เอกสารอ้างอิง

1. Canberry, J.B., McCafferry III, T.F., and Clunie, R.M., "Protein Recovery from Waste Activated Sludge", New Process of Waste Water Treatment and Recovery, 1975.

2. Forster, C.F., "Sludge-Waste or Raw Material?", Effluent & Water Treatment Journal , November, 1973.

3. Wu, Y.C., Arnold, S.L., and Ou, K.C., "Ecological Study of Activated Sludge Settling Property in the Completely Mixed System", Water Res. vol.18, No.12, 1984.

4. ธิติ เชี่ยวชาญวิทย์, "ความสามารถในการจมตัวของตะกอนเลนจากระบบแอคทิเวเตด-สลัดจ์แบบบีเอฟพี ที่ใช้บำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานเบียร์", วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527.

5. บริษัทบุญรอดบริวเวอรี่ จำกัด, รายงานผลการวิเคราะห์น้ำทิ้งในแต่ละวันประจำปี 2530, แผนกบำบัดน้ำทิ้ง, 2530.

6. Sundstrom, D.W., and Klei, H.E., Wastewater Treatment , Prentice Hall,Inc., Englewood Cliffs, N.J., U.S.A., 1979.

7. Niku, S., and Schroder, E.D., "Factors Affecting Effluent Variability from Activated Sludge Process", JWPCF, vol.53, No.5, 1981.

8. Saunders, F.M., and Dick, R.I., "Effects of Mean-Cell Residence Time on Organic Composition of Activated Sludge Effluents", JWPCF, vol.53, No.2, 1981.

9. Tchobanoglous, G., Wastewater Engineering Teratment Disposal Reuse , 2nd Edition, New Delhi, Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd., 1979.

10. Ghobrial, F.H., "Importance of the Clarification Phase in Biological Process Control", Water Res. (G.B.), 12, 1978.

11. บุญจง จรัสดำรงนิตย์, "ผลของตะกั่วต่อระบบบำบัดน้ำเสียแบบเลี้ยงตะกอนแขวนลอย", วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526.

12.Gaudy, A., and Guady, E., Microbiology for Environmental Scientists and Engineers, McGraw-Hill International Book Company, 1981.

13.Strom,P.F., and Jenkins, D., "Identification and Significance of Filamentous Microorganisms in Activated Sludge", JWPCF , 56, No.5, 1984.

14.มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, การออกแบบขั้นขบวนการของระบบกำจัดน้ำเสียที่อาศัยหลักชีววิทยา เล่มที่ 1-ความรู้พื้นฐาน, ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2523.

15.ธีระ เกรอต, ดร. , เอกสารประกอบการเรียนวิชา Advanced Wastewater, ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526.

16.Tuntoolavest, M., Miller, E., and Grady, C.P.L.,Jr., "Factors Affecting the Clarification Performance of Activated Sludge Final Settlers", JWPCF. vol.55, No.3, 1983.

17.Chao, A.C., and Keinath, T.M., "Influence of Process Loading Intensity on Sludge Clarification and Thickening Characteristics", Water Res. vol.13, 1979.

18.Hejzlar, J., and Chudoba, J., "Microbial Polymers in the Aquatic Environment-I,Production By Activated Sludge Microorganisms Under Differrent Conditions", Water Res. vol.20, 1986.

19.Pipes, W.O., and Minnigh, H.A., "Microbiology: Wastewater Treatment Activated Sludge", JWPCF. No.6 (literature review issue), 1982.

20.Eriksson, L., and Hardin, A.M., "Settling Properties of Activated Sludge Related to Floc Structure", Wat.Sci.Tech. vol.16, 1984.

21.Horan, N.J., and Shanmugan, P., "Effects of Starvation and Nutrient Depletion on the Settling Properties of

Activated Sludge", Water Res. vol.20, No.5, 1986.

22.จิราภรณ์ โล่วงค์วัฒน์, "การผลิตโปรตีนเซลเดียวโดยใช้เชื้อรา", ปัญหาพิเศษปริญญาโท ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2522.

23.สุธาทิพย์ เมฆรุ่งเรืองไกร, "การคัดเลือกและการเลี้ยงสายพันธุ์ยีสต์ที่มีโปรตีนสูงในของเสียจากโรงงานทำสับปะรดกระป๋อง", ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชา - จุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526.

24.Stafford, D.A., Wimpenny, J.W.T., Hughes, D.E.,Kane-McGuire,L., and Rasheed,A.C.M., "Protein Recovery from Biological Treatment Process", Conserv.& Recycl., 3, 1979.

25.Sridhar, M.K.C., and Pillai, S.C., "Protein in Wastewater and Wastewater Sludge", JWPCF. vol.45, No.7, 1973.

26.Anderson, R.F., and Jackson, R.W., "Essential Amino Acid in Microbial Protein", Appl.Microbiol., 6, 1958.

27.APHA AWWA, and WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 16thEdition. Washington,D.C.: American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Pollution Control Federation, 1985.

28.____. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 14thEdition. Washington,D.C.: American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Pollution Control Federation, 1975.

29.Phipps, H.P., and Strange, "Chemical Analysis of Microbial Cells", Method in Microbiology (Norris,J.R.,and Ribbon,D.W.,eds.), vol. 5b, pp.210-265, Academic Press, London & New York, 1971.

30.Sherrard, J.H., and Schroeder, E.D., "Cell Yield and Growth Rate in Activated Sludge", JWPCF. vol.45, No.9, 1973.

31.--------, "Relationship Between the Observed Cell Yield Coefficient and Mean Cell Residence Time in the Completely Mixed Activated Sludge Process", Water Res.

vol.6, 1972.

32.Lovett, D.A., Travers, S.M., and Davey, K.R., "Activated Sludge Treatment of Abattoir Wastewater-I. Influence of Sludge Age and Feeding Pattern", Water Res. vol.18, 1984.

33.Lovett, D.A., Kavanagh, B.V., and Herbert, L.S., "Effect of Sludge Age and Substrate Composition on the Settling and Dewatering Characteristics of Activated Sludge", Water Res. vol.17, No.11, 1983.

34.Benedict, A.H.,Merrill, M.S., and Mauseth, G.S., "Sludge Production, Waste Composition and BOD Loading Effects for Activated Sludge System", JWPCF. vol.51, No.12, 1979.

35.Daigger, G.T., Roper, R.E.,Jr., "The Relationships Between SVI and Activated Sludge Settling Characteristics", JWPCF., 8, 1985.

36.Bisogni, J.J.,Jr., and Lawrence, A.W., "Relationships Between Biological Solids Retention Time and Settling Characteristics of Activated Sludge", Water Res. vol.5,1971.

37.Barahona, L., and Eckenfelder, W.W.,Jr., "Relationships Between Organic Loading and Zone Settling Velocity in the Activated Sludge Process", Water Res. vol.18, No.1, 1984.

38.Palm, J.C., Jenkin, D., and Parker, D.S., "Relationship Between Organic Loading,Dissolved Oxygen Concentration and Sludge Settleability in the Completely Mixed Activated Sludge Process", JWPCF. vol.52, No.10, 1980.

39.Sezgin, M., "The Role of Filamentous Microorganisms in Activated Sludge Settling", Prog.Water.Technol. (G.B.) 12, 97, 1980.

40.Vu Anh-Tuan, "Brewery Waste Treatment by Torula Yeast and Recovery of Single Cell Protein", M.S.Thesis, No.988, AIT, 1976.

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

ตารางแสดง raw waste characteristics, steady state

และ kinetic parameters

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

RAW WASTE CHARACTERISTICS

DATE	COD	BOD_5	SS	pH	TKN	T-PO4
	mg/l	mg/l	mg/l		mg/l	mg/l
28-5-30	267	200	220	9.5	12.6	4.8
29-5-30	500	400	180	8.2	18.2	4.5
30-5-30	2063	1300	780	7.8	–	–
1-6-30	1455	975	180	7.3	14.0	5.0
2-6-30	2142	1500	240	7.0	58.8	7.0
3-6-30	794	675	–	6.6	–	–
16-6-30	561	125	240	8.9	–	–
17-6-30	814	350	500	7.6	–	–
18-6-30	833	450	360	7.3	–	–
19-6-30	1667	1250	320	5.8	–	–
20-6-30	696	425	–	–	–	–
22-6-30	514	350	260	7.8	–	–
29-6-30	474	275	500	6.8	–	–
1-7-30	869	600	800	7.0	–	–
2-7-30	1334	867	280	8.9	–	–
3-7-30	1451	900	380	8.0	–	–
4-7-30	–	–	–	8.8	–	–
5-7-30	–	–	–	–	–	–
27-7-30	1379	883	420	7.2	–	–
28-7-30	1990	1473	260	8.4	–	–
29-7-30	1294	725	400	7.0	–	–
30-7-30	1421	725	280	8.2	–	–
31-7-30	1800	1350	–	8.4	–	6.3
1-8-30	–	–	–	–	–	–
28-9-30	1692	1083	460	8.0	–	–
1-10-30	2390	1675	300	6.2	–	–
3-10-30	1774	1100	–	9.4	–	–
5-10-30	1416	850	220	7.8	–	–
7-10-30	1422	967	300	6.9	14.0	5.2
9-10-30	370	200	380	7.9	7.5	3.1
15-10-30	1354	650	220	7.6	5.0	4.2
17-10-30	–	–	–	–	–	–
19-10-30	1507	950	640	7.7	–	–
20-10-30	921	350	200	8.3	–	–
21-10-30	1073	483	220	7.3	–	–
22-10-30	1576	820	220	7.5	–	–

STEADY STATE

HRT 2 HOURS

DATE	θc (days)	SS(mg/l) MLSS	MLVSS	ISS	ESS
15-10-3	0.471	2120	1550	434	26
17-10-3	0.465	2100	1510	564	32
19-10-3	0.473	1920	1640	388	22
20-10-3	0.468	2120	1690	428	29
21-10-3	0.464	1860	1490	376	29
22-10-3	0.464	1790	1470	400	28
AVG.	0.468	1980.0	1558.3	431.7	27.7
27-7-30	0.932	3460	2690	480	23
28-7-30	0.912	3320	2580	414	29
29-7-30	0.941	3680	2690	472	21
30-7-30	0.907	3310	2420	448	31
31-7-30	0.924	3470	2740	392	26
1-8-30	0.930	3380	2840	420	23
AVG.	0.924	3436.7	2660.0	437.7	25.5
28-5-30	1.825	5280	3760	352	22
29-5-30	1.861	5240	4270	388	17
30-5-30	1.822	5400	4340	472	23
1-6-30	1.885	5640	4530	328	15
2-6-30	1.792	5140	4060	512	26
3-6-30	1.846	5500	4010	276	20
AVG.	1.839	5366.7	4161.7	388.0	20.5
16-6-30	2.732	6720	4940	352	19
17-6-30	2.683	7060	5500	388	24
18-6-30	2.749	6820	5180	472	18
19-6-30	2.691	6640	5100	328	22
20-6-30	2.758	6700	5540	512	17
22-6-30	2.782	6620	5160	276	15
AVG.	2.733	6760.0	5236.7	388.0	19.2
29-6-30	3.755	7920	6160	424	11
1-7-30	3.698	8060	6820	328	14
2-7-30	3.748	8400	6680	380	12
3-7-30	3.640	8080	6380	436	17
4-7-30	3.683	8180	6370	408	15
5-7-30	3.731	8460	6590	412	13
AVG.	3.709	8183.3	6486.7	388.0	14.0

HRT 2 HOURS

COD (mg/l)

TØ	CØ	T	C	EFF.	% REMOVE
1106	523	1628	494	464	58.1
1014	433	1610	474	416	59.0
957	486	1672	392	379	60.4
1000	474	1952	446	384	61.6
1064	662	1576	482	454	57.3
965	643	1789	411	390	59.6
1017.7	536.8	1704.5	449.8	414.5	59.3
1088	381	2895	386	405	62.8
927	386	3036	299	320	65.5
1076	581	3079	352	359	66.6
1050	525	2867	314	348	66.8
960	421	3173	352	370	61.5
1128	311	2928	430	443	60.7
1038.2	434.2	2996.3	355.5	374.2	64.0
1000	580	5174	264	314	68.6
1097	479	5051	274	309	71.8
1047	295	5102	288	326	68.9
958	436	5527	276	290	69.7
1060	409	4955	304	360	66.0
1007	473	5196	253	322	68.0
1028.2	445.3	5167.5	276.5	320.2	68.8
1000	580	5928	265	285	71.5
1097	479	6054	291	319	70.9
1047	295	5870	266	278	73.4
958	436	5857	212	266	72.2
1060	409	5746	301	315	70.3
1007	473	5697	253	276	72.6
1028.2	445.3	5858.7	264.7	289.8	71.8
1024	426	7358	184	198	80.7
1003	535	7820	252	276	72.5
1104	468	8523	207	216	80.4
1025	254	7506	230	289	71.8
1007	328	7936	269	282	72.0
1078	304	8584	201	220	79.6
1040.2	385.8	7954.5	223.8	246.8	76.3

HRT 2 HOURS					
BOD_5 (mg/l)			TKN (mg/l)		
INF.	EFF.	% REMOVE	INF.	EFF.	% REMOVE
–	–	–	–	–	–
–	–	–	44.8	14.2	68.3
417	265	36.5	–	–	–
–	–	–	44.8	18.4	58.9
460	280	39.1	–	–	–
–	–	–	39.2	15.6	60.2
439.0	273.0	37.8	42.9	16.1	62.5
–	–	–	–	–	–
–	–	–	53.2	16.8	68.4
–	–	–	–	–	–
604	306	49.3	35.2	19.8	43.8
–	–	–	39.2	14.0	64.3
420	300	28.6	36.4	19.6	46.2
512.0	303.0	40.8	41.0	17.6	57.1
–	–	–	–	–	–
–	–	–	32.2	15.4	52.2
–	–	–	33.6	14.0	58.3
450	282	37.3	32.4	11.2	65.4
–	–	–	37.8	19.6	48.1
646	317	50.9	–	–	–
548.0	299.5	45.3	34.0	15.1	55.6
–	–	–	–	–	–
–	–	–	32.2	12.6	60.9
–	–	–	33.6	14.0	58.3
600	330	45.0	22.4	8.4	62.5
–	–	–	37.8	16.8	55.6
765	402	47.5	–	–	–
683.0	366.0	46.4	34.0	15.5	54.4
–	–	–	50.4	28.0	44.4
–	–	–	–	–	–
692	275	60.3	36.4	15.4	57.7
476	166	65.1	58.8	12.6	78.6
–	–	–	25.2	12.6	50.0
653	116	82.2	28.0	8.4	70.0
607.0	186.0	69.4	43.8	19.4	55.8

HRT 2 HOURS

T-PO4 (mg/l)			SLUDGE (mg/l)		PROTEIN
INF.	EFF.	% REMOVE	SS	VSS	(mg/gdrywt.
–	–	–	–	–	–
5.8	3.0	48.3	–	–	–
–	–	–	–	–	–
7.2	6.2	13.9	7700	6160	294.0
–	–	–	–	–	–
7.8	4.5	42.3	6000	4980	244.4
6.9	4.6	33.3	6850.0	5570.0	269.2
–	–	–	–	–	–
7.8	5.6	28.2	–	–	–
–	–	–	–	–	–
7.4	5.6	24.3	13420	10700	343.8
6.3	5.2	17.5	–	–	–
8.5	6.8	20.0	6660	5460	428.9
7.5	5.8	22.7	10040.0	8080.0	386.4
6.4	3.7	42.2	–	–	–
–	–	–	–	–	–
6.0	4.0	33.3	8300	6520	346.94
–	–	–	–	–	–
6.9	3.5	49.3	15900	11940	387.75
–	–	–	–	–	–
6.4	3.7	42.2	12100.0	9230.0	367.3
–	–	–	–	–	–
4.4	4.0	9.1	–	–	–
5.0	2.8	44.0	–	–	–
5.9	2.8	52.5	7780	6160	357.1
–	–	–	–	–	–
–	–	–	9920	7600	402.9
6.4	3.9	39.1	8850.0	6880.0	380.0
8.8	6.3	28.4	–	–	–
–	–	–	–	–	–
8.5	6.5	23.5	10760	7600	342.5
10.3	5.4	47.6	10900	8060	329.7
8.1	5.6	30.9	10040	7060	366.7
5.6	4.0	28.6	–	–	–
8.3	5.4	34.9	10566.7	7573.3	346.3

HRT 1 AND 0.5 HOUR

DATE	θc (days)	SS(mg/l) MLSS	MLVSS	ISS	ESS
28-9-30	1.772	8780	6500	380	24
1-10-30	1.782	8830	6440	466	23
3-10-30	1.743	8920	5980	376	28
5-10-30	1.729	8980	5660	408	30
7-10-30	1.773	9180	6430	480	25
9-10-30	1.719	8620	6030	406	30
AVG.	1.753	8885.0	6173.3	419.3	26.7
27-7-30	1.593	11160	7580	434	30
28-7-30	1.529	9860	7100	564	32
29-7-30	1.585	10880	7180	388	30
30-7-30	1.575	12320	8870	428	35
31-7-30	1.568	10000	7400	376	29
1-8-30	1.548	11700	8770	400	36
AVG.	1.566	10986.7	7816.7	431.7	32.0

HRT 1 AND 0.5 HOUR

COD (mg/l) T0	C0	T	C	EFF.	% REMOVE
1007				440	56.3
993				419	57.8
984				422	57.1
1074				479	55.4
1113				511	54.1
926				407	56.0
1016.2				446.3	56.1
1106				543	50.7
1014				487	52.0
957				479	49.9
1000				483	51.6
1064				496	53.4
965				482	50.1
1017.7				495.0	51.3

