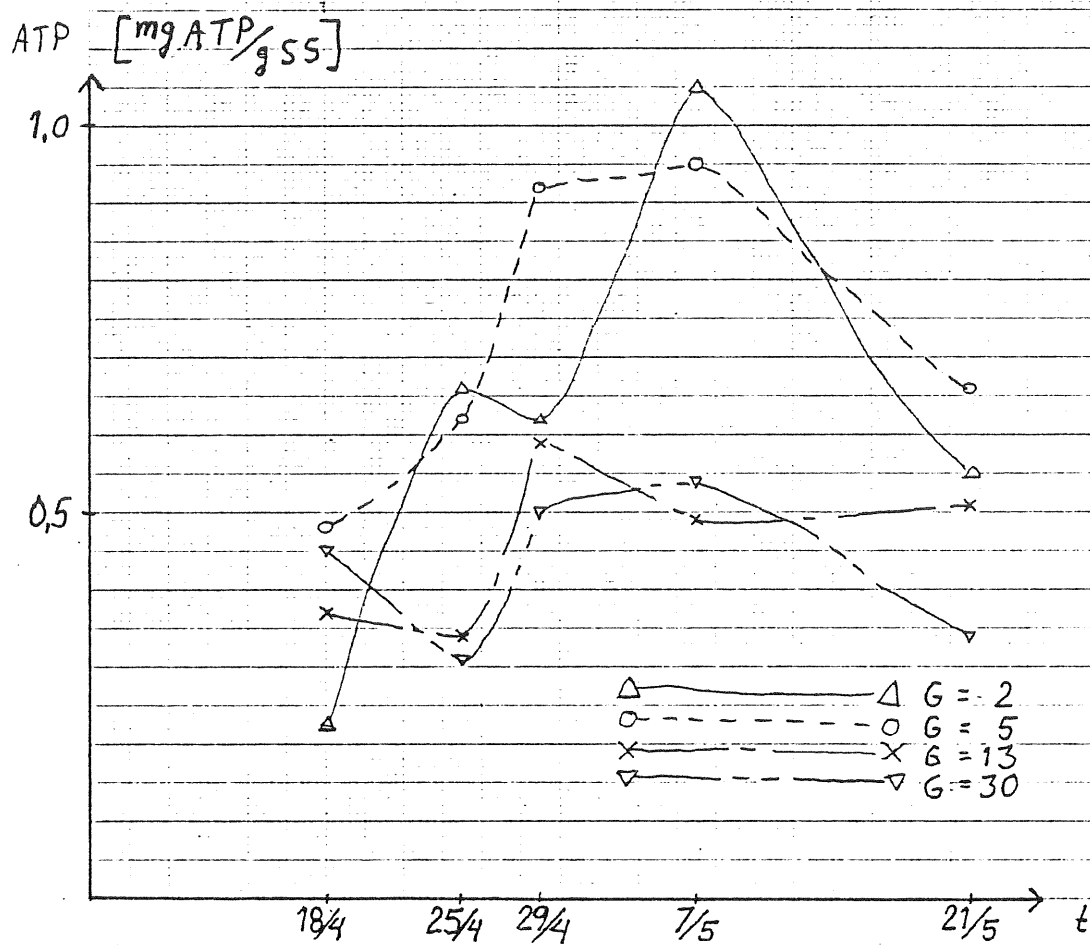


Fig. 8: ATP-värden i bassänger utan försedimentering.