HRT 1 AND 0.5 HOUR

BOD_5 (mg/l)			TKN (mg/l)		
INF.	EFF.	% REMOVE	INF.	EFF.	% REMOVE
–	–	–	–	–	–
720	425	41.0	53.2	30.8	42.1
748	417	44.3	–	–	–
–	–	–	36.4	16.8	53.8
–	–	–	51.8	26.6	48.6
–	–	–	–	–	–
734.0	421.0	42.6	47.1	24.7	47.6
–	–	–	–	–	–
–	–	–	44.8	24.2	46.0
417	240	42.5	–	–	–
–	–	–	44.8	19.8	55.8
460	290	37.0	–	–	–
–	–	–	39.2	25.6	34.7
439.0	265.0	39.6	42.9	23.2	45.9

HRT 1 AND 0.5 HOUR

T-PO4 (mg/l)			SLUDGE (mg/l)		PROTEIN
INF.	EFF.	% REMOVE	SS	VSS	(mg/gdrywt.)
–	–	–	–	–	–
9.0	7.2	24.4	–	–	–
–	–	–	–	–	–
9.0	7.2	24.4	14480	10140	262.1
6.2	4.2	32.3	13300	9080	289.3
–	–	–	–	–	–
8.1	6.2	23.5	13890	9610	275.7
–	–	–	–	–	–
5.8	5.0	13.8	–	–	–
–	–	–	–	–	–
7.2	6.4	11.1	8820	6320	290.4
–	–	–	–	–	–
7.8	7.0	10.3	12800	9600	216.1
6.9	6.1	11.6	10810.0	7960.0	253.2

KINETIC PARAMETERS

C	q'	X'	θc	1/θc	(So-S)/X'θ	S	S/(1/θc+bθ)	Y	β'
449.8	0.0291	1495.15	11.23	0.089	0.1626	327.83	2171	0.543	0.53
355.5	0.0295	2466.09	22.18	0.0451	0.1176	233.5	2180	0.396	0.61
276.5	0.0231	3654.19	44.14	0.0227	0.0893	154.5	1824	0.256	0.74
264.7	0.0224	4215.05	65.59	0.0152	0.0788	142.67	1848	0.191	0.56
223.8	0.0171	4729.51	89.02	0.0112	0.0745	101.83	1391	0.149	0.59

Regression Output:

Constant	0.062891
Std Err of Y Est	0.002413
R Squared	0.996725
No. of Observations	5
Degrees of Freedom	3
X Coefficient(s)	1.137253
Std Err of Coef.	0.037632

Y'g = 0.879311516

b' = 0.055300812

Regression Output:

Constant	1286.761
Std Err of Y Est	190.0676
R Squared	0.740676
No. of Observations	5
Degrees of Freedom	3
X Coefficient(s)	3.103298
Std Err of Coef.	1.060155

μ_m = 0.322237756

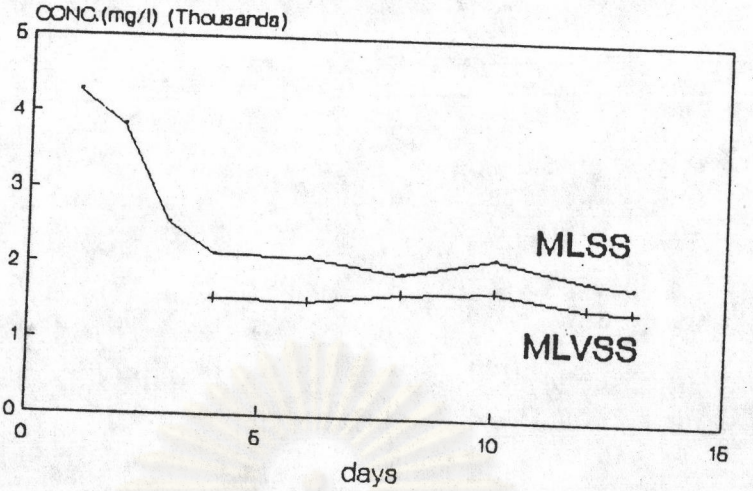
Ks = 414.6432487

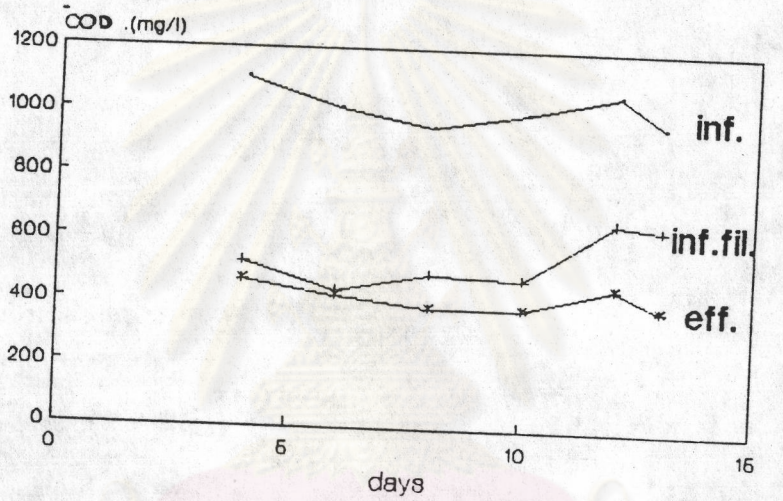
ภาคผนวก ข.

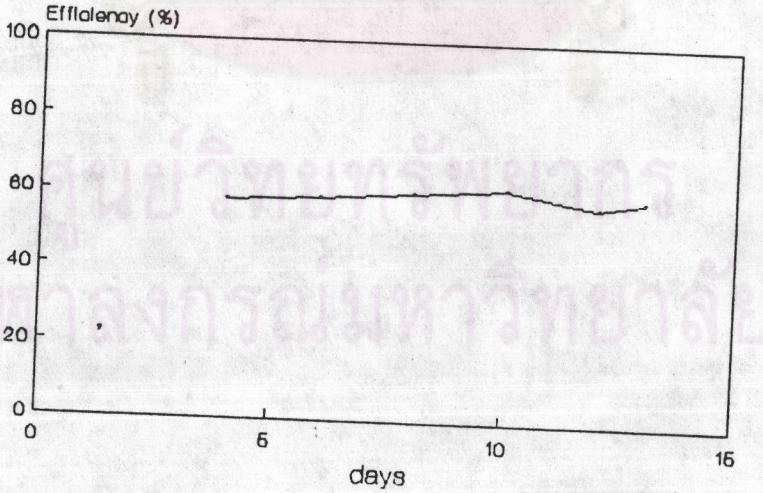
กราฟแสดงความเข้มข้นของสารแขวนลอย สารอินทรีย์ในระบบและประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ของแต่ละการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

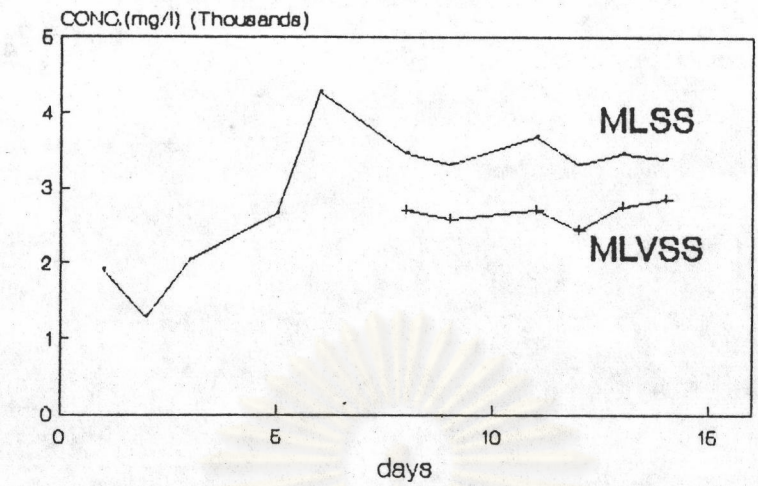
SLUDGE AGE 0.5 DAY

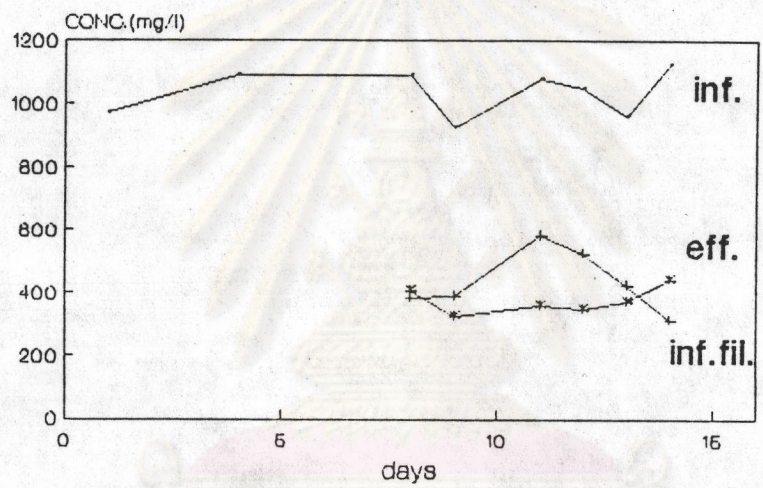


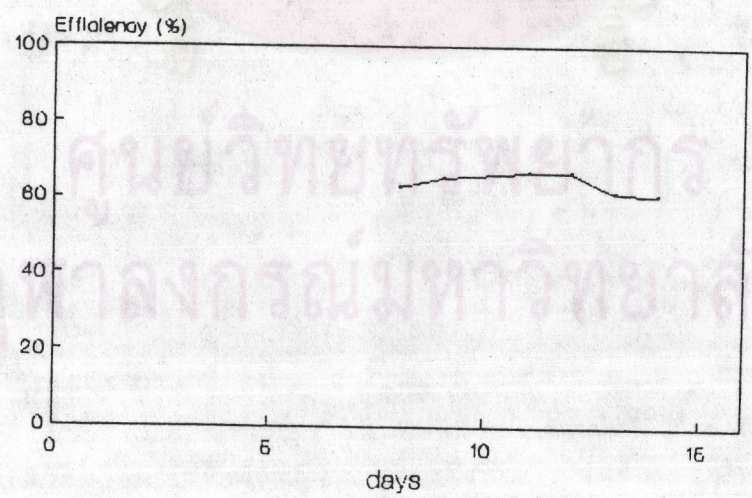




SLUDGE AGE 1 DAY

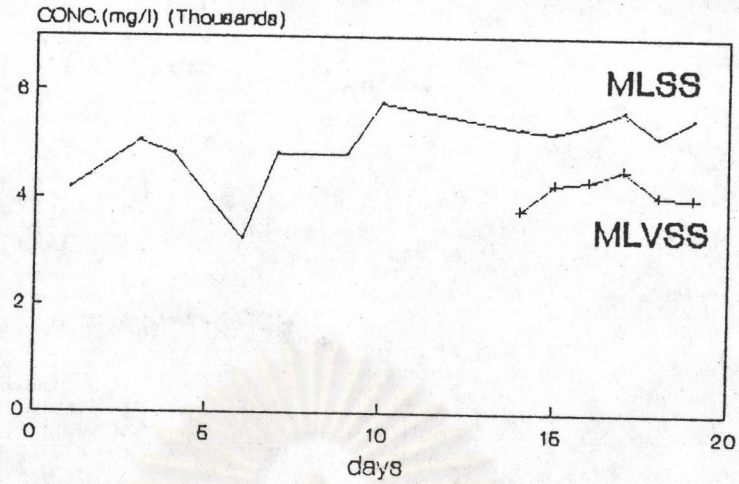


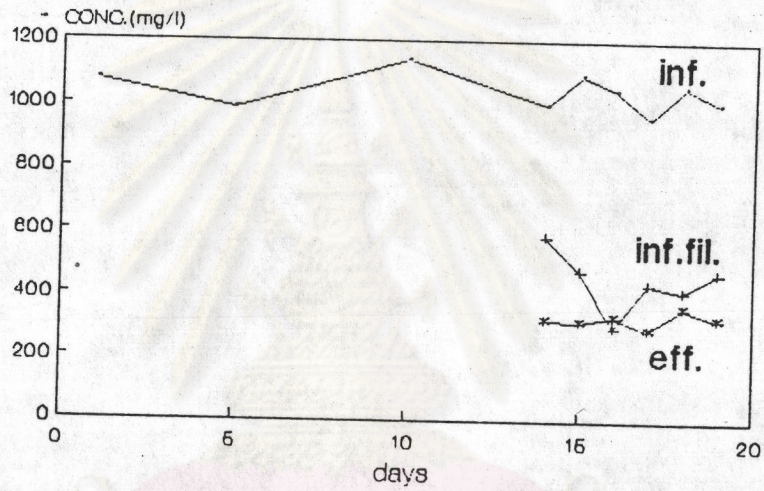


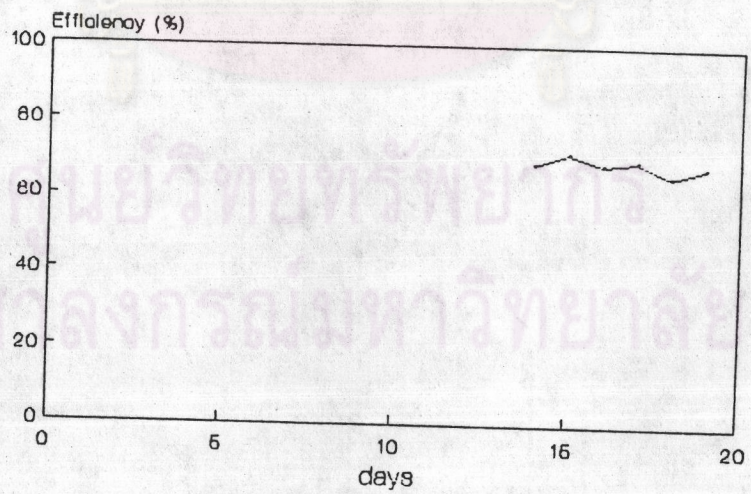


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

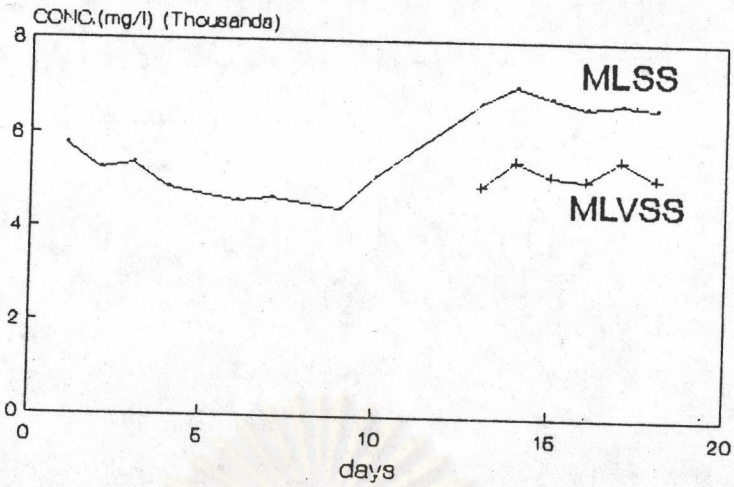
SLUDGE AGE 2 DAYS

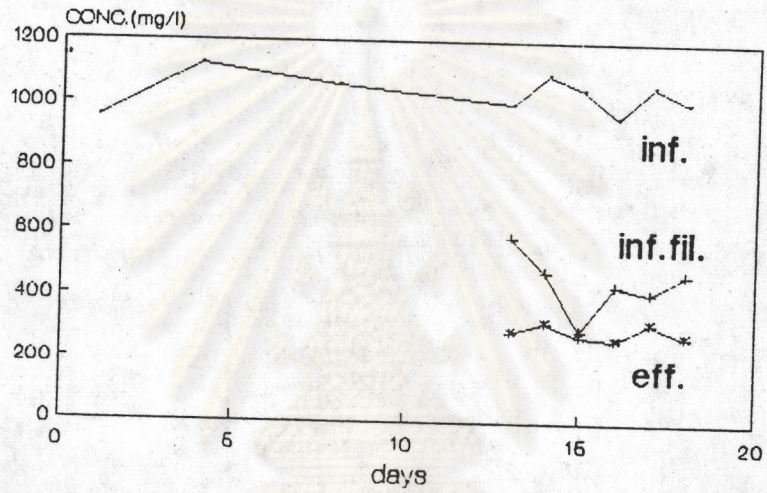


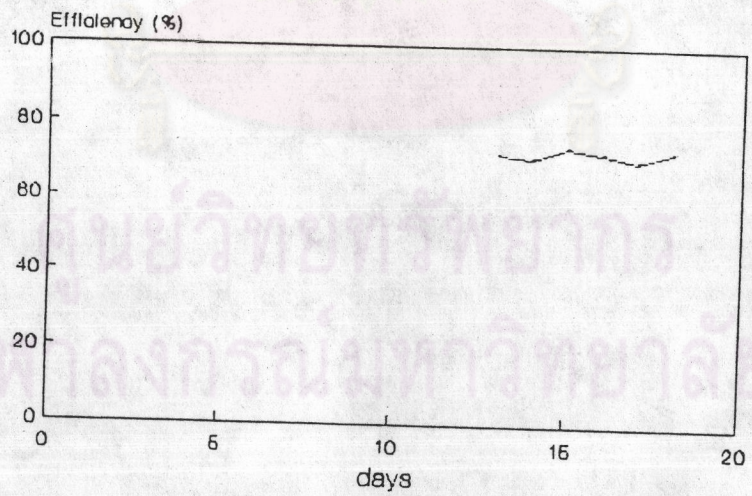




SLUDGE AGE 3 DAYS

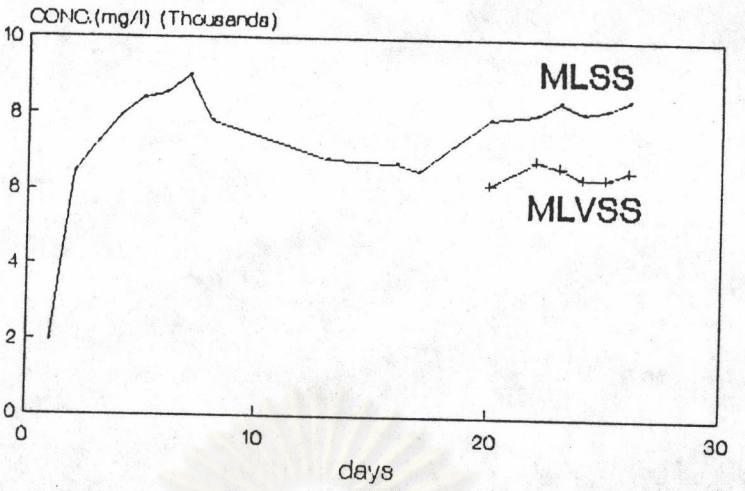


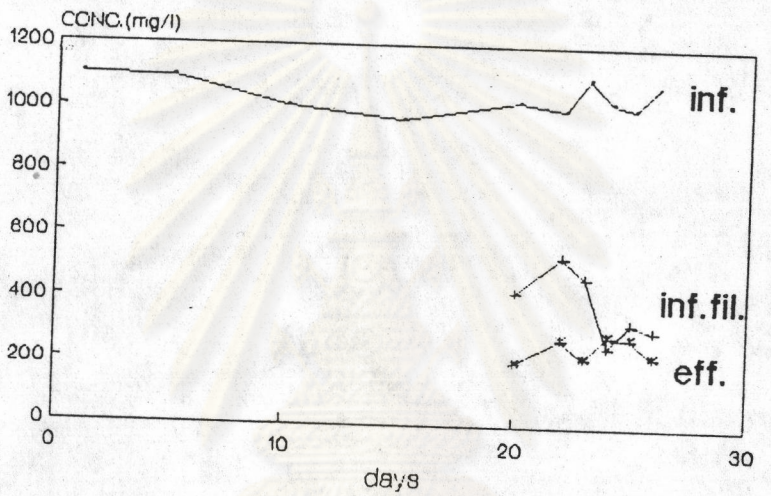


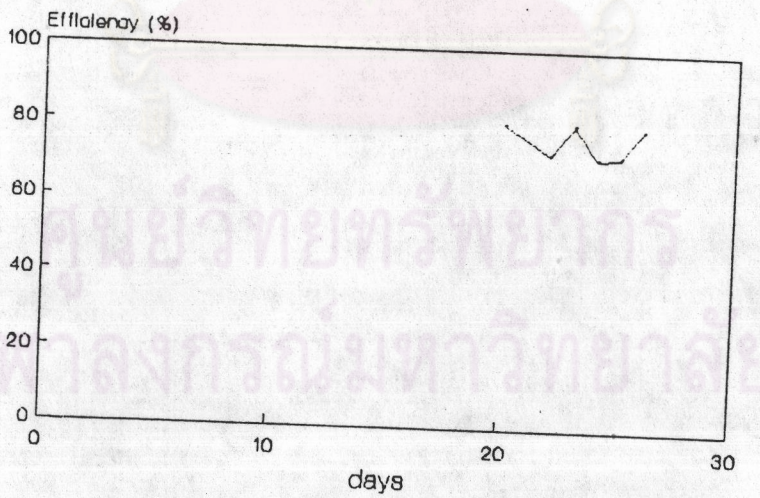


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SLUDGE AGE 4 DAYS

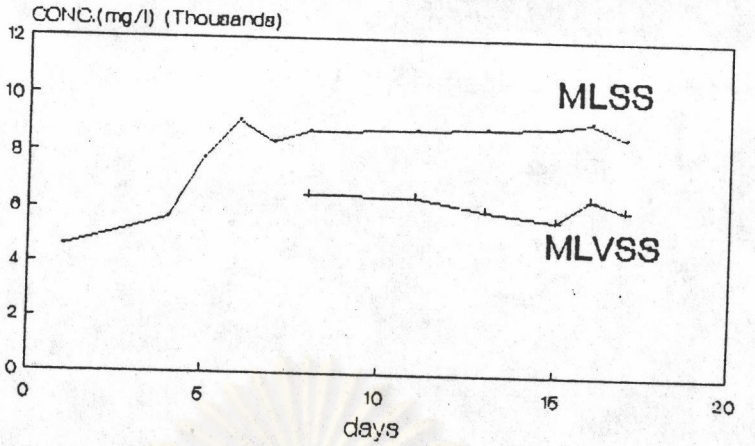


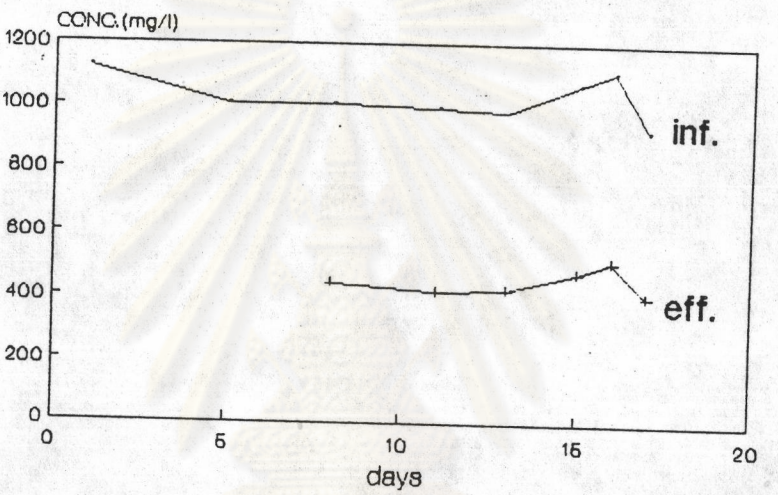


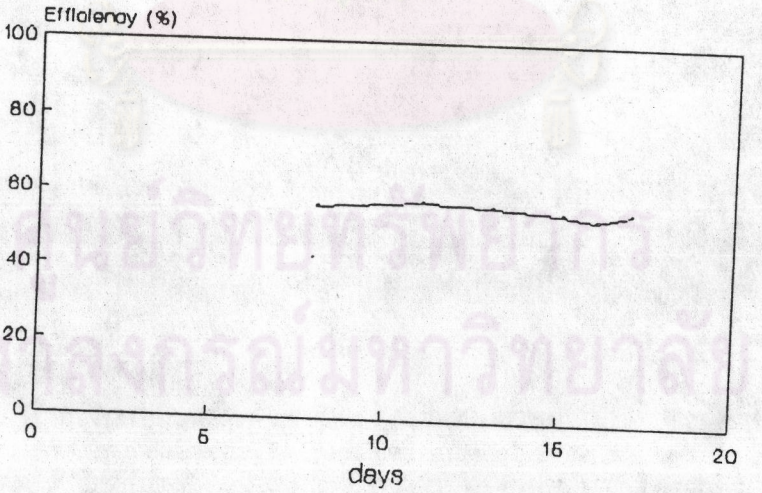


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

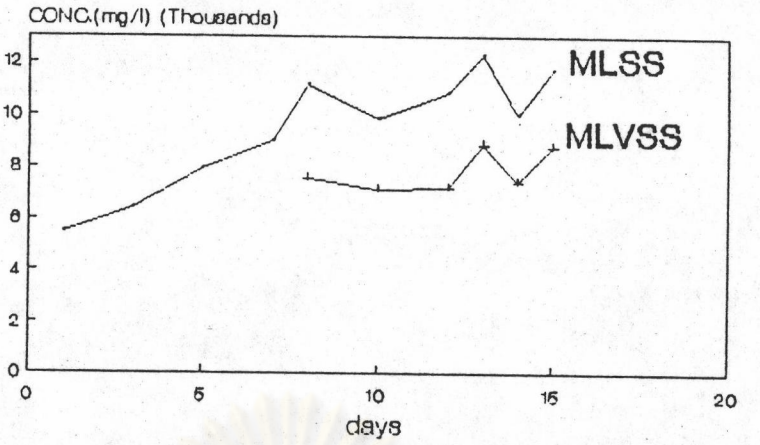
SLUDGE 2 DAYS
HRT 1 HOUR

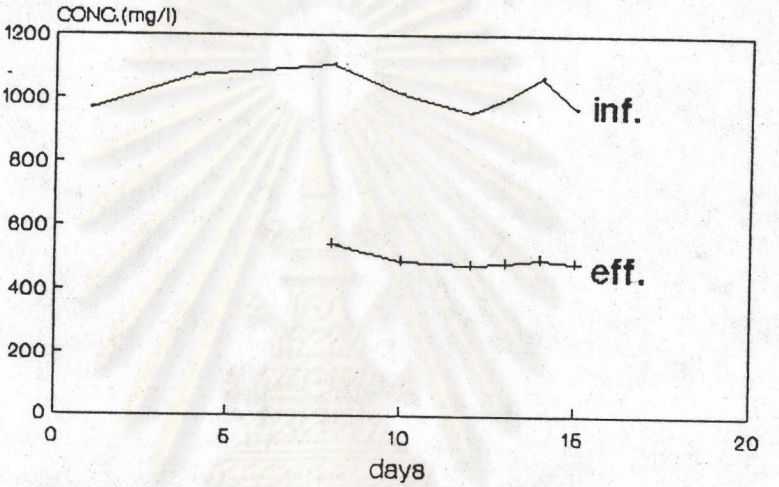


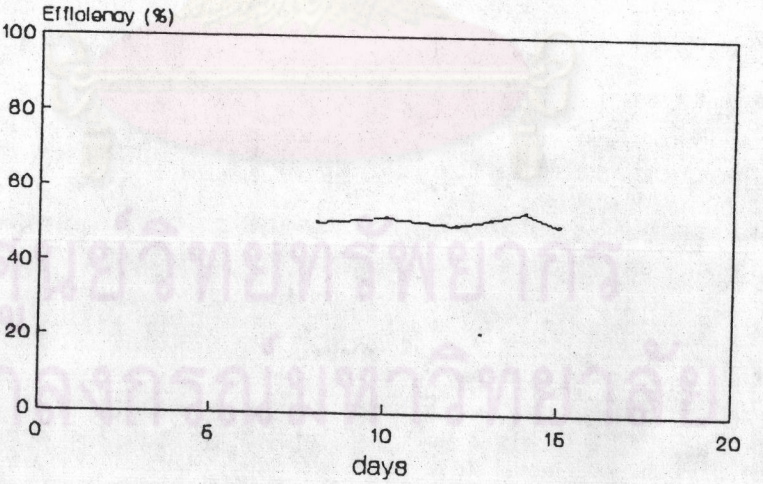




SLUDGE AGE 2 DAYS
HRT 0.5 HOUR







ภาคผนวก ค.

ตารางแสดงค่าความเร็วในการตกตะกอนแบบโซน ปริมาตรตะกอนเลน
และดัชนีปริมาตรตะกอนเลนจากการทดสอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

:SLUDGE AGE 0.5 DAY
:HRT 2 HOURS

DATE	CONC. mg/l	SV30 ml	SVI ml/g	ZSV cm./min
19-OCT	9640	960	100	0.13
	7320	920	126	0.24
	5020	580	116	0.47
	3540	330	93	1.40
20-OCT	7700	985	128	0.22
	6760	970	143	0.33
	4680	820	175	1.38
	3400	590	174	2.00
21-OCT	10260	990	96	0.08
	5940	960	162	0.23
	5100	930	182	0.50
	2420	380	157	3.43
22-OCT	6000	880	147	0.27
	8510	930	109	0.18
	3820	680	178	0.73
	3160	420	133	2.28

Regression Output:

Constant	1.8677
Std Err of Y Est	0.3927
R Squared	0.8848
No. of Observations	16
Degrees of Freedom	14
X Coefficient(s)	-0.44330
Std Err of Coef.	0.042746

:SLUDGE AGE 1 DAY
:HRT 2 HOURS

DATE	CONC. mg/l	SV30 ml	SVI ml/g	ZSV cm./min
27-JULY	10400	985	95	0.08
	7300	970	133	0.26
	5220	940	180	0.60
	3520	780	222	1.30
	1900	260	137	5.85
	4960	950	192	0.50
28-JULY	9220	990	107	0.06
	5120	960	187	0.50
	6680	980	147	0.24
	1620	290	179	4.55
	2020	460	228	4.25
	3000	700	233	1.00
29-JULY	9200	990	108	0.08
	5920	970	164	0.24
	4980	960	193	0.48
	2860	600	210	1.32
	3000	610	203	1.28
	1840	350	190	4.75
	2440	480	197	1.87
30-JULY	12680	990	78	0.02
	10300	985	96	0.07
	5960	960	161	0.30
	3900	800	205	1.20
	2320	460	198	3.53

Regression Output:

Constant	2.003049
Std Err of Y Est	0.359481
R Squared	0.950264
No. of Observations	24
Degrees of Freedom	22

X Coefficient(s) -0.48644

:SLUDGE AGE 2 DAYS
:HRT 2 HOURS

DATE	CONC. mg/l	SV30 ml	SVI ml/g	ZSV cm./min
28-MAY	11240	980	87	0.08
	7700	960	125	0.33
	3340	420	126	2.50
	6040	945	156	0.50
	2700	290	107	4.50
	3600	500	139	2.07
	4000	510	128	1.50
30-MAY	8880	970	109	0.18
	7740	950	123	0.38
	7100	920	130	0.44
	3780	500	132	1.60
	4320	700	162	1.43
	2900	450	155	2.03
	1740	225	129	6.50
1-JUN	10900	980	90	0.13
	7780	960	123	0.21
	5540	920	166	0.54
	4540	880	194	0.95
	3060	620	203	1.60
	3260	720	221	1.50
2-JUN	6280	940	150	0.27
	4500	780	173	0.68
	3240	530	164	1.88
	2540	410	161	2.68
	2200	330	150	4.13

Regression Output:

Constant	2.082831
Std Err of Y Est	0.326271
R Squared	0.927196
No. of Observations	25
Degrees of Freedom	23
X Coefficient(s)	-0.42781
Std Err of Coef.	0.024996

:SLUDGE AGE 3 DAYS
:HRT 2 HOURS

DATE	CONC. mg/l	SV30 ml	SVI ml/g	ZSV cm./min
16-JUN	9460	980	104	0.12
	3340	550	165	1.73
	4860	850	175	0.70
	4160	770	185	1.05
	1620	200	123	6.25
	3620	590	163	2.10
	2240	310	138	3.57
	2780	520	187	2.73
17-JUN	10480	990	94	0.07
	7400	970	131	0.18
	5460	930	170	0.52
	4220	810	192	1.03
	2980	510	171	2.13
	2300	300	130	4.00
18-JUN	3880	730	188	1.40
	9960	990	99	0.08
	1840	260	141	5.80
	5080	930	183	0.56
	2620	500	191	2.00
	3940	760	193	1.00
	1620	240	148	5.70
	2080	400	192	3.20
19-JUN	10720	990	92	0.10
	6420	940	146	0.26
	4600	710	157	1.08
	3420	470	137	1.88

Regression Output:

Constant	2.239268
Std Err of Y Est	0.283713
R Squared	0.959291
No. of Observations	26
Degrees of Freedom	24
X Coefficient(s)	-0.48421
Std Err of Coef.	0.20361

:SLUDGE AGE 4 DAYS
:HRT 2 HOURS

DATE	CONC. mg/l	SV30 ml	SVI ml/g	ZSV cm./min
1-JUL	9200	990	108	0.06
	4720	910	193	0.60
	2880	520	181	1.58
	6380	970	152	0.26
	3400	800	235	1.00
	3200	630	197	1.20
2-JUL	2540	450	177	2.17
	10040	990	99	0.04
	5040	910	181	0.54
	7120	970	136	0.18
	1320	210	159	6.60
	2700	510	189	1.93
4-JUL	5900	950	161	0.30
	3000	650	217	1.43
	5800	960	166	0.25
	9120	990	109	0.05
	1820	320	176	3.65
	3580	850	237	1.00
	3240	750	231	1.13
	1500	270	180	4.75
5-JUL	9780	995	102	0.05
	7900	980	124	0.08
	6780	960	142	0.20
	3760	640	170	1.00
	1560	350	224	3.17

Regression Output:

Constant	2.110375
Std Err of Y Est	0.195495
R Squared	0.984294
No. of Observations	25
Degrees of Freedom	23
X Coefficient(s)	-0.55002
Std Err of Coef.	0.14487

:SLUDGE AGE 2 DAYS
:HRT 1 HOUR

DATE	CONC. mg/l	SV30 ml	SVI ml/g	ZSV cm./min
27-SEPT.	7480	980	131	0.25
	4420	820	186	1.00
	3320	450	136	2.40
	1720	190	110	6.00
1-OCT	10340	985	95	0.10
	7520	970	129	0.36
	5300	930	175	1.00
	3900	600	154	2.23
3-OCT	11400	985	86	0.10
	5060	490	97	1.30
	8320	960	115	0.30
	3100	300	97	3.80
7-OCT	10580	965	91	0.22
	5400	820	152	1.48
	5840	900	154	0.94
	2400	225	94	5.50
	3400	440	129	2.73
9-OCT	9400	965	103	0.22
	4440	700	158	2.00
	3600	520	144	2.13

Regression Output:

Constant	2.4248
Std Err of Y Est	0.2894
R Squared	0.9515
No. of Observations	20
Degrees of Freedom	18
X Coefficient(s)	-0.42916
Std Err of Coef.	0.022849

:SLUDGE AGE 2 DAYS
:HRT 0.5 HOUR

DATE	CONC. mg/l	SV30 ml	SVI ml/g	ZSV cm./min
20-OCT	8820	980	111	0.24
	7640	960	126	0.44
	4600	800	174	1.26
	2900	470	162	2.40
21-OCT	3260	530	163	2.17
	10680	990	93	0.12
	2580	330	128	4.43
	6480	970	150	0.50
	3260	580	178	2.20
22-OCT	12800	990	77	0.06
	9120	970	106	0.25
	5360	900	168	1.00
	6340	950	150	0.67
	4600	800	174	1.18
	2800	390	139	2.88
	3200	600	187	2.15

Regression Output:

Constant	2.0915
Std Err of Y Est	0.1453
R Squared	0.9871
No. of Observations	16
Degrees of Freedom	14
X Coefficient(s)	-0.39155
Std Err of Coef.	0.011969