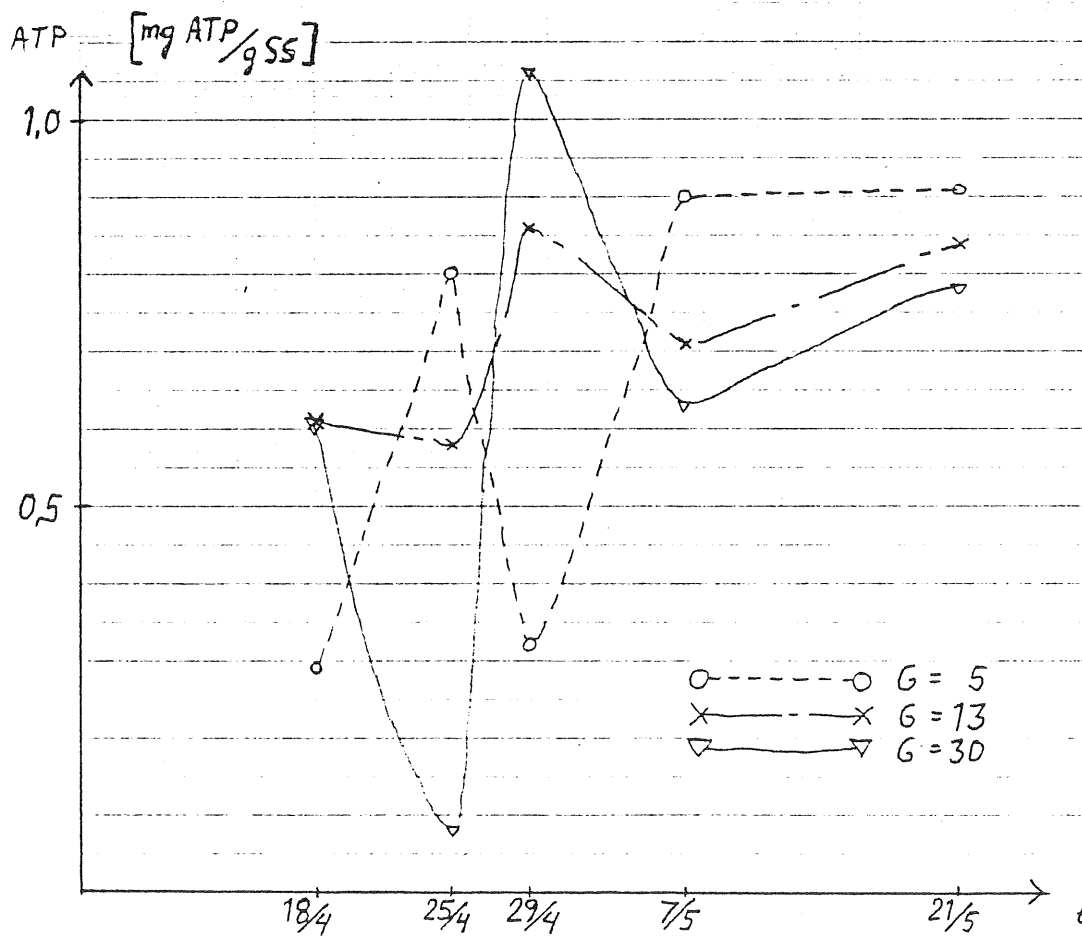


Fig. 9: ATP-värden i bassänger med försedimentering.