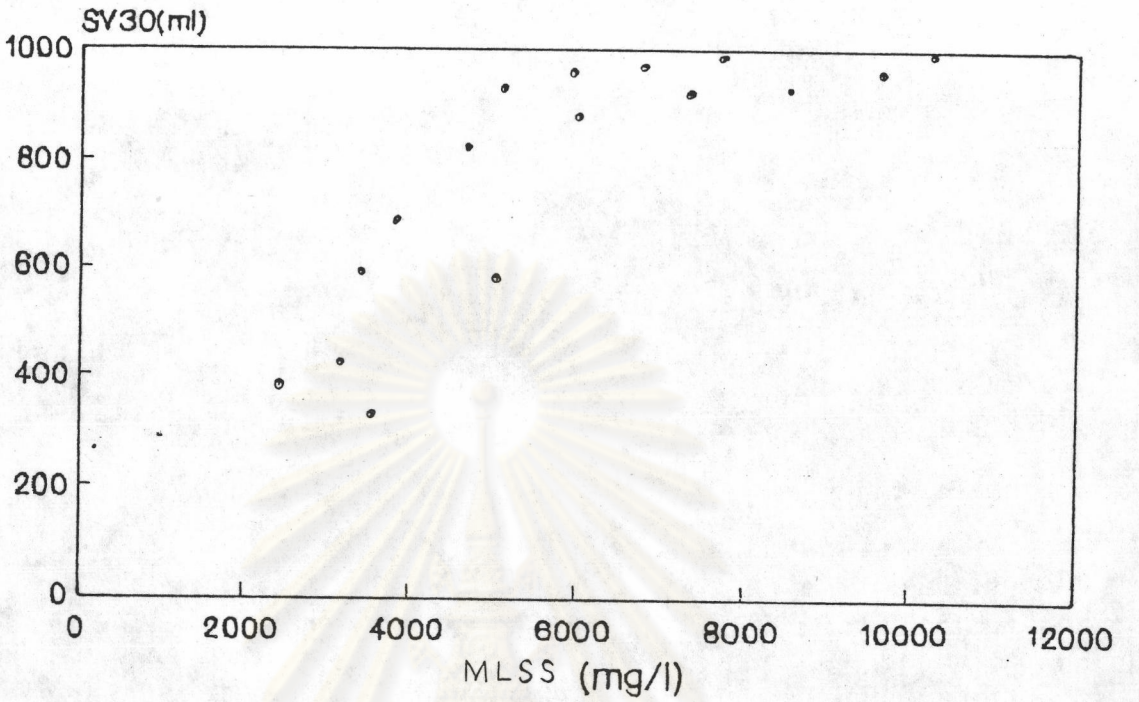
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

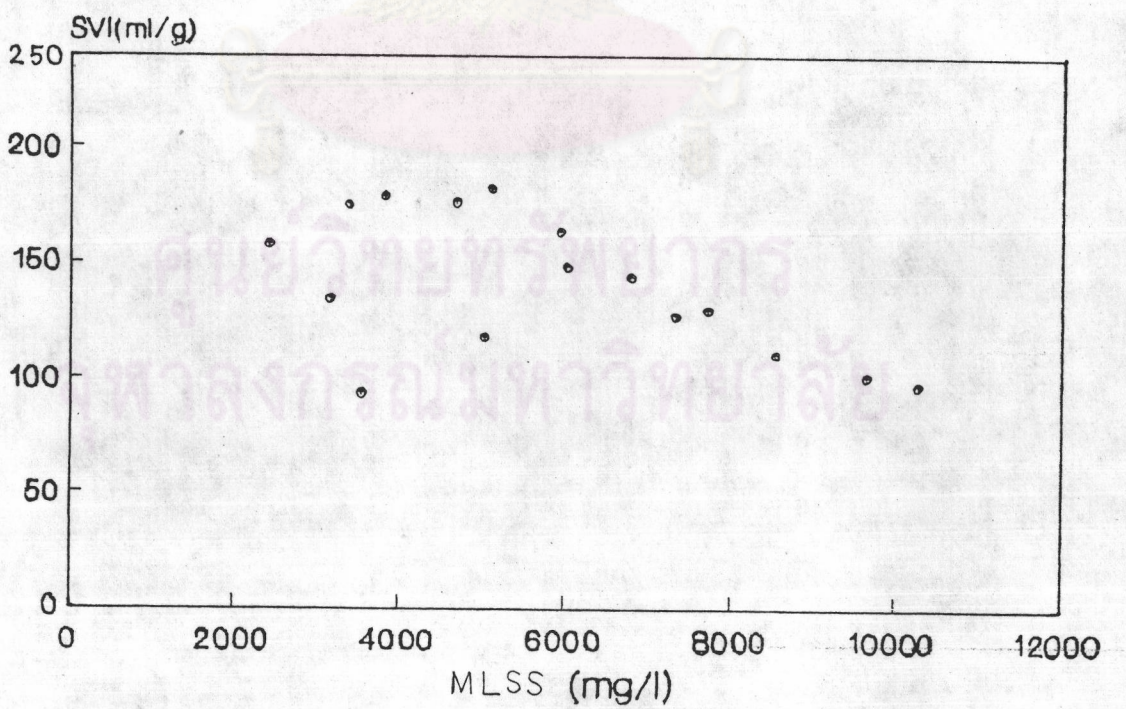
ภาคผนวก ง.

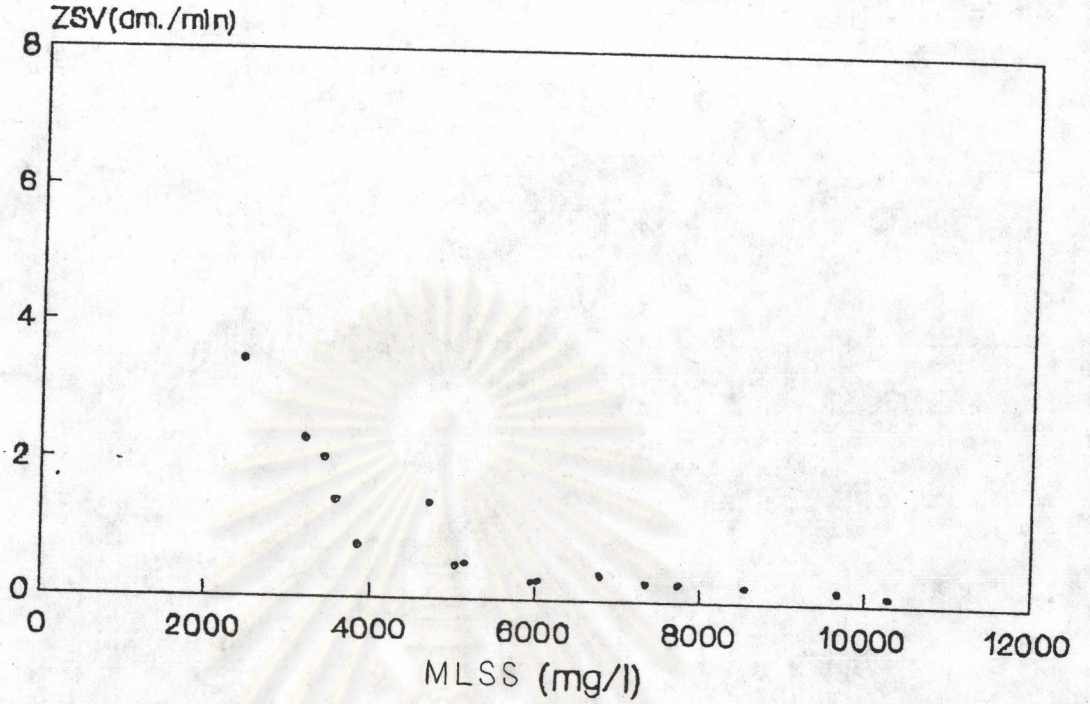
กราฟของปริมาตรตะกอนเลน ดัชนีปริมาตรตะกอนเลน ความเร็วในการตกตะกอนแบบโซนและ Subsidence Flux ของแต่ละการทดลอง

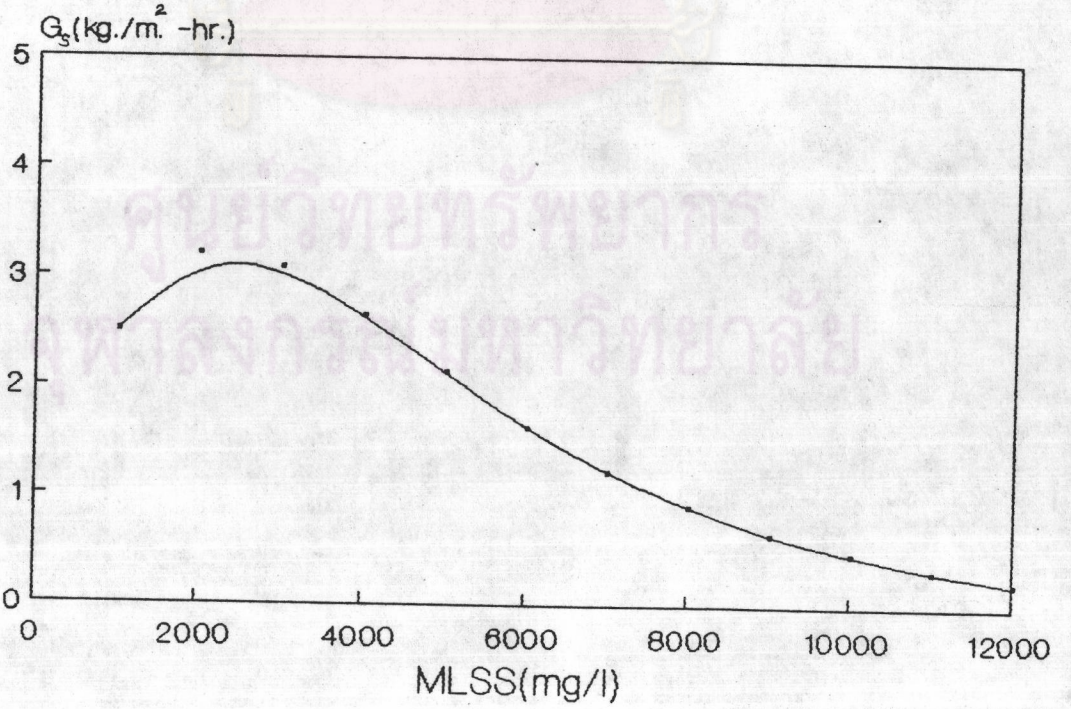
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SLUDGE AGE 0.5 DAY

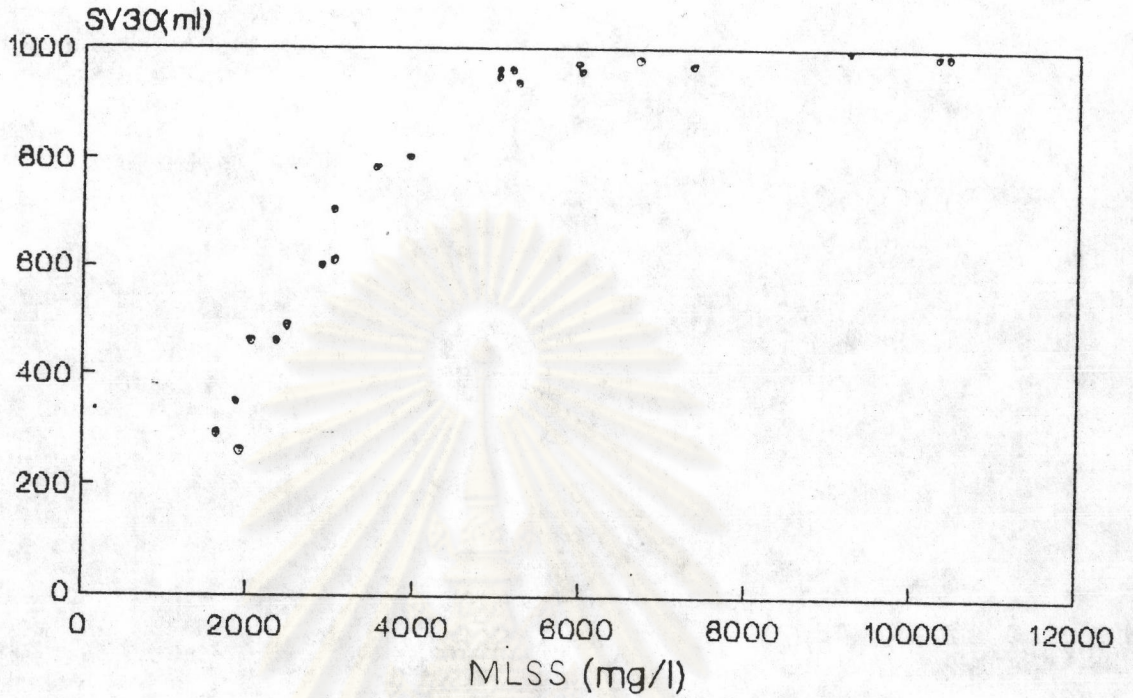


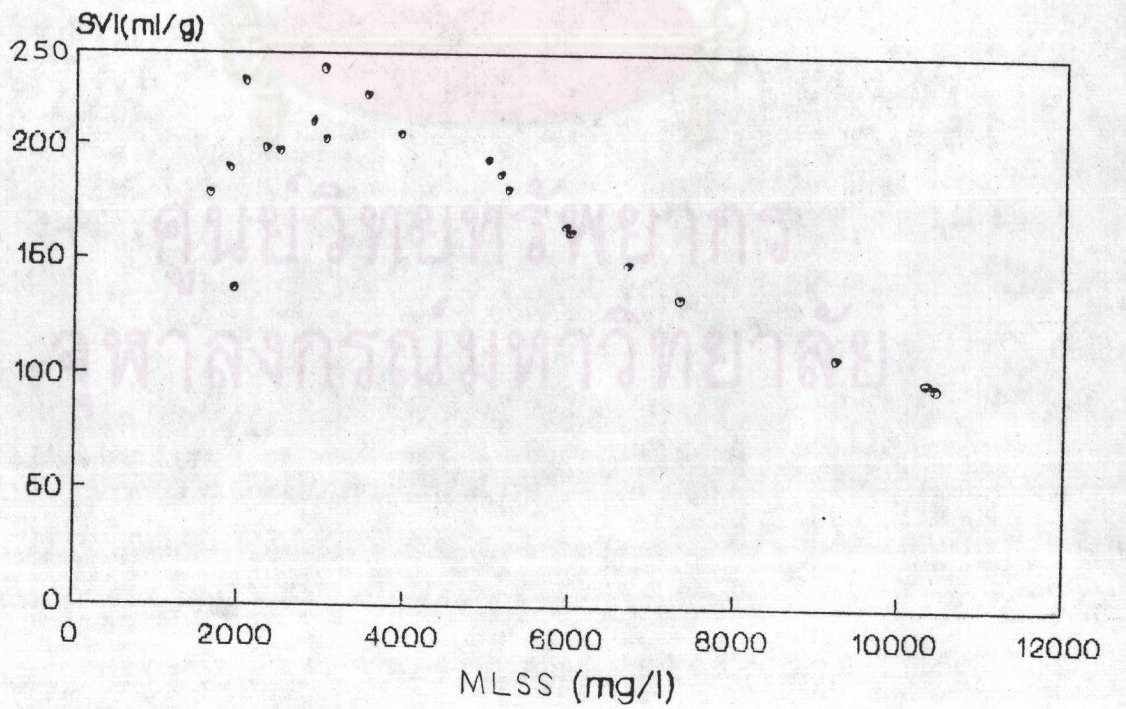


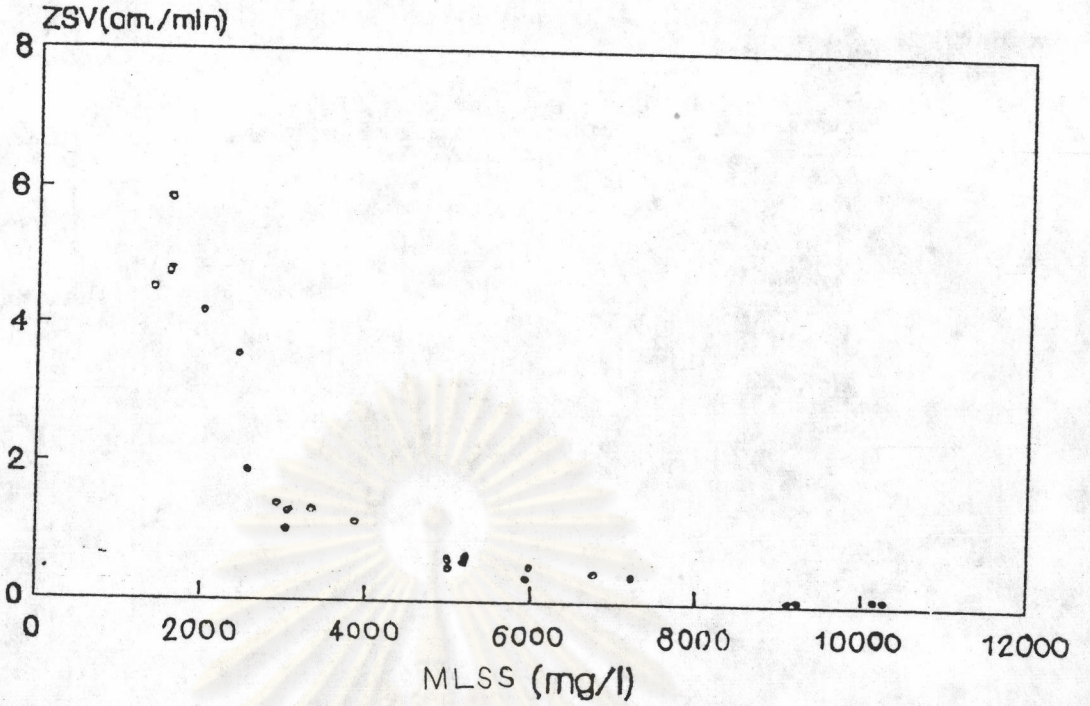

ZSV(dm./min)
8
6
4
2
0
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
MLSS (mg/l)