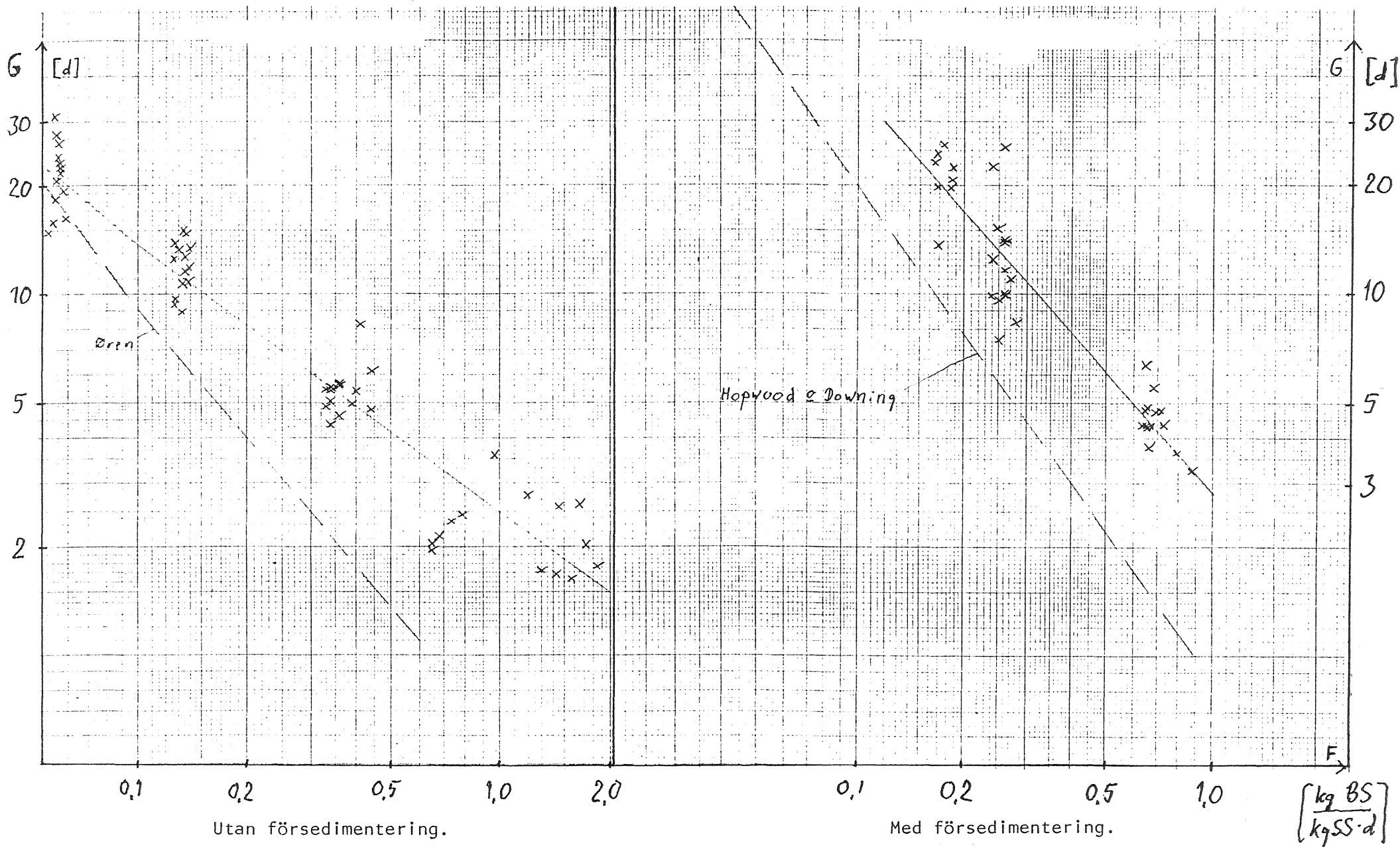


Fig. 10: Förhållande mellan slamålder och slambelastning.

I fig 10 finns Hopwood och Downings, /1/, Ørens, /2/, och de här uträknade förhållandekurvorna mellan slamålder och slambelastning. Vid uträkning av faktisk slamålder har, på grund av den dagliga ändringen av slamkoncentrationen i luftningsbassängerna, använts glidande medelvärde över 5 dagar. Slamåldern har beräknats från följande uttryck:

$$\frac{1}{G} = \frac{\sum V_i \cdot C_{SS_i} + V_L (C_{SS_0} - C_{SS_t})}{d \cdot V_L \cdot \bar{C}_{SS}} \quad \text{där}$$

G = Slamålder

V_i = Uttagen volym slamvatten per dag.

C_{SS_i} = Koncentrationen suspenderade ämnen i slammet dag i .

V_L = Volymen vatten i luftningsbassängen = 3 liter.

C_{SS_0} = Koncentrationen suspenderade ämnen i slammet dag 0.

C_{SS_t} = Koncentrationen suspenderade ämnen i slammet dag t .

d = Antal dagar medelvärdet är mätt över = 5.

\bar{C}_{SS} = Medelvärdeskoncentrationen suspenderade ämnen i slammet under de 5 dagarna.

och slambelastningen:

$$F = \frac{Q \cdot \bar{C}_{COD} \cdot a}{V_L \cdot \bar{C}_{SS}} \quad \text{där}$$

F = Slambelastning

Q = Vattenflödet

\bar{C}_{COD} = Medelvärdeskoncentrationen kemisk syreförbrukning under de 5 dagarna.

a = En multipel för omräkning av kemisk till biologisk syreförbrukning = 0,5.

Dessa förhållandekurvor räknades ut, efter en inkörningsperiod på några veckor, under tiden 30/4-25/5 och att biologisk syreförbrukning inte användes berodde på att den mättes knapphändigt, vilket kan ses i bilaga.

Slamproduktionen i anläggningar med försedimentering var mellan 0,10 och 0,15 kg slam/kg COD, och i anläggningar utan försedimentering 0,25-0,30 kg slam/kg COD, se tab 2. Här kan man med förvåning notera att slamproduktionen i anläggningar utan försedimentering ökar med ökande slamålder. Detta kan dock hänföras till mätfel i analyserna.

Tab. 2: Medelslamproduktion, (kg SS/kg COD).

Eftersträvad slamålder	Slamproduktion utan försed.	Slamproduktion med försed.
2 dygn	0,25	-
5 dygn	0,27	0,15
13 dygn	0,30	0,15
30 dygn	0,31	0,10

Som framgår av fig 10 har jag för anläggningar med försedimentering fått en lägre slamproduktion än Hopwood och Downing, medan jag för anläggningar utan försedimentering vid en slamålder på 25 dygn har fått samma slamproduktion som Øren. Vid lägre slamålder har min slamproduktion varit lägre än Ørens. Detta kan i viss mån förklaras med att slammet i anläggningarna utan försedimentering inte tillsattes kontinuerligt tillsammans med vatten utan separat en gång dagligen. En annan förklaring till detta kan kanske vara att pH i mitt experiment har varit lägre.

REFERENSER

- /1/ Hopwood A.P. och Downing A.L.: "Factors affecting the rate of production and properties of activated sludge in plants treating domestic sewage". J. Inst. Sew. Purif., 64, 435-448, (1965).
- /2/ Øren K.: "Systemanalyse av slambehandling". Utvalg for fast avfall - NTNF, Projektnr 1.2.17, (1977).
- /3/ Gujer W.: "The effect of particulate organic material on activated sludge yield and oxygen requirement". Prog. Wat. Tech., 12, 79-95, (1980).
- /4/ Painter H.A. och King E.F.: "WRC Porous-pot method for assessing biodegradability". Water Research Centre, Technical report TR 70, (1978).
- /5/ "Deutsche Einheitsverfahren zur Wasseruntersuchung" H4, (1968).
- /6/ "Innledende studier over adenosintrifosfat (ATP) som mål på biomasse i forsøksresipienter og aktivslamanlegg". Norsk Institutt for Vannforskning, Blindern (1972).

BILAGA I

	COD vatten	COD slam	BOD vatten	BOD slam
13/4 - 18/4	0,23	7,17	-	-
19/4 - 25/4	0,19	1,39 ^x	-	-
26/4 - 30/4	0,26	4,34	-	-
1/5 - 7/5	0,41	7,04	0,35	-
8/5 - 16/5	0,35	7,70	-	-
17/5 - 25/5	0,34	6,21	0,27	3,28

Tab. I-1: Kemisk och biologisk syreförbrukning i avloppsvattnet, (g/l).

x) Troligen fel i analysen.

	1	2	3	4	5	6	7	8
15/4	98	66	86	68	44	31	31	14
22/4	38	41	51	57	38	39	31	28
29/4	40	44	46	40	28	40	32	42
6/5	35	40	63	44	29	27	32	27
13/5	35	27	32	37	-	22	19	21
20/5	44	31	28	35	-	35	31	25
25/5	46	43	40	43	-	46	16	10

Tab. I-2: Kemisk syreförbrukning i det renade vattnet, (mg/l).

	1	2	3	4	5	6	7	8
8/4	7,5	7,7	7,9	8,1	7,5	7,7	7,7	7,7
13/4	7,4	7,4	7,6	7,7	7,6	7,7	7,6	7,4
14/4	7,6	7,8	7,8	7,9	8,0	7,8	7,9	7,4
19/4	7,8	7,9	7,8	7,8	7,8	7,7	7,6	6,7
25/4	7,2	7,2	6,5	7,0	7,3	7,3	6,8	5,2
26/4	7,7	7,2	6,7	6,4	7,7	7,2	7,2	6,5
8/5	7,0	7,1	7,1	5,3	-	6,6	6,3	6,8
11/5	7,1	5,9	5,5	5,0	-	5,9	5,0	4,9
24/5	6,2	6,0	5,6	4,2	-	6,7	5,4	4,9

Tab. I-3: pH i luftningsbassängerna.