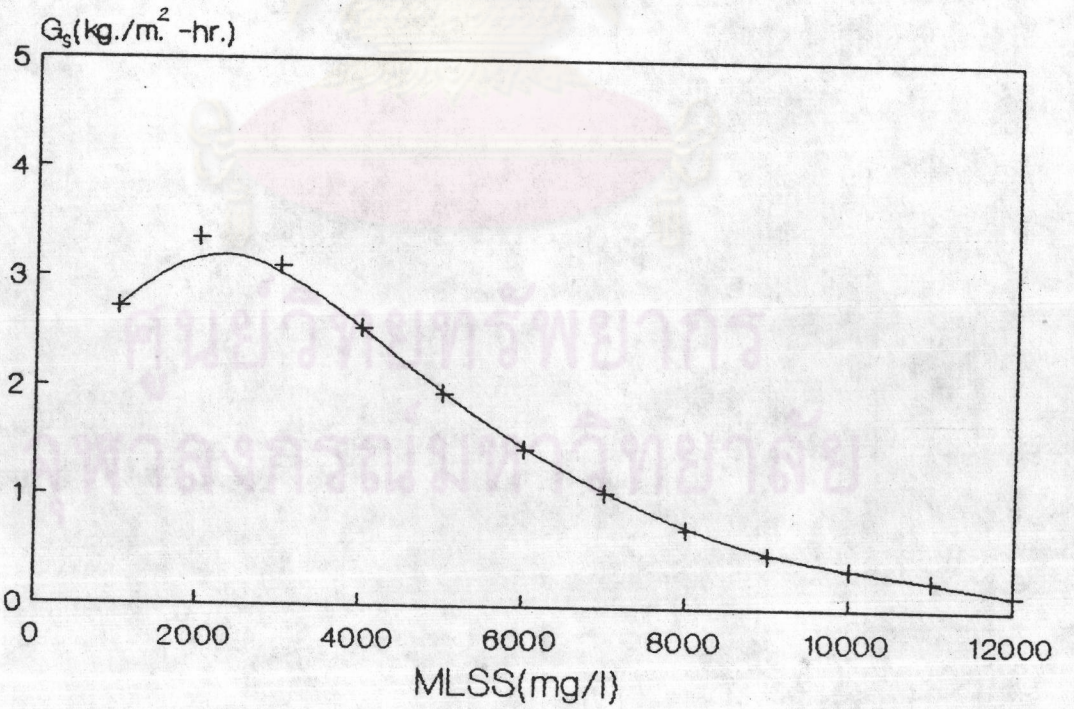

G_s(kg./m.^{2} -hr.)
5
4
3
2
1
0
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
MLSS(mg/l)

SLUDGE AGE 1 DAY

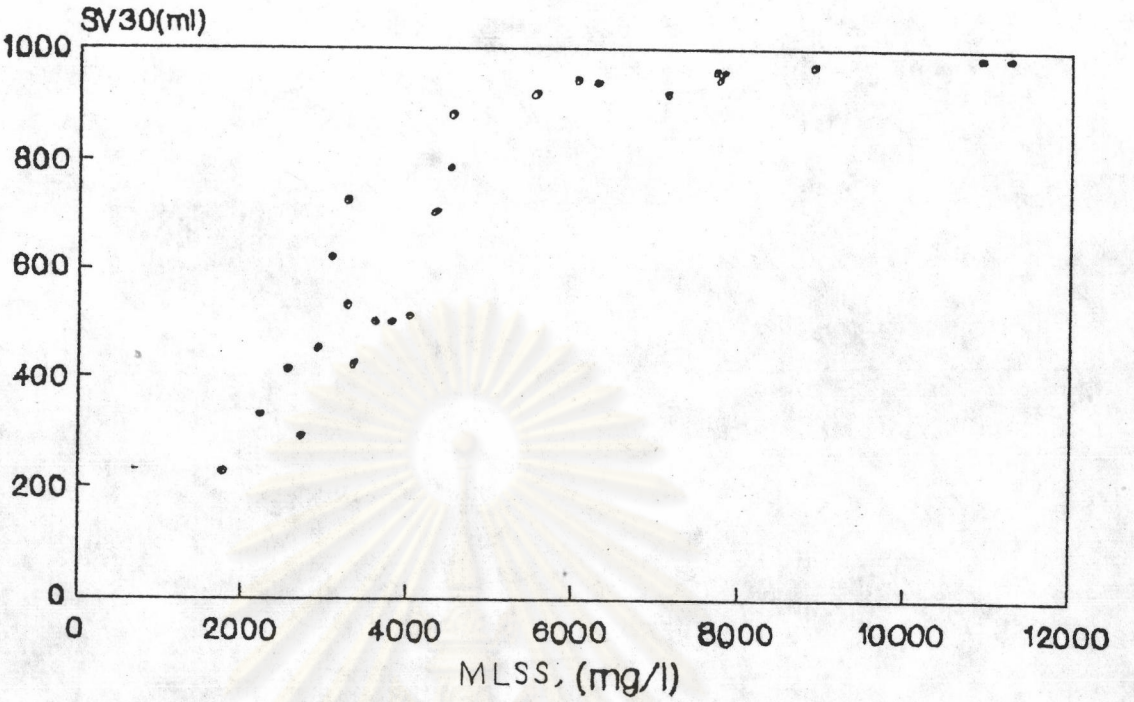


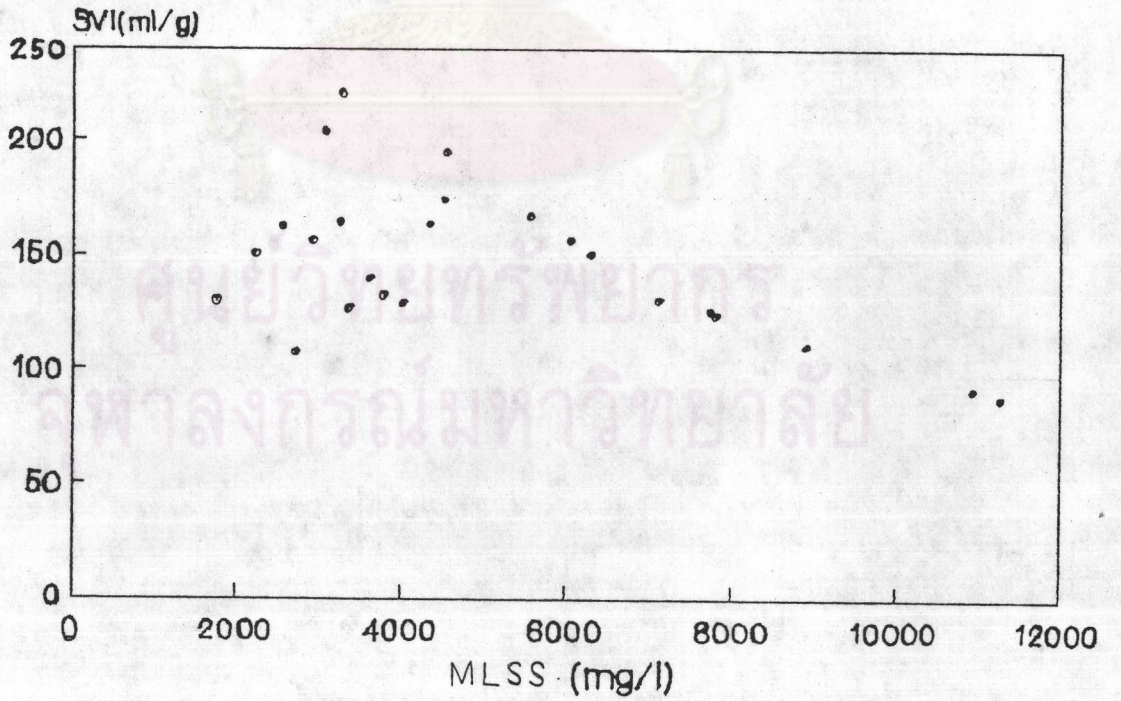



ZSV(cm./min)
8
6
4
2
0
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
MLSS (mg/l)

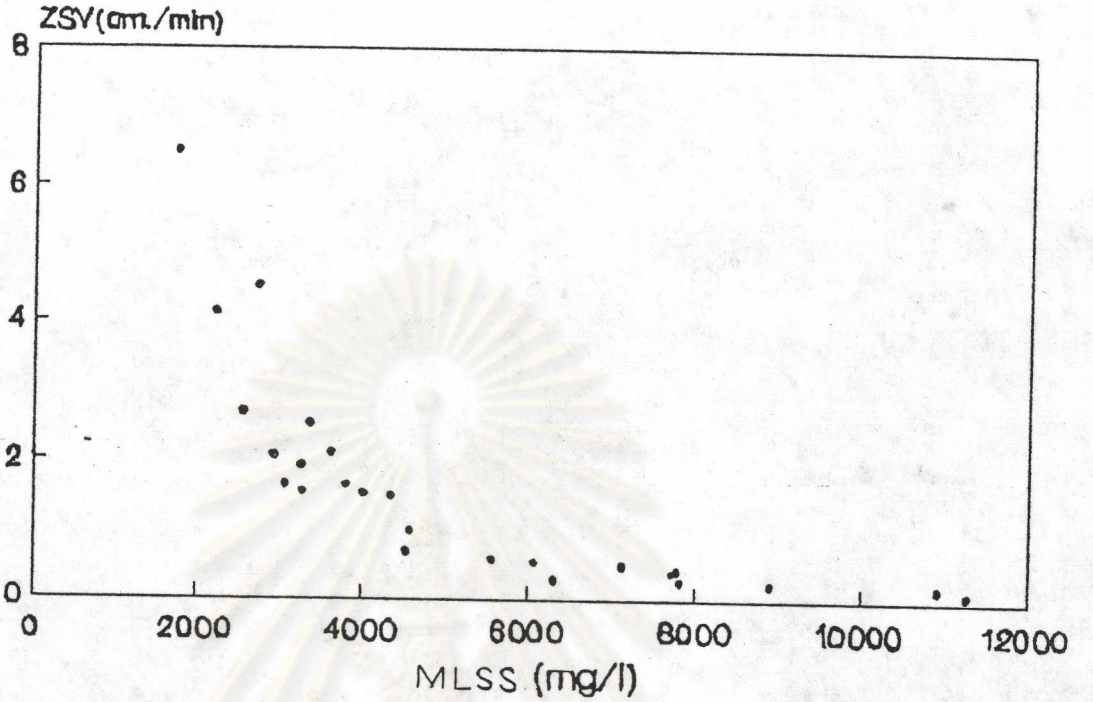

G_s(kg./m.^{2} -hr.)
5
4
3
2
1
0
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
MLSS(mg/l)

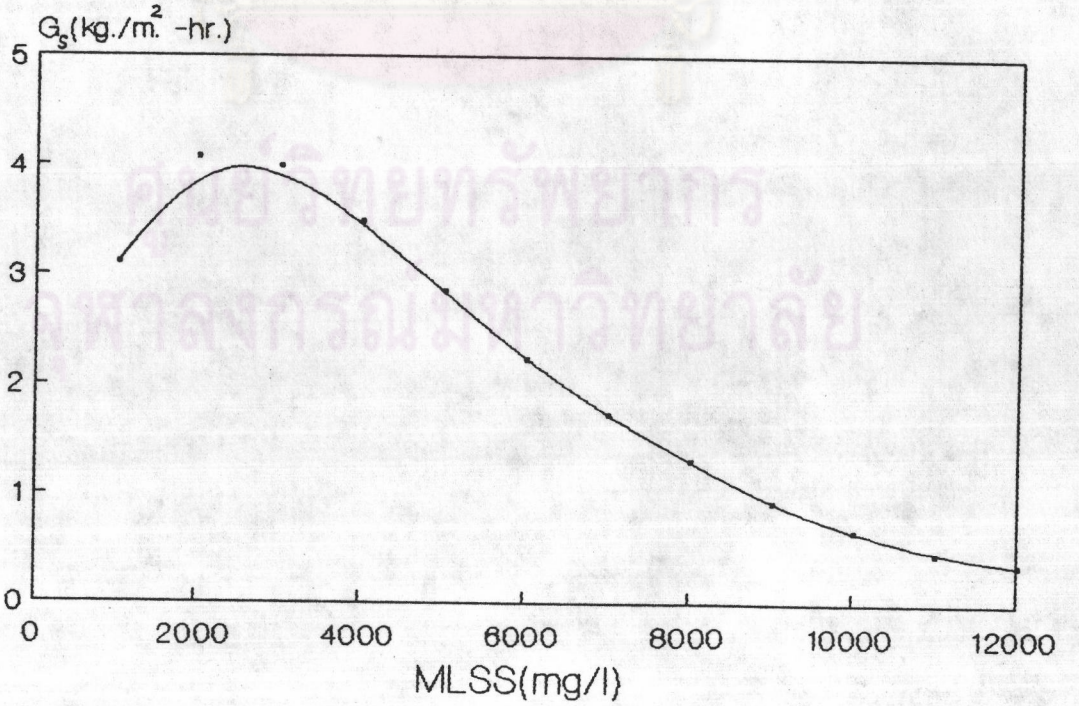
SLUDGE AGE 2 DAYS



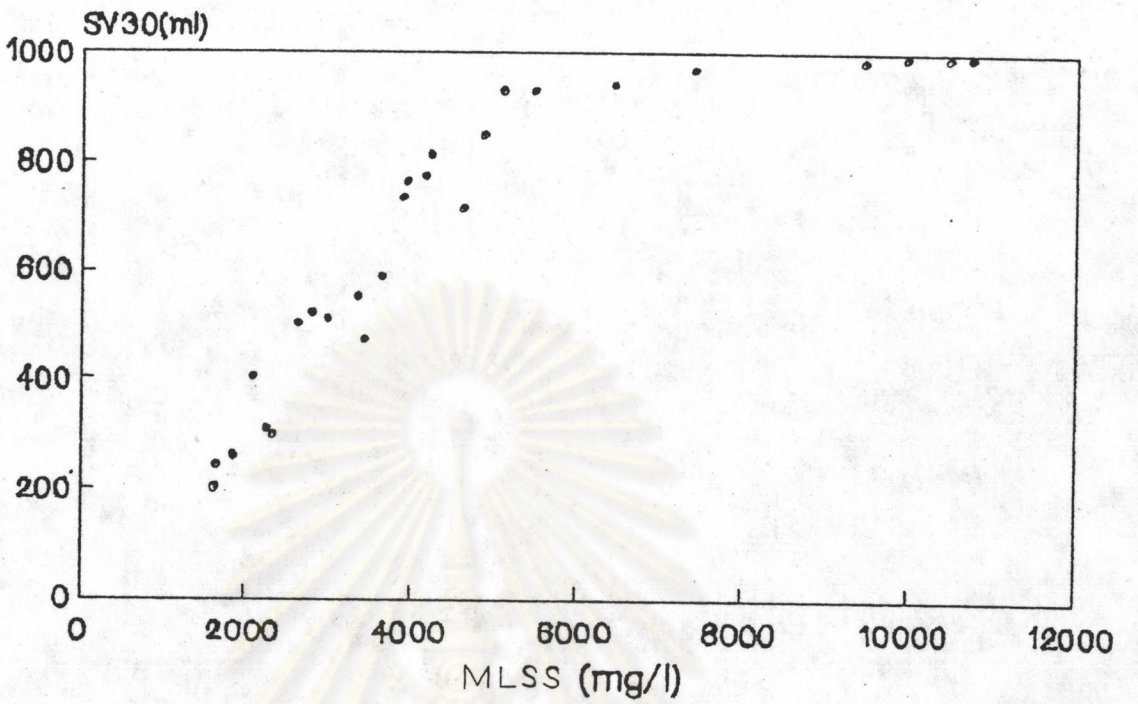


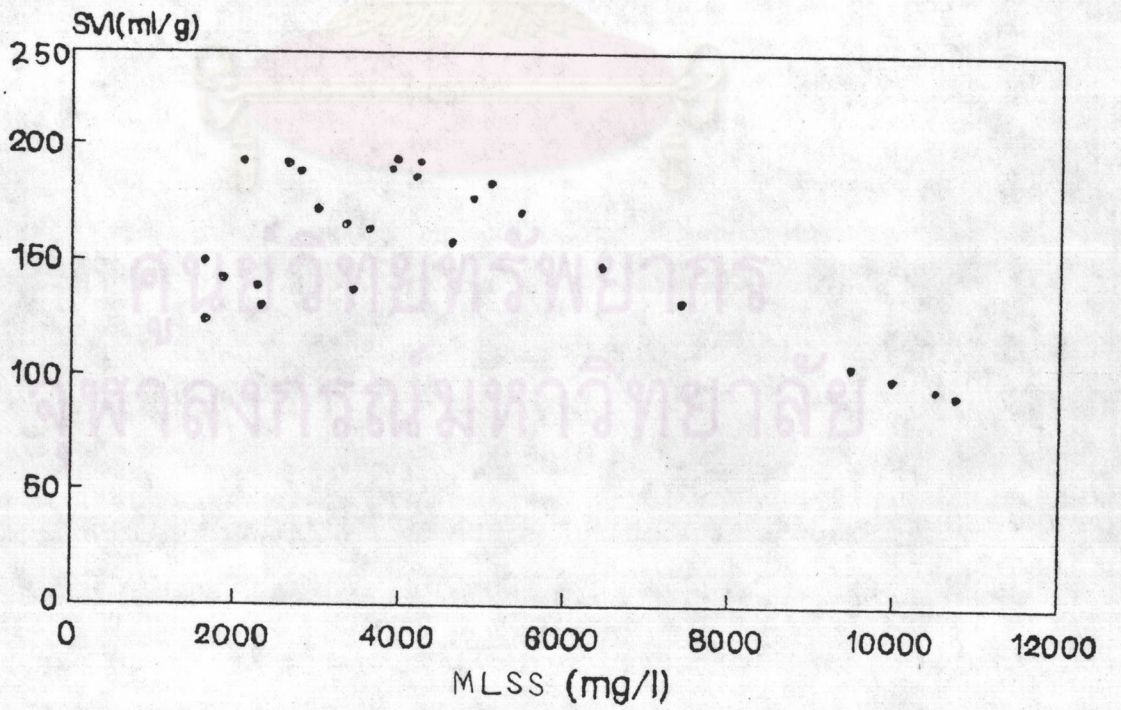
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