	1	2	3	4	5	6	7	8
18/4	0,23	0,48	0,37	0,45	0,29	0,29	0,61	0,61
25/4	0,66	0,62	0,34	0,31	0,79	0,80	0,58	0,08
29/4	0,62	0,92	0,59	0,50	4,21	0,32	0,86	1,06
7/5	1,05	0,95	0,49	0,54	-	0,90	0,71	0,63
21/5	0,55	0,66	0,51	0,34	-	0,91	0,84	0,78

Tab. I-4: Adenosintrifosfat i luftningsbassängerna, (mg ATP/g SS).

Numreringen av luftningsbassängerna i bilagan är samma som i tab 1 sid 5, med tillägg för luftningsbassäng 5; eftersträvad slamålder 2 dygn med försedimentering.

	1	2	3	4	5	6	7	8
8/4	2,66	1,40	0,81	0,68	0,10	0,41	0,69	0,52
14/4	0,82	1,28	2,76	1,92	0,04	0,10	0,19	0,27
15/4	0,33	1,00	2,65	1,88	0,18	0,21	0,23	0,30
20/4	0,30	0,37	1,58	1,16	0,06	0,14	0,10	0,33
21/4	0,23	0,80	1,57	1,53	0,12	0,10	0,14	0,35
30/4	0,63	0,50	1,57	1,88	0,04	0,90	0,80	0,50
8/5	0,51	0,66	1,03	1,53	-	0,61	0,68	0,55
10/5	0,50	0,53	1,02	1,38	-	0,61	0,66	0,68
11/5	0,35	0,56	0,91	1,27	-	0,53	0,57	0,46
14/5	0,30	0,78	1,01	1,33	-	0,53	0,67	0,63
15/5	0,36	0,61	0,96	1,21	-	0,58	0,69	0,59
16/5	0,23	0,63	1,00	1,21	-	0,50	0,64	0,58
17/5	0,51	0,80	0,98	1,38	-	0,65	0,75	0,68
18/5	0,51	0,71	1,03	1,24	-	0,50	0,66	0,60
20/5	0,84	0,68	0,85	1,19	-	0,49	0,55	0,53
22/5	0,78	0,72	0,87	1,18	-	0,48	0,59	0,59
23/5	0,78	0,77	0,88	1,19	-	0,43	0,62	0,65
24/5	0,79	0,74	0,86	1,09	-	0,32	0,51	0,58
25/5	0,85	0,68	0,83	1,03	-	0,27	0,46	0,64

Tab. 1-5: Koncentrationen suspenderade ämnen i slammet i luftningsbassängerna, (g SS/l).

	1	2	3	4	5	6	7	8
8/4	266	140	81	68	10	41	69	52
14/4	1232	769	276	192	24	10	19	27
15/4	33	100	265	188	18	21	23	30
20/4	442	222	364	116	84	82	10	33
21/4	345	480	363	153	174	62	14	35
30/4	940	299	362	188	60	539	185	50
8/5	759	394	238	153	-	368	157	55
10/5	752	316	235	138	-	368	152	68
11/5	528	337	211	127	-	318	131	46
14/5	454	466	233	133	-	317	156	63
15/5	543	366	221	121	-	349	159	59
16/5	342	377	230	121	-	299	148	58
17/5	760	483	227	138	-	390	173	68
18/5	760	428	238	124	-	303	153	60
20/5	1262	409	197	119	-	292	128	53
22/5	1168	432	201	118	-	286	137	59
23/5	1170	461	202	119	-	256	144	65
24/5	1186	445	199	109	-	194	118	58
25/5	1281	410	191	103	-	161	106	64

Tab. I-6: Uttagen mängd slam ur luftningsbassängerna, (mg).

	1	2	3	4	5	6	7	8
15/4	10	9	10	7	2	4	6	4
22/4	4	2	3	6	4	1	1	2
29/4	8	10	9	10	4	9	9	8
6/5	3	4	10	5	5	5	3	6
20/5	1	1	1	4	-	1	1	1
25/5	2	10	9	6	-	9	9	8

Tab. I-7: Koncentrationen suspenderade ämnen i det renade vattenet, (mg SS/l).