ZSV(cm./min)
8
6
4
2
0
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
MLSS (mg/l)

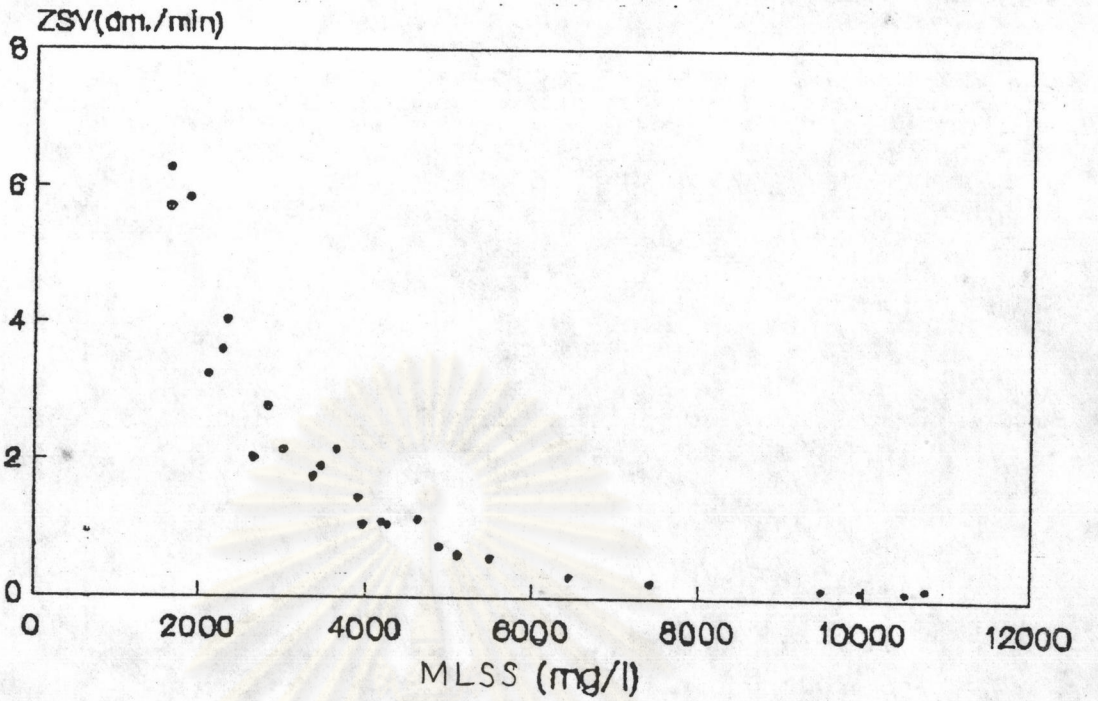

G_s(kg./m.^{2} -hr.)
5
4
3
2
1
0
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
MLSS(mg/l)

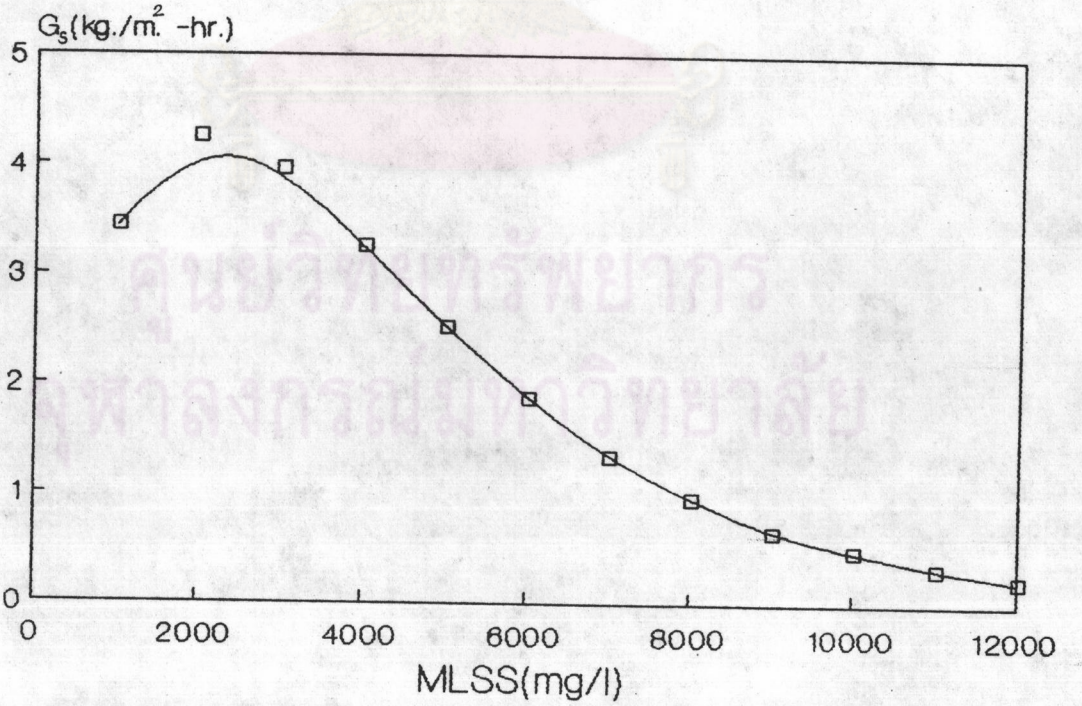
SLUDGE AGE 3 DAYS



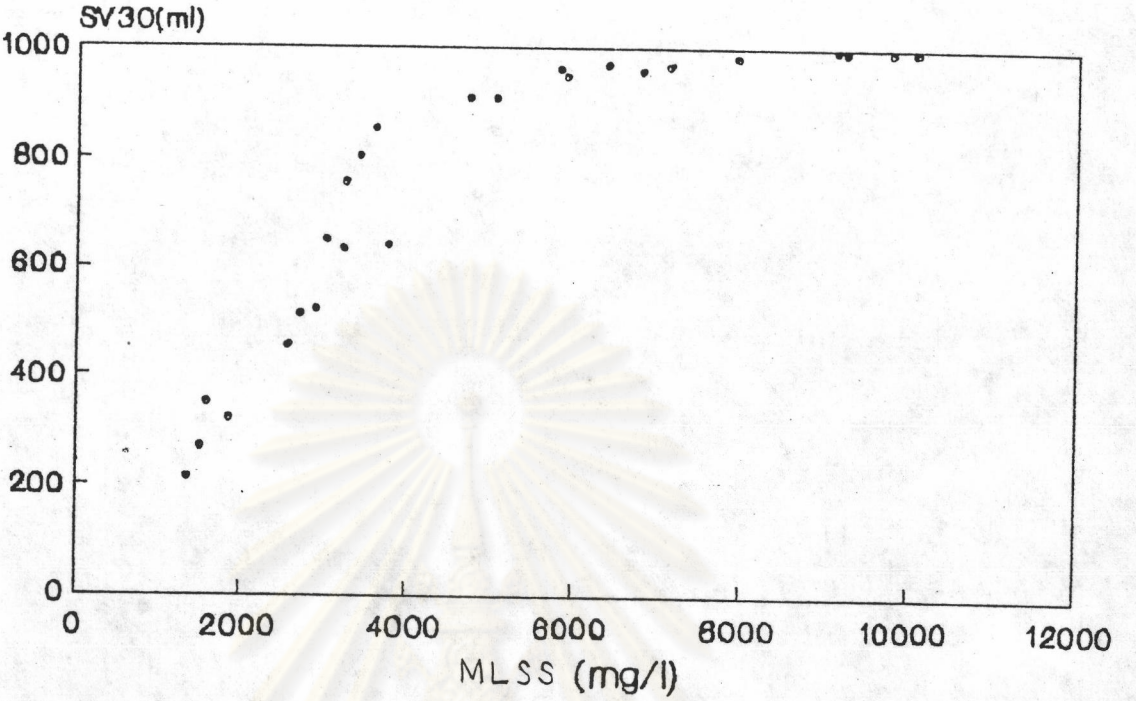


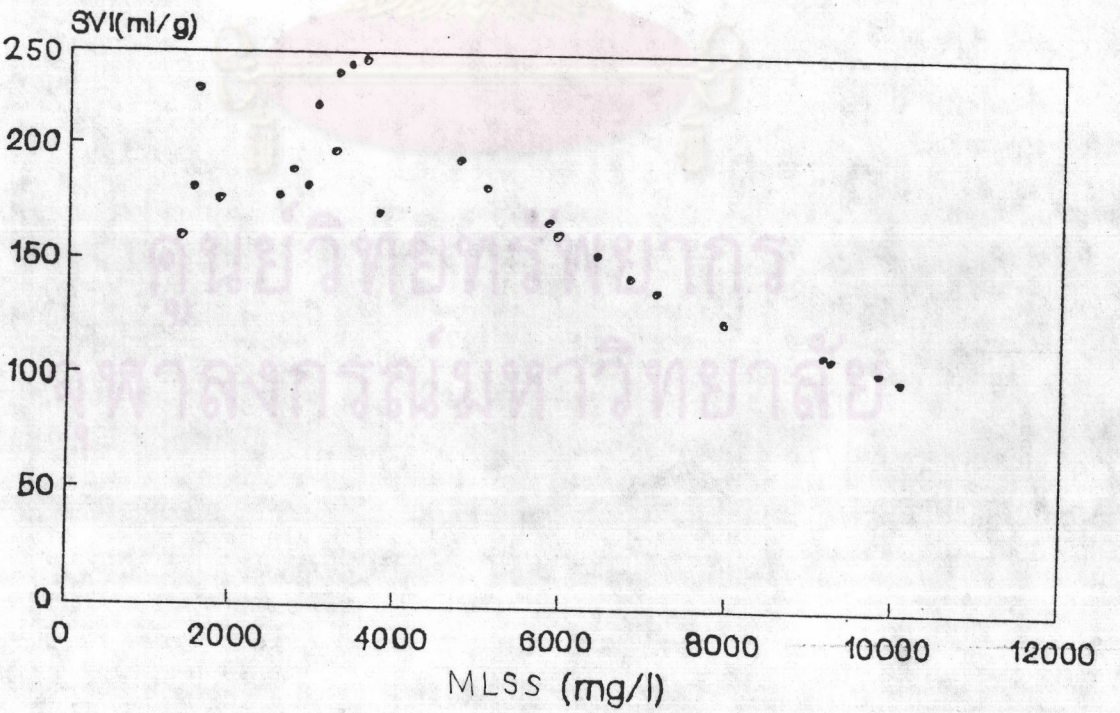
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

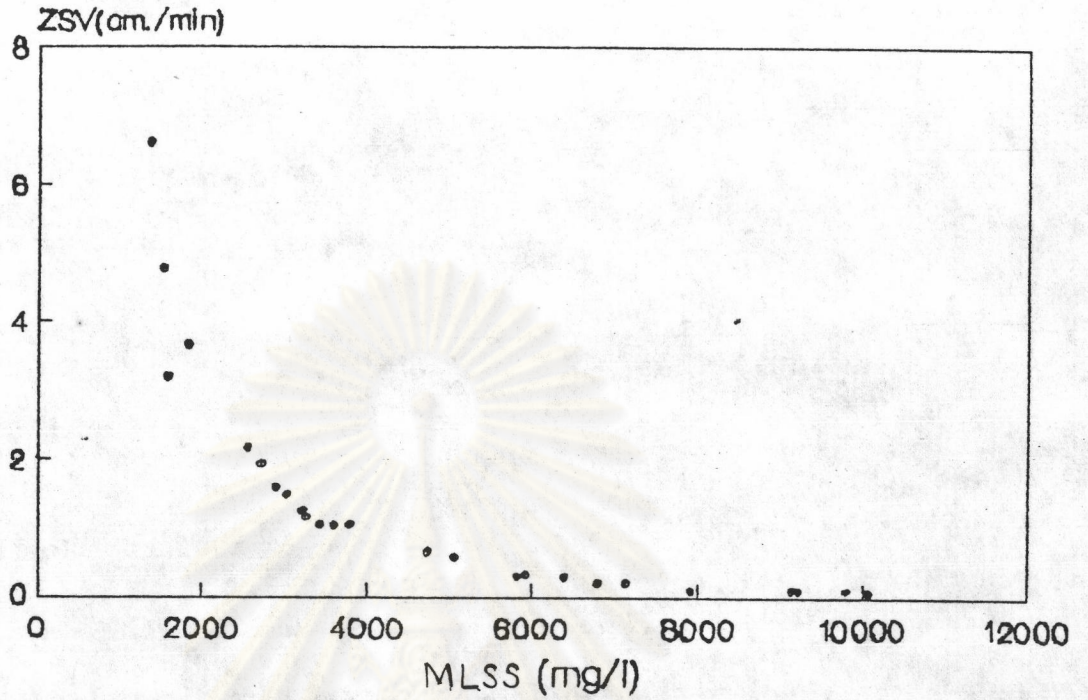

ZSV(dm./min)
8
6
4
2
0
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
MLSS (mg/l)

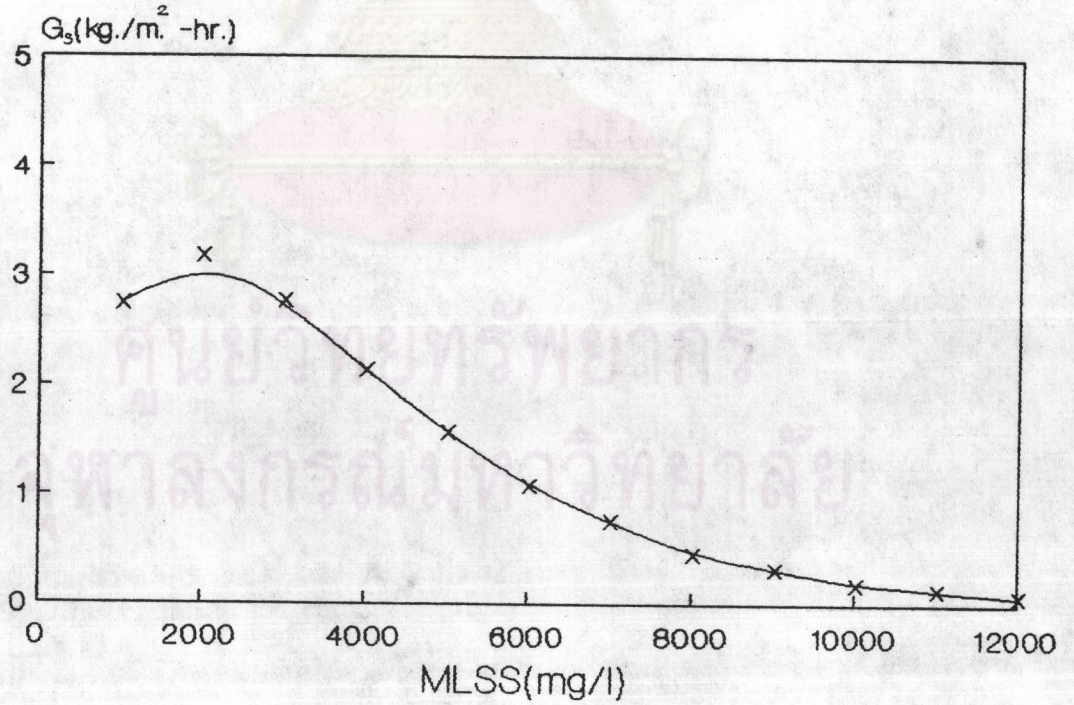

G_s(kg./m.^{2} -hr.)
5
4
3
2
1
0
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
MLSS(mg/l)

SLUDGE AGE 4 DAYS

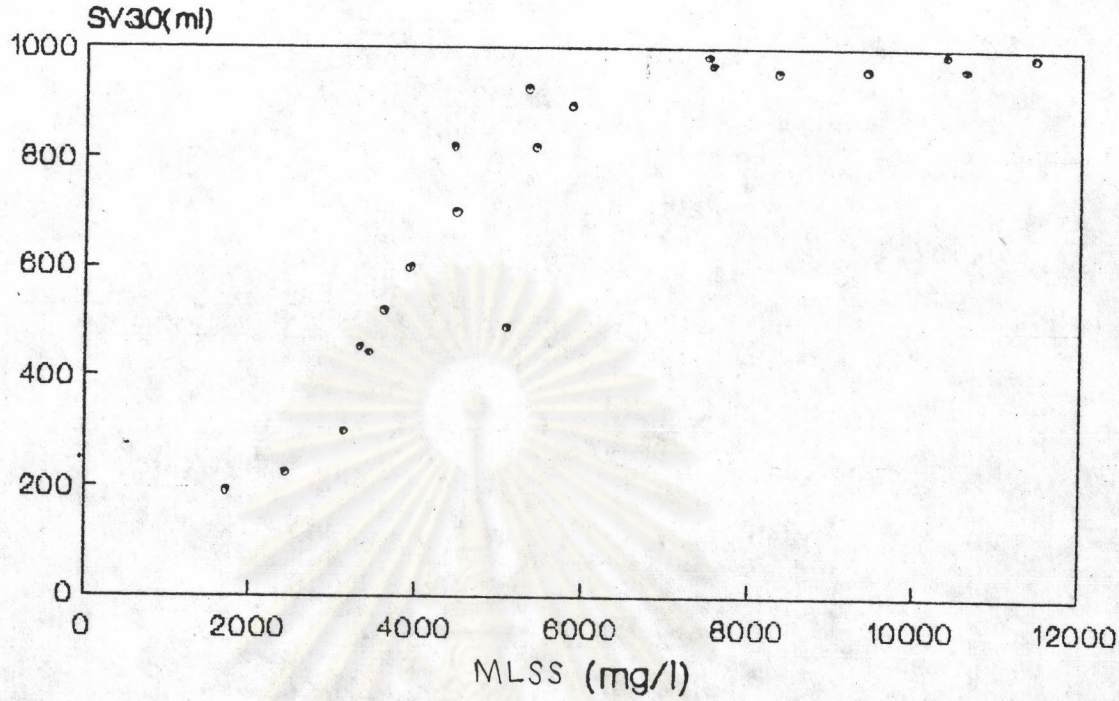


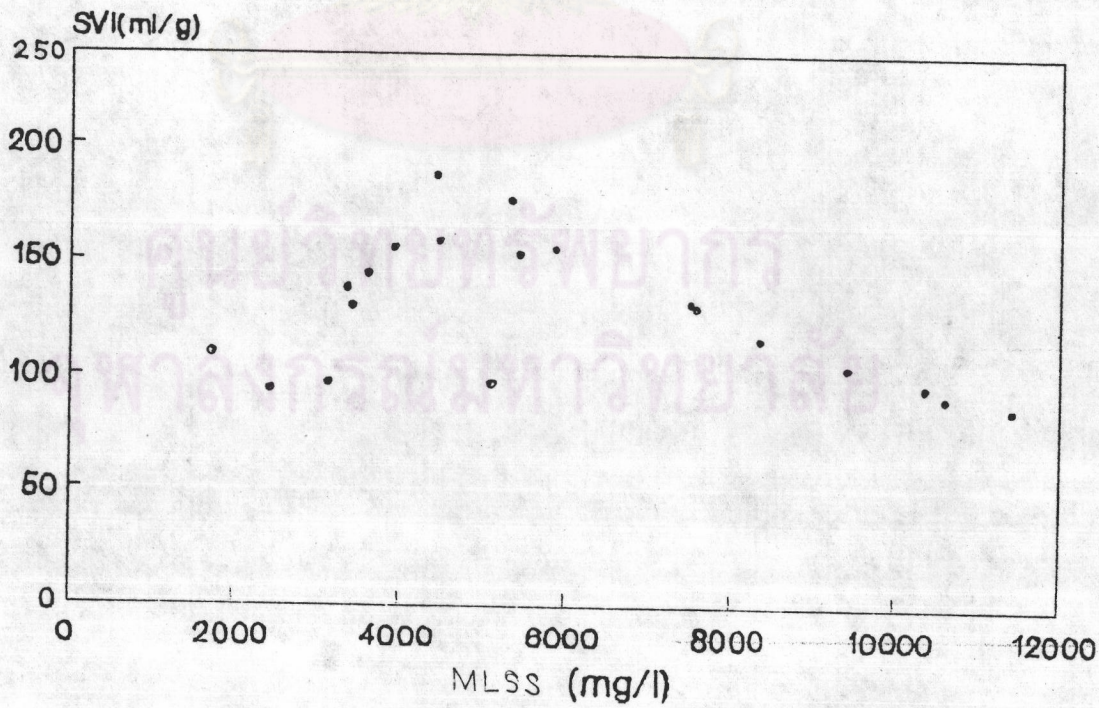


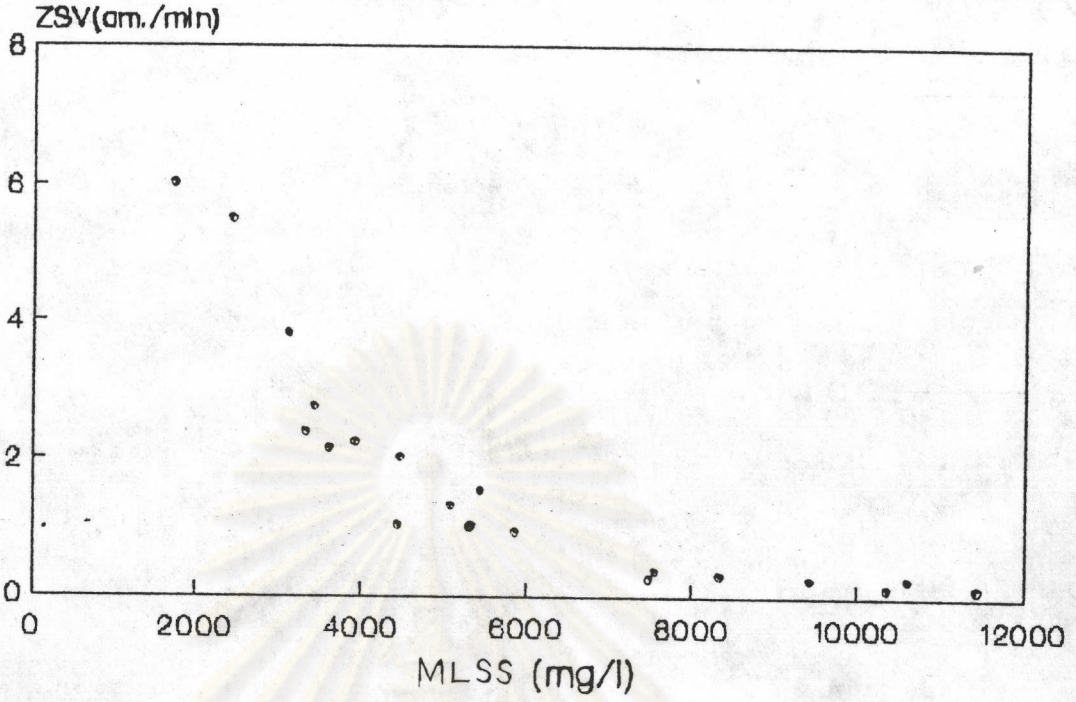

ZSV(cm./min)
8
6
4
2
0
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
MLSS (mg/l)

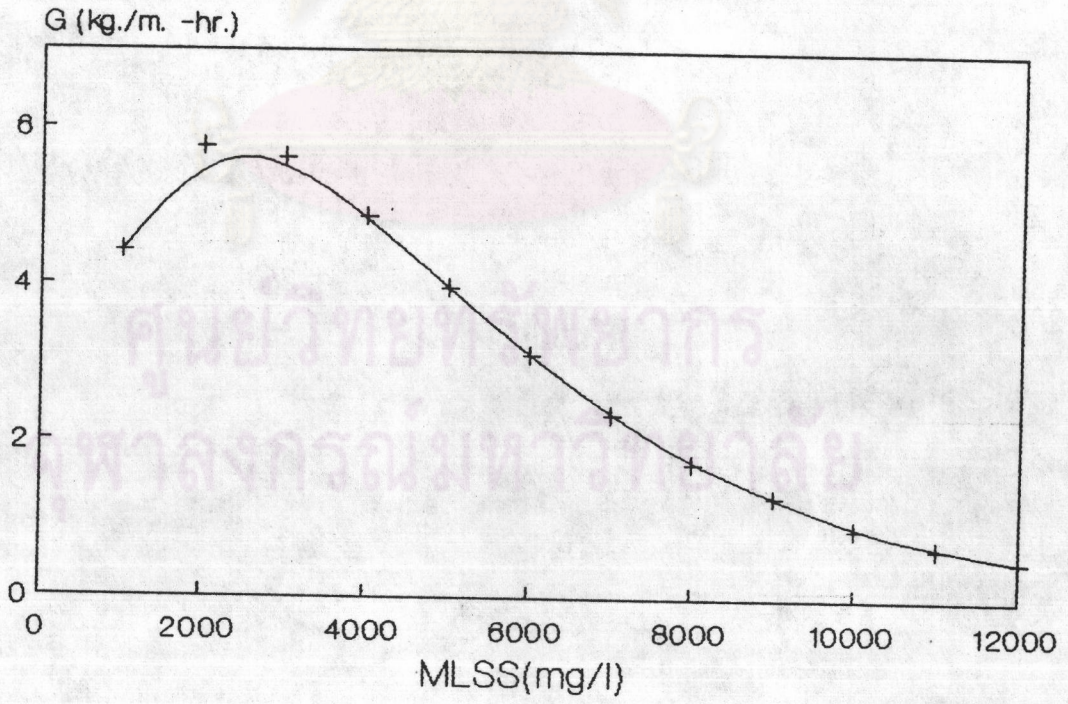

G_s(kg./m.^{2} -hr.)
5
4
3
2
1
0
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
MLSS(mg/l)

HRT 1 HOUR


SV30(ml)
1000
800
600
400
200
0
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
MLSS (mg/l)

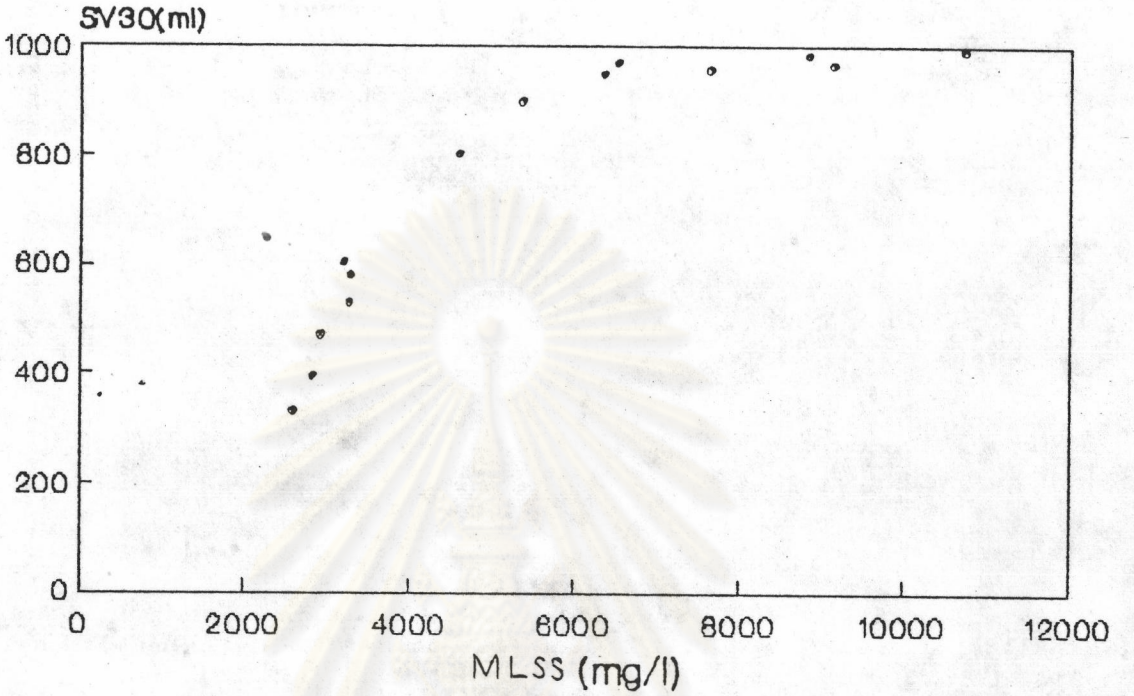

SVI(ml/g)
250
200
150
100
50
0
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
MLSS (mg/l)

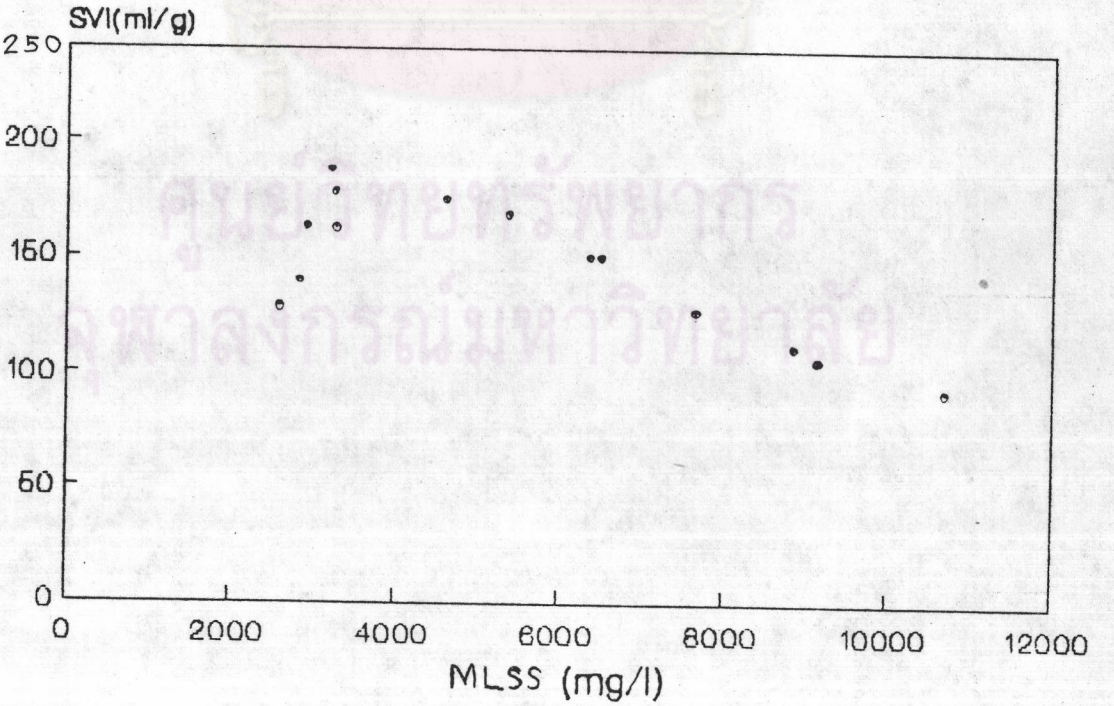




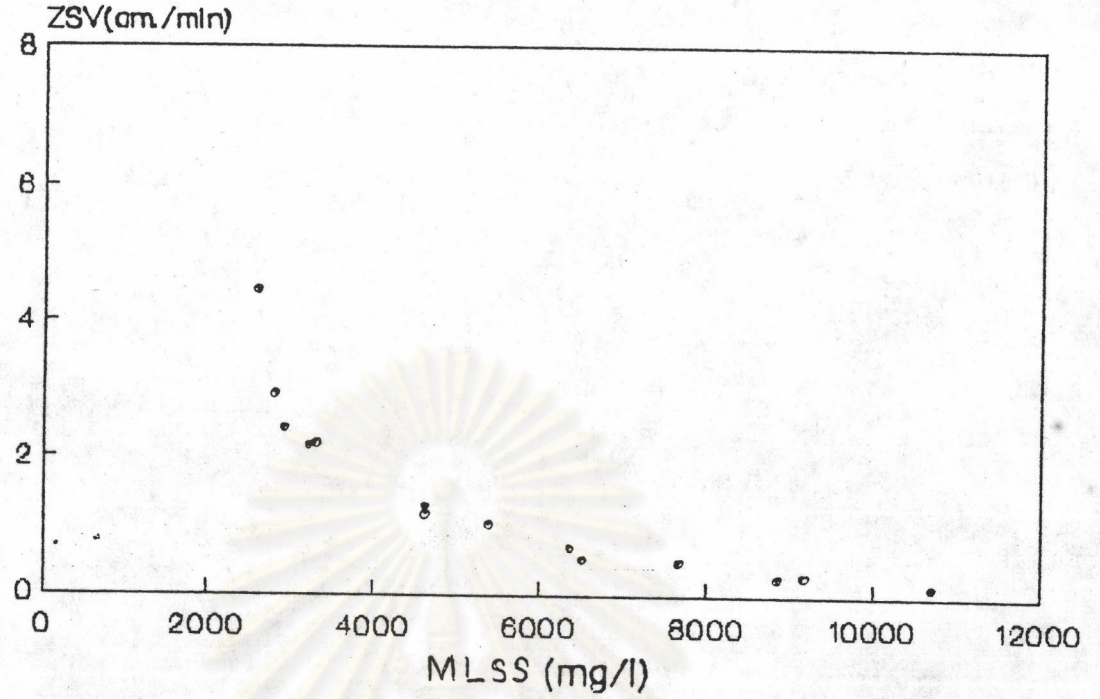
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

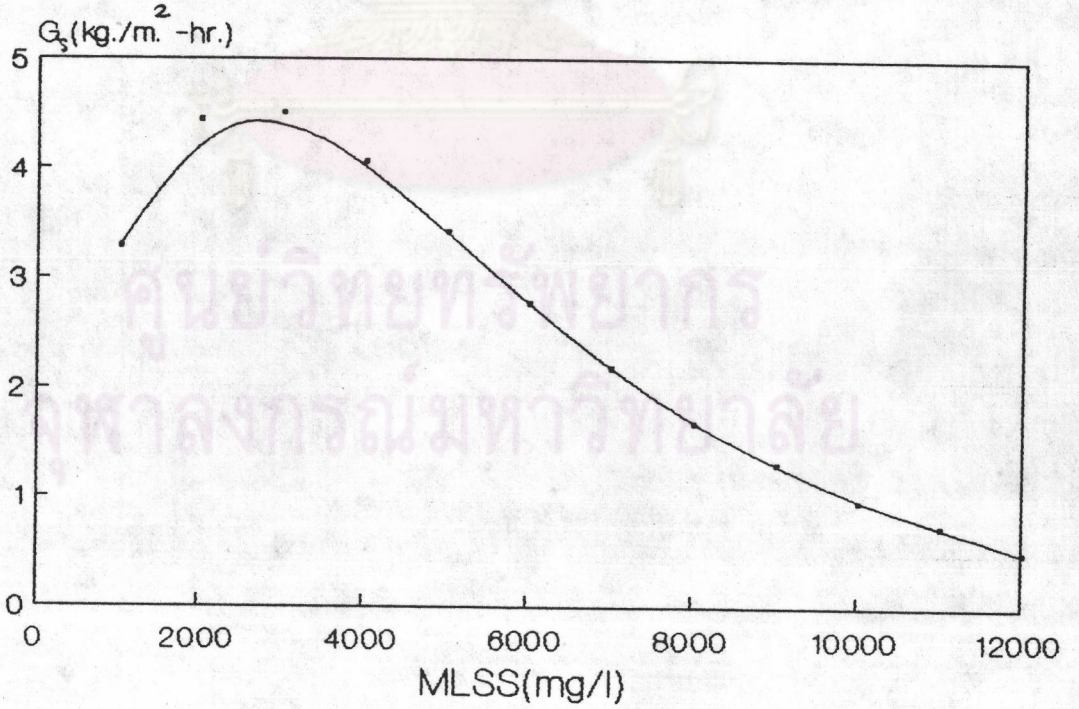
HRT 0.5 HOUR





ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ.

การหาพารามิเตอร์จลนพลศาสตร์ของระบบ

กำหนดให้

T_o = ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ทั้งหมด(COD)ในน้ำทิ้งเข้า (มก./ล.)

C_o = ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ละลายในน้ำทิ้งเข้า (มก./ล.)

T = ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ทั้งหมดในถังปฏิกิริยา(มก./ล.)

C = ความเข้มข้นของสารอินทรีย์ละลายในถังปฏิกิริยา(มก./ล.)

Z_o = ความเข้มข้นของสารแขวนลอยทั้งหมดในน้ำทิ้งเข้า(มก./ล.)

M = ความเข้มข้นของสารแขวนลอยทั้งหมดในถังปฏิกิริยา(มก./ล.)

M_w = ความเข้มข้นของสารแขวนลอยในตะกอนที่ทิ้ง(มก./ล.)

M_e = ความเข้มข้นของสารแขวนลอยในน้ำทิ้งที่ออกจากระบบ(มก./ล.)

V = ปริมาตรของถังปฏิกิริยา(ลิตร)

v = ความมีชีวิต(viability)ของจุลชีพ

F = อัตราการไหลของน้ำทิ้งเข้าระบบ(ลิตร/ชม.)

F_w = อัตราการทิ้งตะกอน(ลิตร/ชม.)

f = สัดส่วนของของแข็งเฉื่อยในน้ำทิ้งที่เข้าระบบ

f' = สัดส่วนของอนุภาคสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งเข้าที่ไม่ทำปฏิกิริยา

<u>สารอินทรีย์ที่จุลชีพไม่สามารถย่อยสลายได้</u>(nonbiodegradable material,C_1)

หาได้จากกราฟเส้นตรงระหว่างอัตราการใช้สารอาหารจำเพาะ(q')กับ C จุดที่ตัดกับแกน x คือ C_1

$$q' = \frac{F(C_o - C)}{VX'} \qquad \text{----------(1)}$$

$$X' = M - fZ_o(\theta_c/d) \qquad \text{----------(2)}$$

C_1 ใช้ในการคำนวณหาค่า S'_o และ S ซึ่งเป็น T_bOD

$$S'_o = T_o - C_1 - f'(T_o - C_o) \qquad \text{----------(3)}$$

$$S = C - C_1 \qquad \text{----------(4)}$$

<u>ยีลด์ที่แท้จริงและอัตราการสลายตัวจำเพาะ</u>(True growth yield, Y'_g and specific decay rate, b')

หาได้จากกราฟเส้นตรงของสมการ

$$\frac{S'_o - S}{X'\partial} = \frac{1}{Y'_g}\frac{1}{\theta_c} + \frac{b'}{Y'_g} \qquad \text{----------(5)}$$

ซึ่ง plot ระหว่าง $(S'_o - S)$ กับ $1/\theta_c$ ความชันคือ $1/Y'_g$ และจุดที่ตัดกับแกน y คือ b'/Y'_g

<u>อัตราการตายจำเพาะ</u>(specific death rate,)

ถ้ารู้ค่า v ก็สามารถหาได้จากกราฟเส้นตรงของสมการ

$$1/v = 1 + \gamma(\theta_c/1+b\theta_c) \qquad \text{----------(6)}$$

ซึ่ง plot ระหว่าง 1/v กับ $\theta_c/1+b\theta_c$ ความชันคือ แต่ถ้าไม่รู้ค่า v ก็ประมาณค่า γ จาก literature

<u>อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะและค่าคงที่ที่ความเร็วครึ่งหนึ่ง</u>(specific growth rate, μ_m and half velocity constant, K_s)

หาได้จากกราฟเส้นตรงของสมการ

$$\frac{S}{1/\theta_c + b + \gamma} = \frac{1}{\mu_m} S + \frac{K_s}{\mu_m} \qquad \text{----------(7)}$$

ซึ่ง plot ระหว่าง $S/(1/\theta_c + b + \gamma)$ กับ S ความชันคือ $1/\mu_m$ จุดที่ตัดกับแกน y คือ K_s/μ_m

<u>สัมประสิทธิ์ความต้องการออกซิเจน</u>(oxygen demand coefficient, β')

หาได้จากสมการ

$$\beta' = \frac{T - C - f'(T_g - C_g)(\theta_c/\partial)}{M - fZ_o(\theta_c/\partial)} \qquad \text{----------(8)}$$

ค่า θ_c ที่ใช้มาจากการคำนวณตามสมการ

$$\theta_c = \frac{VM}{F_w M_w + (F - F_w)M_e} \qquad \text{----------(9)}$$

กรณีทิ้งตะกอนโดยตรงจากถังปฏิกิริยา $M_w = M$

ค่า f และ f' .

1. แยกของแข็งแขวนลอยออกจากน้ำทิ้งโดยการเซนตริฟิวจ์หรือกรองผ่าน membrane filter(pore $\not>$ 45 μ)

2. ละลายของแข็งที่แยกได้นั้นในสารละลายของสารอาหารให้ได้ความเข้มข้นเท่ากับความเข้มข้นของสารแขวนลอยที่เข้าระบบ

3. บดของแข็งนั้นเพื่อลดเวลาในการย่อยสลาย

4. ใส่ของแข็งที่บดแล้วนั้นในถังปฏิกิริยาแบบแบทช์ที่มีการเติมอากาศ(aerated batch reactor) พร้อมทั้งเติมหัวเชื้อแบคทีเรียที่เคยชินกับน้ำทิ้งนั้นแล้วเล็กน้อย

5. เติมอากาศไปจนกว่าความเข้มข้นของของแข็งจะคงที่

$$f = \frac{\text{ความเข้มข้นคงที่สุดท้ายของของแข็ง}}{\text{ความเข้มข้นเริ่มต้นของของแข็ง}}$$

$$f' = \frac{\text{ความเข้มข้นคงที่สุดท้ายของ COD}}{\text{ความเข้มข้นเริ่มต้นของ COD}}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ.

การคำนวณหาช่วงความเชื่อมั่น(confidence interval) 90 % ของความเร็วในการตกตะกอน

การคำนวณหาช่วงความเชื่อมั่น 90 % ของความเร็วในการตกตะกอนของอายุตะกอน 3 วัน

สมการถดถอยคือ $V = Exp(2.2272 - 0.4802\ C)$

กำหนดให้ $y = \ln V$

$x = C$

จะได้สมการเส้นตรง $y = 2.2272 - 0.4802\ x$

$\ln V = y = -0.2405$

$C = x = 121.1$

$n = 26$

จะได้ $\bar{x} = \Sigma x/n = 4.6577$

$\Sigma_{\Delta} x^2 = \Sigma x^2 - \bar{x}\Sigma x$; เมื่อ $\Delta x = x - \bar{x}$

$= 194.1595$

$\Sigma_{\Delta} y^2 = \Sigma y^2 - \bar{y}\Sigma y$

$= 46.6967$

$Syx = \sqrt{\Sigma_{\Delta} y^2 - b^2\Sigma_{\Delta} x^2 \ / \ (n - 2)}$

$= 0.2837$

$Sy\text{-}y_{\bar{}} = Syx \sqrt{1 + 1/n + \{(x - \bar{x})^2 / \Sigma x^2\}}$

เมื่อ n = 26 จากตาราง t ค่า $t_{0.05} = 1.71$

ดังนั้นอันตรภาคความเชื่อมั่น 90 % คือ $Yc + 1.71\ Sy\text{-}y_{\bar{}}$

เมื่อ Yc = ค่า y ที่คำนวณจากสมการถดถอย

x	Yc	$Sy\text{-}y_{=}$	$Yc-1.71\ Sy\text{-}y_{=}$	$Yc+1.71\ Sy\text{-}y_{=}$
2	1.2708	0.2941	0.7679	1.7737
4	0.3024	0.2894	-0.1925	0.7973
4.6577	-0.0160	0.2891	-0.5104	0.4784
6	-0.6660	0.2904	-1.1626	-0.1694
8	-1.6344	0.2970	-2.1423	-1.1265
10	-2.6029	0.3089	-3.1311	-2.0747
12	-3.5713	0.3255	-4.1279	-3.0147

ดังนั้น $V = Exp(Yc + 1.71\ Sy\text{-}y_{=})$

จะได้ช่วงความเร็วในการตกตะกอนโดยมีความเชื่อมั่น 90 % ดังตารางข้างล่างนี้

concentration (kg/m^3)	ZSV 90 % confidence interval(cm/min.)	
	Lower	Upper
2	2.1552	5.8926
4	0.8249	2.2195
4.6577	0.6003	1.6135
6	0.3127	0.8442
8	0.1174	0.3242
10	0.0437	0.1256
12	0.0161	0.0491

ภาคผนวก ช.

การหาปริมาณโปรตีนโดย Lowry's Method

<u>รีเอเจนต์</u>

1. สารละลาย A ปริมาตร 500 มล. ใช้ NaOH 2 กรัมและNa_2CO_3 10 กรัม

2. สารละลาย B ปริมาตร 100 มล. ใช้ $CaSO_4$ 0.5 กรัม, โซเดียม-โปตัสเซียมตาร์เตรต 1.5 กรัม และ 1 N. NaOH 2 มล.

3. สารละลาย A และ B เมื่อเตรียมแล้วเก็บไว้ที่ 4 °c เมื่อจะใช้จึงผสมเข้าด้วยกันในอัตราส่วน A:B = 50:1

4. สารละลาย 1 N. ของ Folin - Phenol reagent

5. สารละลายโปรตีนมาตรฐาน : bovine serum albumin ใช้ 2 มก./2 มล. เป็น stock solution

<u>วิธีทดลอง</u>

เซล 0.5 - 1 มล. + 1 N.NaOH ปริมาตรเท่ากับเซล

↓

ต้มในน้ำเดือด 5 นาที แล้วทำให้เย็น

↓

ดูดสารละลายส่วนบนมา 0.1 - 1 มล.+ สารละลาย A+B

(ปรับปริมาตรทุกหลอดให้เท่ากับ 5 มล.ด้วยน้ำกลั่น)

↓

เก็บในที่อุณหภูมิ 37°c เป็นเวลา 15 นาที

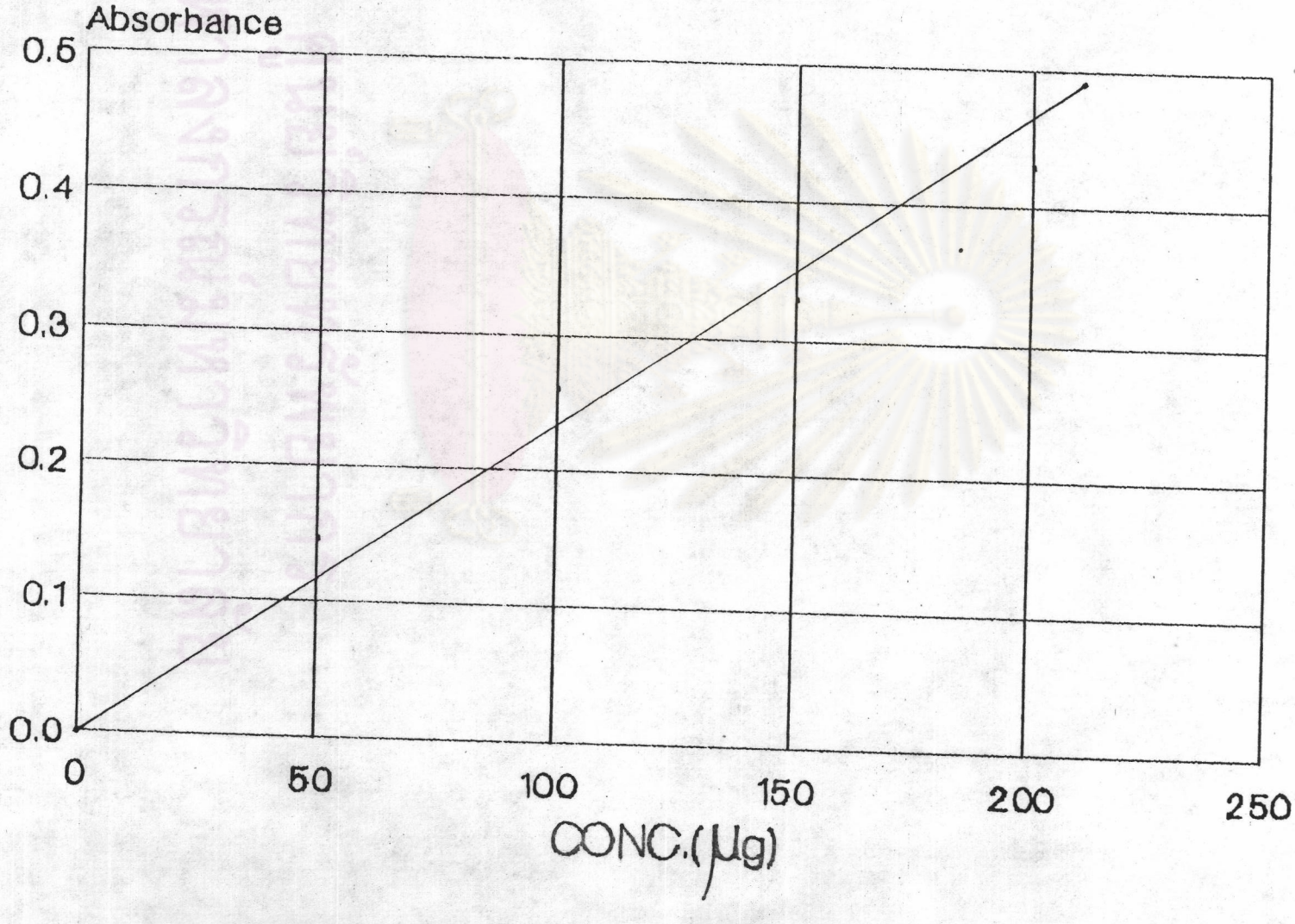
↓

เติม 0.4 มล.ของ Folin - Phenol แล้วผสมทันทีอย่างแรง

↓

วัดความเข้มสีของสารละลายด้วยเครื่อง Spectronic 21 ที่ 650 นาโนเมตร แล้วนำไปเทียบหาปริมาณโปรตีนจากกราฟสารละลายโปรตีนมาตรฐาน

Protein Standard Curve



ภาคผนวก ช.

คำอธิบายคำศัพท์

กรดอะมิโนที่จำเป็น	essential amino acid
ก้อนปุย	floc
กระบวนการแอคทิเวเตดสลัดจ์ที่มีอัตราสูง	High Rate Activated Sludge Process
การย่อยสลาย	degradation
การถดถอยแบบเอกซ์โปเนนเชียล	exponential regression
การเจริญเติบโต	growth
การใช้สารอาหาร	substrate utilization
การสลายตัว	decay
การตาย	death
การบำรุงรักษา	maintenance
การล่า	predation
การแตกตัว	lysis
ค่าคงที่ที่ความเร็วครึ่งหนึ่ง	half velocity constant (K_s)
คุณลักษณะของน้ำทิ้ง	waste characteristics
ความเร็วในการตกตะกอนแบบชั้น	Zone Settling Velocity (ZSV)
จุลชีพ จุลินทรีย์	microorganism
ดัชนีปริมาตรตะกอนเลน	Sludge Volume Index (SVI)
ตะกอนเลน	sludge
ตะกอนเบา	bulking sludge
ตัวแปร	parameter
ถังเติมอากาศ	aeration tank, reactor
ถังตกตะกอน	sedimentation tank
น้ำตะกอน	Mixed Liquor Suspended Solid (MLSS)

น้ำทิ้งโรงงานเบียร์	brewery waste
น้ำทิ้งเข้า	influent
น้ำทิ้งออก	effluent
โปรตีนเซลเดียว	Single Cell Protein (SCP)
ประสิทธิภาพการกำจัด	removal efficiency
ปริมาตรตะกอนเลนเมื่อ-เวลา 30 นาที	Sludge Volume at 30 minutes (SV_{30})
พารามิเตอร์จลนพลศาสตร์	kinetic parameters
ยีลด์จากการสังเกต	observed yield (Y)
ยีลด์ที่แท้จริง	true growth yield (Y'_g)
โรงบำบัดน้ำทิ้ง	Waste Treatment Plant
เวลากักน้ำ	hydraulic retention time (HRT)
สารแขวนลอยในถังเติมอากาศ	Mixed Liquor Suspended Solid (MLSS)
สารแขวนลอยระเหยใน-ถังเติมอากาศ	Mixed Liquor Volatile Suspended Solid (MLVSS)
สารแขวนลอยในน้ำทิ้งเข้า	Influent Suspended Solid (ISS)
สารแขวนลอยในน้ำทิ้งออก	Effluent Suspended Solid (ESS)
สารอินทรีย์ที่จุลชีพไม่สามารถ-ย่อยสลายได้	nonbiodegradable material (C_1)
สภาวะคงที่	steady state
สัดส่วนอัตราการรับมวลแซ็งจำกัด	limiting flux
สัมประสิทธิ์ความต้องการออกซิเจน	oxgen demand coefficient (β')
อายุตะกอน	mean cell residence time (MCRT), sludge age, solid retention time (SRT), θ_c
อัตราการเจริญเติบโต-จำเพาะ	specific growth rate (μ)
อัตราการสลายตัวจำเพาะ	specific decay rate (b')
อัตราการตายจำเพาะ	specific death rate (γ)
อัตราการไหล	flow rate
อัตราน้ำล้น	overflow rate

อัตราเวียนตะกอน	recycle rate
ออร์แกนนิคโหลดดิ้ง	organic loading

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นางสาว ศิววรรณ พูลพันธุ์

เกิด 24 กรกฎาคม 2505 , กรุงเทพมหานคร

การศึกษา วิทยาศาสตร์บัณฑิต(จุลชีววิทยา) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2526

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย