รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรรณิการ์ สิริสิงห์. เคมีของน้ำโสโครกและการวิเคราะห์ กรุงเทพมหานคร : คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2522

ธงชัย พรรณสวัสดิ์, บรรณาธิการ คู่มือวิเคราะห์น้ำทิ้ง กรุงเทพมหานคร : สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525.

พรพจน์ กรรณสูต. การจัดการน้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์สูงมาก ด้วยเครื่องกรองแอนแอโรบิคที่มีชั้นตัวกรองสูง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2524.

โรงงานสุราแสงโสม. งานสิ่งแวดล้อมฝ่ายเทคนิคและการผลิต. สำนักงานกลุ่มบริษัทสุราทิพย์, 2529. (อัดสำเนา)

สุเมธ ชวเดช. เอกสารประกอบการบรรยาย การฝึกอบรมวิชาการเรื่อง "การควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพของโรงงานประกอบกิจการอาหารและเครื่องดื่ม". กรุงเทพมหานคร : 2529.

เสริมพล รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์. การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2524.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาษาอังกฤษ

Anderson, G.K., Donnelly, T., and McKeown, K.J. Identification and control of inhibition in the anaerobic treatment of industrial wastewater. Process Biochem. 17 (July/August 1982) : 28-32.

————. Sanderson, J.A., Saw, C.B., and Donnelly, T. Fate of COD in an anaerobic system treating high sulphate bearing wastewater.In R.J., Jr. Schalze (ed.), Biotechnology for degradation of toxic chemicals in hazardous waste, pp. 505-531. USA : Noyes Data Corporation, 1988

APHA, AWWA, and WPCF. Standard method of the examination of water and wastewater. 17th ed. New York : American Public Health Association, 1989.

Boopathy, R. and Tilche, A. Anaerobic digestion of high strength molasses wastewater using hybrid anaerobic buffled reactor. Water Res. 25 (1991) : 785-790.

Bonaste, N. and Paris, J.M. Survey of laboratory, pilot, and industrial anaerobic filter installations. Process Biochem. (February 1989) : 15-20.

Burgess, S.G., and Wood, L.B. Pilot-plant studies in production of sulphur from sulphate-enriched sewage sludge. J. Sci. Fd Agric. 12 (1961) : 326-341.

Bories, A., Raynal, J., and Bazile, F. Anaerobic digestion of high strength distillery wastewater (cane molasses stillage) in a fixed-film reactor. Biological Waste 23 (1988) : 251-267.

Braun, R., and Huss, S. Anaerobic digestion of ditillery effluents. Process Biochem. (July/August 1982) : 25-27.

Brock, T.D., Madigan, M.T. Biology of microorganism. 5th ed. New Jersey : Practice Hall, Englewood cliffs, 1988.

Buisman, C.J.N., Witr, B., and Lettinga, G. Biotechnological sulphide removal in three polyurethane carrier reactors : stirred reactor, biorotor reactor and upflow reactor. Water Res. 24 (1990) : 245-251.

————. and Lettinga, G. Sulphide removal from anaerobic wastewater treatment effluent of a papermill. Water Res. 24 (1990) : 313-319.

————. Geraats, B.G., Ijspeert, P., and Lettinga, G. Optimization of sulfur production in a biotechnological sulphide-removing reactor. Biotechnol. Bioeng. 35 (1990) : 50-56

Buswell, A.M., and Mueller, H.F. Mechanism of methane fermentation. Industrial and Engineering Chemistry. 44 (1952) : 550-552.

Cail, R.G., and Barford, J.P. An evaluation of the performance of an upflow floc (Tower) digester treating sugar beet and sweet sorghum stillages. Biomass 6 (1985) : 279-285.

Carrondo, M.J.T., Silva, J.M.C., Figueira, M.I.T., Ganho, R.M.B., and Oliveira, J.F.S. Anaerobic filter treatment of molasses fermentation wastewater. Wat. Sci. Tech. 15 (1983) : 117-126.

Dague, R.R., et al. Digestion fundamentals applied to digester recovery-two case studies. JWPCE 42 (1970) : 1667-1675.

Ferguson, J.F., Eis, B.J., and Benjamin, M.M. Neutralization in anaerobic treatment of an acidic waste. Water Res. 18 (1984) : 573-580.

Foust, A.S., Wenzel, L.A., Clump, C.W., Maus, L., and Anderson, L.B. Principles of unit operations. 2nd ed. Canada : John Wiley & Sons, 1980.

Frostell, B. Anaerobic fluidized bed experimentation with a molasses wastewater. Process Biochem. (November/December 1982) : 37-40.

Gadre, R.V. Removal of hydrogen sulphide from biogas by chemoautotrophic fixed-film bioreactor. Biotechnol. Bioeng. 34 (1989) : 410-414.

Hauser, J.Y., and Holder. G.A. Iron availability in mixed cultures of sulfate-reducing bacteria.Biotechnol. Bioeng. 28 (1986):101-106.

Hilton, B.L., and Oleszkiewicz, J.A. Anaerobic treatment of high strength, high sulfate waste. In 41st Ind. Waste. Conf. Purdue University, pp. 156-166, 1986.

Hilton, M.G., and Archer, D.B. Anaerobic digestion of sulfate-rich molasses wastewater : Inhibition of hydrogen sulfide production. Biotechnol. Bioeng. 31 (1988) : 885-888.

Hobson, P.N., and Shaw, B.G. The bacterial population of piggery waste anaerobic digester. Water Res. 8 (1974) : quoted in Garcia, J.L. Relation between acidogenesia and the utilization of lactate, sulfate and nitrate during anaerobic digestion. In Symposia International "Advances en digestion anaerobia", pp.25-27. Maxico, 1982.

Isa, Z., Grusenmeyer, S., and Verstraete, W. Sulfate reduction relative to methane production in high-rate anaerobic digestion : Microbiological Aspects. Appl. Environ. Microbiol. 51 (1986) : 580-587.

Kirsch, E.C., and Sykes, R.M. Anaerobic digestion in biological waste treatment. Progress in Industrial Microbiology 9 (1971) : 155-237.

Krocker, E.T. Anaerobic treatment process stability. JWPCF 51 (1979) : 718.

Kroiss, H., and Wabnegg, F.P. In Proc. Conf. "Anaerobic waste water treatment", The Netherlands, TNO Corporate Communication Dept. The Hague, 1983. quoted in Visser, A. Anaerobic treatment of sulfate containing waste water. In H.J. Lubberding, and F. Stams (eds.) Microbiology : International course on anarobic waste water treatment, Wageningen Agricultural University, 1991.

Lovley, D.R., Dwyer, D.F., and Klug, M.J. Kinetic analysis of competition between sulfate reducers and methanogens for hydrogen in sediments. Appl. Environ. Microbiol. 43 (1982) : 1373-1379.

Lovley, D.R.,and Klug, M.J. Sulfate reducer can cut compete methanogens at freshwater sulfate concentration. Appl. Environ. Microbiol. 43 (1983) : 187-192.

Maree, J.P., and Strydon, W.F. Biological sulphate removal in an upflow packed bed reactor. Water Res. 19 (1985) : 1101-1106.

————. Biological sulphate removal from industrial effluent in an upflow packed bed reactor. Water Res. 21 (1987) : 141-146.

McCartney, D.M., and Oleszkiewicz, J.A. Sulfide inhibition of anaerobic degradation of lactate and acetate. Water Res. 25 (1991) : 203-209.

McCarty, P.L. Anaerobic waste treatment fundamentals : part III, toxic materials and their control. Public Works 95 (1964 a) : 91-94.

————. Anaerobic waste treatment fundamentals: part II, environmental requirements and control. Public works 96 (1964 b) : 123-126.

Muche, H., Zimmermann, H. The purification of biogas. In A publication of deutsches zentrum fur entwicklungstechnologien: Deutche Gesellschaff fur Technisch Zusammenarbei. (GTZ) GmbH. Eschborn : Lengericher Handelsdruckerei, 1985.

Mueler, R.F., and Steiner, A. Inhibition of anaerobic digestion caused by heavy metals. Wat. Sci. Tech. 26 (1992) 835-846.

Oremland, R.S., and Polein, S. Methanogenesis and sulfate reduction: competitive and noncompetitive substrates in estuarine sediments. Appl. Environ. Microbiol. 44 (1982) : 1270-1276.

Parkin, O.F., Sneve, M.A., and Loos, H. Anaerobic filter treatment of sulfate-containing wastewater. Wat. Sci. Tech. 23 (1991) : 1283-1291.

Pelczar, M.J., Jr., Chan, E.C.S., and Krieg, N.R. Microbiology. 15th ed. Singapore : McGraw-Hill, 1986.

Pichon, M., Rouger, J., and Junet, E. Anaerobic treatment of sulfate containing effluents. Wat. Sci. Tech. 20 (1988) : 133-141.

Reis, M.A.M., Goncalves, L.M.D., and Carrondo, M.J.T. Sulfate reduction in acidogenic phase anaerobic digestion. Wat. Sci. Tech. 20 (1988) : 345-351.

Romero, L.I., Sales, D., and Martinez, E. Comparison of three practical process for purifying wine distillery wastewater. Process Biochem. (1990) : 93-96.

Salkinoja-Salonen, M.S., Nyns, E., J., Sutton, P.M., Van den berg,L., and Wheatley, A.D. Starting-up of an anaerobic fixed film reactor. Wat.Sci. Tech. 15 (1983) : 305-308.

Sanchez, E., and Travieso, L. Distillery wastewater treatment by high rate anaerobic filters. Biotechnol. Lett. 10 (1988) : 521-522.

Sawyer, C.N., and McCarty, P.L. Chemistry for environmental engineering. 3rd ed. Singapore : McGraw-Hill, 1978.

Smith, R.L., and Klug, M.J. Electrons donors utilized by sulfate-reducing bacteria in eutrophie lake sediments. Appl. Environ. Microbiol. 42 (1981) : 116-121.

Sorensen, J., Christensen,D., and Jorgensen, B.B. Volatile fatty acids and hydrogen as substrates for sulfate reducing bacteria in anaerobic marine sediment. Appl. Environ.

Microbiol. 42 (1981) : 5-11.

Speece, R.E. In Proc, EWPCA conf. "Anaerobic treatment, a grown-up technology, Amsterdam, 1986. quoted in Visser, A. Anaerobic treatment of sulfate containing waste water. In H.J. Lubberding, and F. Stams (eds.) Microbiology : International course on anarobic waste water treatment, Wageningen Agricultural University, 1991.

Stafford, J.T., Leitter, M. and Worland, J.R. Anaerobic digestion U.S.A.: Applied Science publishing, 1980

Stover, E.L., and Gonzalez, R. Low temperature kinetics of anaerobic fixed film reactors. In 43rd Ind. Waste. Conf. Purdue University, pp. 339-352, 1989.

Sublette, K.L. and Sylvester, N.D. Oxidation of hydrogen sulfide by mixed cultures of Thiobacillus denitrificans and heterotrophs. Biotechnol. Bioeng. 24 (1987) : 759-761.

Tanimoto, Y., Tasaki,M., Okamura, K., Yamaguchi, M., and Minami, K. Screening growth inhibitors of sulfate-reducing bacteria and their effects on methane fermentation. Journal of Fermentation and Bioengineering 68 (1989) : 353-359.

Theis, T.L., and Hayes, T.D. Chemistry of heavy metals in anaerobic digestion. In A.J. Rubin (ed.), Chemistry of waste water technology, pp. 403-419. Ohio : ANN ARBOR Science, 1978.

Thirumurhi, D. Effects of mixing velocity on anaerobic fixed film reactors. Water Res. 22 (1988) : 517-523.

Visser, A. Anaerobic treatment of sulfate containing waste water. In H.J. Lubberding, and F. Stams (eds.) Microbiology : International course on anaerobic waste water treatment. Wageningen Agricultural University , 1991.

————. Gao, Y. and Lettinga, G. Anaerobic treatment of synthetic sulfate-containing wastewater under thermophilic condition. Wat, Sci. Tech. 25 (1992) : 193-202.

Widdel, F. Biology of anaerobic micro-organisms. New York : John Wiley & Sons, 1988. quoted in Visser, A. Anaerobic treatment of sulfate containing waste water. In H.J. Lubberding, and F. Stams (eds.) Microbiology : International course on anaerobic waste water treatment, Wageningen Agricultural University, 1991.

Wilkie, A., and Colleran, E. Start-up of anaerobic filters containing different support materials using pig slurry supernatant. Biotechnol. Lett. 6 (1984) : 735-740.

Wu, Y.C. et. al. Treatment of high strength organic wastes by submerged media reactors : State-of-the-art review. In Proc. 1st Int. Conf. Fixed Film Biol. Processes. Pittsburgh, 1981. quoted in Bonastre, N., and Paris, J.M. Survey of laboratory, pilot and industrial anaerobic filter installation.

Process Biochem. (February 1989) : 15-20.

Yoda, M., Kitagawa, M., and Miyaji, Y. Long term competition between sulfate-reducing and methane-producing bacteria for acetate in anaerobic biofilm. Water Res. 21 (1987) : 1547-1556.

Yodav, V.K., and Archer, D.B. Sodium molybdate inhibits sulfate reduction in the anaerobic treatment of high-sulfate molasses wastewater. Appl. Microbiol. Biotechnol. 31 (1989) : 103-106.

Young, J.C. Factors affecting the design and reformance of upflow anaerobic filter. Wat. Sci. Tech. 24 (1991) : 133-155.

Zeikus, J.G. Microbiol population in digesters. In D.A. Stafford et. al. (eds.), Proceedings of the first international symposium on anaerobic digestion. London : Applied Science, 1979.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ก 1 pH

วิธีวิเคราะห์

วิเคราะห์โดยตรงด้วยเครื่อง pH Meter 7020 Electronic Instruments Limited

หมายเหตุ : รายละเอียดการใช้เครื่อง pH meter ศึกษาได้จากคู่มือเฉพาะเครื่องนั้น ๆ

ก 2 COD

ที่มา

APHA, AWWA และ WPFC (1989)

วิธีวิเคราะห์

ใส่ 0.4 g $HgSO_4$ ลงในขวดก้นกลม เติมน้ำตัวอย่างที่ผ่านการ centrifuge ที่ 5000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที แล้ว และนำมาทำให้เจือจาง จำนวน 20.0 ml (หรือน้อยกว่านี้ แต่เติมน้ำกลั่นจนครบ 20.0 ml) เขย่า เติม 10 ml สารละลายมาตรฐาน 0.25 N $K_2Cr_2O_7$ ใส่ glass beads ค่อยๆ เติม 30 ml ของสารละลาย conc. H_2SO_4 + Ag_2SO_4 เขย่าให้เข้ากัน รีฟลัคประมาณ 2 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็น ล้าง condensor ด้วยน้ำกลั่น เติมน้ำกลั่นลงไปจนได้ปริมาตรประมาณ 140 ml ทิ้งไว้ให้เย็น ไตเตรต $K_2Cr_2O_7$ ที่เหลือด้วยสารละลาย 0.1 N $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนแล้ว โดยใช้เฟอร์โรอินเป็นอินดิเคเตอร์ ทำ blank โดยใช้น้ำกลั่นแทนน้ำตัวอย่าง

วิธีคำนวณ

$$COD\ (mg/l) = \frac{(D-S)\ N \times 8000}{ml\ Sample}$$

เมื่อ D = ml $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ ที่ใช้ titrate blank

S = ml $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$ ที่ใช้ titrate น้ำตัวอย่าง

N = Normality ของ $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2$

หมายเหตุ : กรณีที่มีการเจือจางน้ำตัวอย่าง ต้องนำค่า dilution factor มาคูณด้วย

ก 3 ซัลเฟต

ที่มา

กรรณิการ์ สิริสิงห (2522)

วิธีวิเคราะห์

ใช้น้ำตัวอย่างปริมาณที่เหมาะสม (20-300 ml) เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 300 ml ทำให้เป็นกรดด้วย HCl 1+1 จนมี pH 4.5-5.0 โดยใช้ pH meter วัด เติมให้เกินพอ 1-2 ml นำไปต้มจนเดือด คนเรื่อย ๆ เติมสารละลาย $BaCl_2$ ที่อุ่นช้า ๆ เติมให้เกินพอ digest ตะกอนที่ 80-90°C อย่างน้อย 2 ชั่วโมง เตรียม porcelain crucible โดยเผาที่ 800° C นาน 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน desiccator แล้วชั่ง

กรองตะกอน $BaSO_4$ ที่เกิดขึ้นด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 (acid-washed ashless filter paper) ล้างตะกอนด้วยน้ำอุ่นจนกระทั่งน้ำล้างไม่มีคลอไรด์ (โดยการทดสอบด้วย Silver nitrate-nitric acid reagent) อบให้แห้ง แล้วนำไปเผาที่ 800°C นาน 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน desiccator แล้วชั่ง

วิธีคำนวณ

$$SO_4^{2-}\ (mg/l) = \frac{mg\ BaSO_4 \times 411.5}{ml\ sample}$$

ก 4 กรดไขมันระเหย (VFA)

ที่มา

APHA, AWWA และ WPFC (1989)

วิธีวิเคราะห์

ใช้น้ำตัวอย่างที่ผ่านการ centrifuge ที่ 5000 รอบต่อนาที นาน 10 นาที จำนวน 20.0 ml ใส่ใน Boiling flask เติมน้ำกลั่น 80 ml เติม 1+1 H_2SO_4 5 ml ต่อเข้ากับชุดกลั่น กลั่นในอัตรา 5 ml ต่อนาที กลั่นจนได้ปริมาตร 150 ml นำไปไตเตรตกับ 0.1 N NaOH ที่มีความเข้มข้นแน่นอน โดยใช้ฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์

วิธีคำนวณ

$$\text{VFA (mg/l as } CH_3COOH) = \frac{\text{ปริมาตร NaOH ที่ใช้ titrate} \times N \times 60000}{\text{ml sample}}$$

เมื่อ N = ความเข้มข้น NaOH ที่ใช้

ก 5 ค่าความเป็นด่าง (Alkalinity)

ที่มา

APHA, AWWA และ WPFC (1989)

วิธีวิเคราะห์

ใช้น้ำตัวอย่างเดียวกันกับ VFA จำนวน 10.0 ml ใส่ใน beaker ขนาด 500 ml เติมน้ำกลั่น 100 ml นำไปไตเตรตด้วย 0.1 N HCl ที่รู้ความเข้มข้นที่แน่นอน จนได้ pH เท่ากับ 4.0 โดยใช้ pH meter และกวนด้วย magnetic bar

วิธีคำนวณ

$$\text{Alk (mg/l as } CaCO_3) = \frac{\text{ปริมาตร HCl ที่ใช้ titrate} \times N \times 50000}{\text{ml sample}}$$

เมื่อ N = ความเข้มข้น HCl

ก 6 ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS)

ที่มา

APHA, AWWA และ WPFC (1989)

วิธีวิเคราะห์

เตรียมถ้วยระเหยโดยอบให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 103 - 105°C นาน 1 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นใน desiccator นำมาชั่งหาน้ำหนัก เลือกใช้ปริมาตรน้ำตัวอย่างให้เหมาะสม (10-50 ml) ปิเปตใส่ถ้วยระเหย นำไปตั้งบนเครื่องชังไอน้ำ ระเหยน้ำจนหมด นำถ้วยระเหยไปอบที่อุณหภูมิ 103-105°C จนน้ำหนักคงที่ ปล่อยให้เย็นใน desiccator ชั่งน้ำหนักจานระเหยทันทีที่เย็นลงเท่าอุณหภูมิห้อง

วิธีคำนวณ

$$TS\ (mg/l) = \frac{\text{น้ำหนักสารที่เพิ่มขึ้น (mg)} \times 1000}{\text{ml sample}}$$

ก 7 ปริมาณของแข็งแขวนลอย (SS)

ที่มา

APHA, AWWA และ WPFC (1989)

วิธีวิเคราะห์

อบกระดาษกรองใยแก้ว (Glass fibre filter disks, Whatman GF/C) ให้แห้งที่อุณหภูมิ 103-105°C ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งหาน้ำหนัก วางกระดาษกรองลงในกรวยบุคเนอร์ (Buchner funnel) ซึ่งต่อกับเครื่องดูดอากาศ (Suction Apparatus) ใช้น้ำกลั่นฉีดกระดาษกรองให้เปียกเพื่อให้ติดแน่นกับกรวยบุคเนอร์ กรองน้ำตัวอย่างตามปริมาตรที่เหมาะสมโดยอาศัยแรงดูดช่วย ใช้น้ำกลั่นฉีดล้างของแข็งที่ติดอยู่ข้างกรวยจนหมดและรอจนกว่าจะแห้ง ปิดเครื่องดูดอากาศ ใช้ปากคีบคีบกระดาษกรองใส่จานเพาะเชื้อ (petri dish) นำไปอบที่อุณหภูมิ 103-105°C ประมาณ 1 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นเท่าอุณหภูมิห้องใน desiccator ชั่งหาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น

วิธีคำนวณ

$$SS\ (mg/l) = \frac{\text{น้ำหนักสารที่เพิ่มขึ้น (mg) x 1000}}{\text{ml sample}}$$

ก 8 H_2S

ที่มา

ธงชัย พรรณสวัสดิ์ (2525)

วิธีวิเคราะห์

เตรียมขวดดักแก๊ส มีลักษณะเป็นขวดเออร์เลนเมเยอร์ ขนาด 250 ml มีส่วนสำหรับนำแก๊สเข้า ซึ่งตอนปลายท่อแก้วเป็นลักษณะฟริตเตดกลาสดิฟฟิวเซอร์ (fritted glass diffuser) เพื่อช่วยให้เกิดฟองแก๊สขนาดเล็ก มีท่อสำหรับแก๊สออก หลังจากผ่านสารละลายภายในขวดแล้ว โดยสารละลายในขวดเตรียมจาก 1 N สารละลายซิงค์อะซิเตต จำนวน 10 ml เติมน้ำจนครบ 150 ml ต่อขวดทั้งสองเข้าด้วยกันด้วยสายยางดิบ ต่ออุปกรณ์ดังกล่าวเข้ากับท่อนำแก๊สออกจากถังปฏิกิริยา จับเวลาที่แก๊สผ่านสารละลายและวัดอุณหภูมิห้องขณะนั้น

เติม 0.0125N สารละลายไอโอดีน ลงในขวดทั้งสองให้มากเกินพอเพื่อให้ทำปฏิกิริยากับซัลไฟด์ที่ถูกดูดซึมไว้ ใส่กรดไฮโดรคลอริคเข้มข้น 50 ml ลงในขวดทั้งสอง เขย่าให้เข้ากัน ผสมสารละลายทั้งสองขวดลงในขวดเออร์เลนเมเยอร์ขนาด 1000 ml นำมาไตไตรตหาปริมาณไอโอดีนที่เหลือด้วย 0.0125 N สารละลายโซเดียมไตโอซัลเฟต โดยใช้น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์ บันทึกปริมาตรที่ใช้

วิธีคำนวน

ตัวอย่างการคำนวน

ใช้เวลาในการดักแก๊ส (trap gas) นาน 30 นาที ที่อุณหภูมิ 30°C (303 K)

	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2
ปริมาตร 0.0125 N I_2 ที่ใช้	50 ml	50 ml
ปริมาตร 0.0125 N $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้	11 ml	9.8 ml
ปริมาตร I_2 ที่ใช้ทำปฏิกิริยา	39.0 ml	40.2 ml

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าเฉลี่ย 39.6 ml

สารละลาย 0.0125 N I_2 1 ml = 0.2 mg sulphide

mg sulphide = 39.6 x 0.2

= 7.92 mg

น้ำหนักโมเลกุล H_2S = 34

คิดเป็นจำนวน mole n = 7.92/34x1000

= 2.33×10^{-4} g mole

ที่ 303 k n = 2.33×10^{-4} g mole

ที่ STP 273 k n = $\frac{2.33 \times 10^{-4} \times 273}{303}$

= 2.099×10^{-4} g mole ที่ STP

แก๊ส 1 mole ที่ STP มีปริมาตร 22.4 dm^3 = 22400 ml

ดังนั้นแก๊ส2.099×10^{-4} moleที่ STP จะมีปริมาตร = $\frac{22400 \times 2.099 \times 10^{-4}}{1}$

= 4.7 ml

ปริมาตรแก๊สที่ผลิตได้ทั้งหมด = 4561 ml/d

ดังนั้นในเวลา 30 นาที จะมีปริมาตรแก๊สทั้งหมด = $\frac{4561 \times 30}{24 \times 60}$

= 95.02 ml

ปริมาตรแก๊สทั้งหมด 95.02 ml มี H_2S 4.7 ml

ปริมาตรแก๊สทั้งหมด 100 ml มี H_2S $\frac{4.7 \times 100}{95.02}$ ml

ดังนั้นคิดเป็น % H_2S = 4.95%

ก 9 Soluble Sulphide

ที่มา

Foust, et.al (1980)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธีคำนวณ

จาก Henry's law

$$pa = Haxa$$

จาก Raoult's law

$$pa = Paxa$$

หรือ $$ya = \frac{pa}{P} = \frac{Paxa}{P}$$

ดังนั้นจะได้ว่า $YaP = Haxa$ ———*

โดย pa = partial pressure of the solute a in the gas phase

xa = mole fraction of solute a in the liquid phase

ya = mole fraction of solute a in the gas phase

Pa = vapor pressure of solute a at the given temp.

P = total pressure

Ha = Henry's Law constant

กำหนดให้ % H_2S = 5.16

สำหรับแก๊ส H_2S ค่า Ha ที่ 30°C คือ

$Ha \times 10^{-4}$ = 0.0609 atm/mole fraction

Ha = 609 atm/mole fraction

H_2S 5.16%

ya = 0.0516

P = 1 atm

จาก ———*

เพราะฉะนั้น xa = yaP/Ha

$$= \frac{(0.0516 \text{ mole fraction})(1 \text{ atm})}{(609 \text{ atm/mole fraction})}$$

ดังนั้น soluble sulphide => xa = 8.47×10^{-5} mole fract.

นั่นคือ $xH_2S = 8.47 \times 10^{-5}$

เพราะฉะนั้น $xH_2O = 1 - 8.47 \times 10^{-5}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

= 0.9999 mole fraction

จาก xH_2S = 8.47×10^{-5}

M.W. H_2S = 34

เพราะฉะนั้นคิดเป็น $8.47 \times 10^{-5} \times 34 \times 1000$

= 2.8798 mg

จาก xH_2O = 0.9999

M.W H_2O = 18

เพราะฉะนั้นคิดเป็น 0.9999×18 = 17.9982 g

= 17998.2 mg

Density H_2O = 1000 kg/m^3 = 10^6 mg/l

เพราะฉะนั้น $V = \frac{17998.2}{10^6}$ = 0.0179982 l

ดังนั้น คิดเป็น soluble sulphide = 2.8798 mg/ 0.0179982

= 160.0048 mg/l

160 mg/l

ก 10 องค์ประกอบแก๊ส (Co_2, CH_4)

วิธีวิเคราะห์

วิเคราะห์โดยตรงด้วยเครื่องมือ Orsat gas Analyzer ดังแสดงในรูป ก.1 ซึ่งมีหลักการคือ CO_2 และ H_2S จะละลายในสารละลาย 10% KOH ส่วนที่เหลือถือว่าเป็นแก๊สมีเทน

วิธีคำนวณ

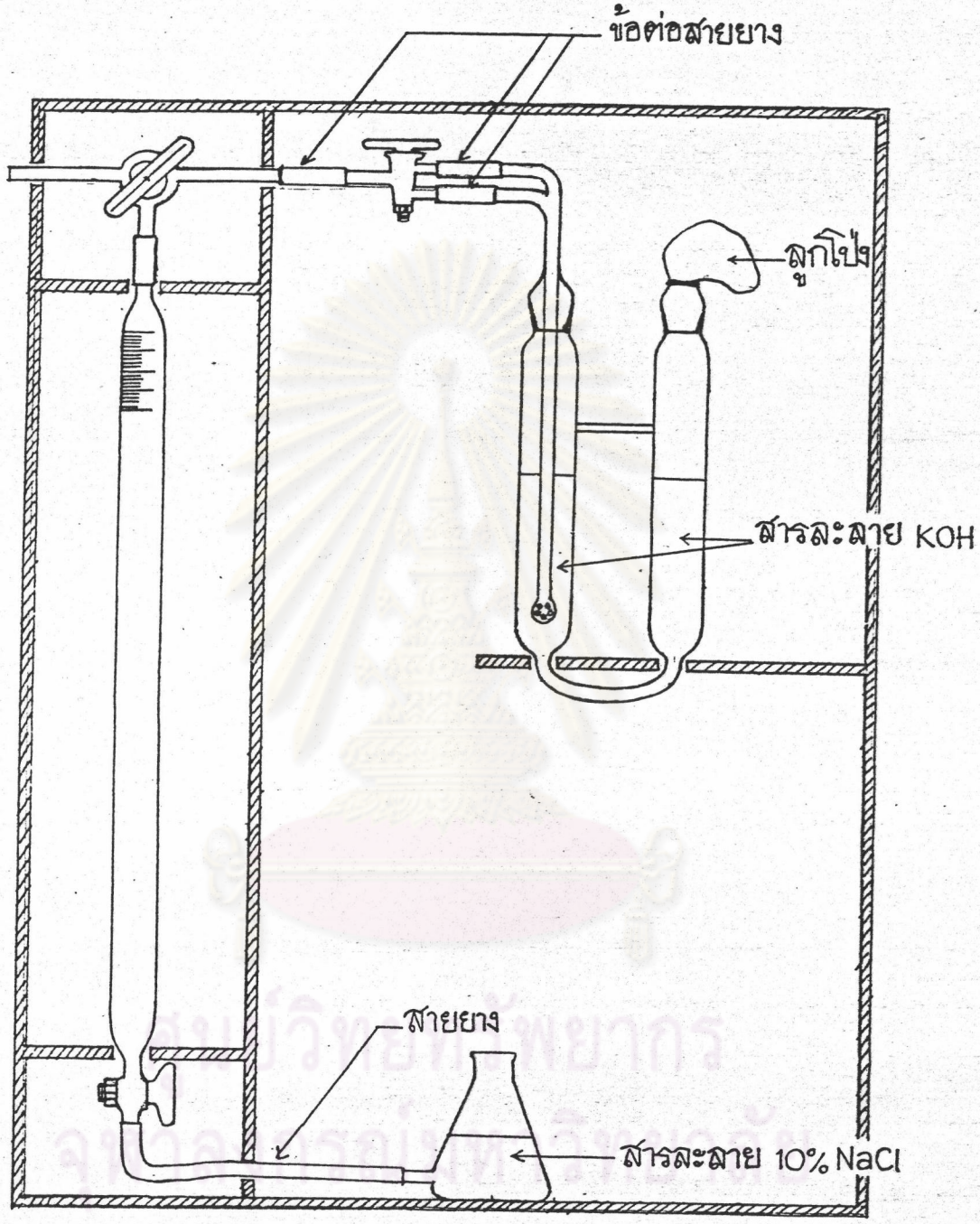
$$\% CO_2 = \frac{(\text{ปริมาตรแก๊สเริ่มต้น-ปริมาตรแก๊สหลังผ่านสารละลาย KOH}) \times 100}{\text{ปริมาตรแก๊สเริ่มต้น} + 4.583} - \% H_2S$$

โดย $\%H_2S$ ได้จาก ก 8

และ $\%\ CH_4 = 100 - \%\ CO_2 - \%\ H_2S$

หมายเหตุ ตัวเลข 4.583 เป็นตัวเลขเฉพาะสำหรับแต่ละเครื่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก. 1 ภาพ 2 มิติ ของ Orsat Gas Analyzer

ภาคผนวก ข

ตาราง ข. 1 - ข. 9 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าตัวแปรต่าง ๆ ตลอดการทดลองในแต่ละอัตราการรับสารอินทรีย์ ตั้งแต่อัตราการรับสารอินทรีย์ 5 kg COD/m^3d จนถึงอัตราการรับสารอินทรีย์ 33 kg COD/m^3d

ในแต่ละตาราง นำผลการทดลองที่ได้แสดงในรูปกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าตัวแปรต่าง ๆ กับจำนวนวันที่ทำการทดลอง

ตาราง ข. 1 แสดงในรูปกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ ข. 1 - ข. 16

ตาราง ข. 2 แสดงในรูปกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ ข. 17 - ข. 32

ตาราง ข. 3 แสดงในรูปกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ ข. 33 - ข. 48

ตาราง ข. 4 แสดงในรูปกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ ข. 49 - ข. 65

ตาราง ข. 5 แสดงในรูปกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ ข. 66 - ข. 82

ตาราง ข. 6 แสดงในรูปกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ ข. 83 - ข. 99

ตาราง ข. 7 แสดงในรูปกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ ข. 100 - ข. 116

ตาราง ข. 8 แสดงในรูปกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ ข. 117 - ข. 133

ตาราง ข. 9 แสดงในรูปกราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ ข. 134 - ข. 150

<u>หมายเหตุ</u> ตาราง ข. 9 เนื่องจากเป็นช่วงสุดท้ายของงานวิจัย จึงทำการวิเคราะห์ตัวแปรบางค่าในช่วงแรกของการทดลอง จนเมื่อระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว จึงวิเคราะห์ค่าตัวแปรทุกค่า เพื่อสามารถสรุปผลการทดลองได้อย่างสมบูรณ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8.1 อัตราการรับสารอินทรีย์ (Organic Loading) เฉลี่ย 5.16 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ค่าเฉลี่ยของ COD ที่เข้าสู่ระบบ 37800 มก.ต่อลิตร ระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย 7.33 วัน

วันที่	Organic Loading (kg COD/m^3d)	COD (mg/l)		% COD Removal	Sulphate (mg/l)		% Sulphate Reduction	pH		VFA (mg/l as CH_3COOH)		Alk (mg/l as $CaCO_3$)		Total Solids (mg/l)		Suspended Solids (mg/l)		Soluble Sulphide (mg/l)	% H_2S	% CO_2	% CH_4	Biogas Production (ml/d)	Biogas Yield			Methane Production (ml/d)	Methane Yield		
		inf	eff		inf	eff		inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff						m^3 Biogas / kg COD removed	m^3 Biogas / kg COD applied	m^3 Biogas / d m^3 reactor		m^3CH_4 / kg COD removed	m^3CH_4 / kg COD applied	m^3CH_4 / d m^3 reactor
1	5.03	36900	11300	67.7	2330	350	85.0	5.2	7.8	280	150	810	2490	41575	14695	2295	335	157	5.1	48.2	46.7	2379	0.0367	0.0249	0.1252	1111	0.0172	0.0119	0.0585
2	5.03	36900	11800	68.0	2330	340	85.4	5.2	7.7	280	160	810	2490					162	5.2	45.7	49.1	4561	0.0702	0.0477	0.2401	2210	0.0345	0.0234	0.1179
3	5.03	36900	12100	67.2	2330	320	86.3	5.2	7.5	280	190	810	2540	41575	14880	2295	315	154	5.0	45.4	49.6	3603	0.0561	0.0377	0.7896	1787	0.0278	0.0187	0.0941
5	5.03	36900	13500	63.4	2330	260	88.3	5.2	7.4	280	150	810	2890	41575	16785	2295	410	116	3.7	42.7	53.6	5631	0.0913	0.0579	0.2911	2965	0.0480	0.0310	0.1561
6	5.01	36700	14300	61.0	2310	230	90.0	5.1	7.8	310	250	790	3180	41630	18675	2170	385	171	5.5	43.9	50.6	4800	0.0827	0.0505	0.2526	2429	0.0419	0.0256	0.1278
7	5.01	36700	15200	58.6	2310	220	90.0	5.1	7.8	310	220	790	3300	41630	19100	2170	445	190	6.1	45.6	48.3	5279	0.0948	0.0555	0.2778	2550	0.0478	0.0268	0.1342
8	5.01	36700	15500	57.8	2310	210	90.9	5.1	7.7	310	240	790	3410	41630	19775	2170	275	193	5.8	43.8	50.6	5304	0.0966	0.0558	0.2792	2684	0.0489	0.0282	0.1417
9	5.01	36700	16100	56.1	2310	240	89.6	5.1	7.7	310	300	790	3700					174	5.5	42.3	52.2	5335	0.1000	0.0581	0.2908	2785	0.0522	0.0293	0.1466
10	5.31	38900	16700	57.1	2560	220	91.4	5.0	7.6	310	300	730	3530	44385	20975	2340	515	211	6.6	43.4	49.3	5785	0.1006	0.0574	0.3045	2852	0.0496	0.0283	0.1501
12	5.31	38900	16900	56.5	2560	240	90.6	5.0	7.6	310	410	730	3700					195	6.4	43.2	50.4	6025	0.1057	0.0598	0.3171	3037	0.0533	0.0301	0.1598
13	5.31	38900	18000	53.7	2560	230	91.0	5.0	7.8	310	410	730	3820	44385	22495	2340	480	204	6.7	42.2	51.1	5842	0.1079	0.0580	0.3075	2985	0.0551	0.0296	0.1571
14	5.23	38300	18100	52.7	2270	200	91.2	5.0	7.8	310	270	730	3760					222	7.2	40.0	40.8	5194	0.0993	0.0524	0.2734	2431	0.0465	0.0245	0.1279
15	5.23	38300	18900	50.6	2270	210	90.7	5.0	7.8	310	270	730	3880	41975	56972	5678	360	199	6.4	43.0	50.6	5124	0.1020	0.0517	0.2697	2593	0.0516	0.0261	0.1365
16	5.23	38300	19100	50.1	2270	220	90.3	5.0	7.8	310	240	730	3700					212	6.8	41.8	51.8	5476	0.1101	0.0552	0.2882	2826	0.0568	0.0285	0.1487
17	5.18	38000	18100	52.4	2210	280	86.9	5.1	7.8	280	380	790	3990	40990	22940	2255	625	214	6.8	40.0	53.2	4631	0.0898	0.0470	0.2437	2464	0.0478	0.0250	0.1297
19	5.18	38000	17800	53.2	2210	320	85.5	5.1	7.9	280	270	790	4050	40990	24025	2255	495	144	4.6	42.5	52.9	5060	0.0968	0.0515	0.2667	2680	0.0512	0.0272	0.1411
21	5.18	38000	18700	50.8	2210	260	88.2	5.1	7.8	280	310	790	4110	40990	24015	2255	670	207	6.7	42.0	51.3	4596	0.0919	0.0467	0.2419	2358	0.0472	0.0240	0.1241
22	5.35	39200	19000	51.5	2270	310	86.3	5.0	7.9	310	270	750	3930	41100	23935	2080	700	214	6.9	43.1	50.0	5251	0.1004	0.0517	0.2764	2626	0.0502	0.0259	0.1382
23	5.35	39200	19100	51.3	2270	300	86.8	5.0	7.9	310	310	750	3990					211	6.6	41.9	51.3	5206	0.1000	0.0513	0.2740	2471	0.0513	0.0230	0.1406
24	5.35	39200	18200	53.6	2270	290	87.2	5.0	7.9	310	300	750	4220	41100	24115	2080	630	225	7.3	40.3	52.2	5152	0.0947	0.0507	0.2712	2669	0.0494	0.0265	0.1415
26	5.32	39000	18700	52.0	2250	310	86.2	5.1	7.7	270	270	750	4050	42115	23930	2050	660	252	6.3	41.3	50.4	4709	0.0898	0.0468	0.2478	2373	0.0451	0.0235	0.1249
27	5.32	39000	18500	52.0	2250	310	86.2	5.1	8.0	270	310	750	4050	42115	24010	2050	720	176	5.9	44.3	49.8	5028	0.0947	0.0498	0.2648	2504	0.0472	0.0248	0.1318
28	5.32	39000	18800	51.8	2250	530	85.3	5.1	8.0	270	270	750	4110					243	6.0	43.1	48.9	4927	0.0942	0.0488	0.2593	2409	0.0460	0.0238	0.1268
29	5.25	38500	18500	51.9	2290	320	86.0	5.1	8.0	280	240	810	4050	41870	23700	2010	480	206	6.8	44.1	49.1	5208	0.1005	0.0522	0.2741	2557	0.0494	0.0256	0.1348
30	5.25	38500	19500	69.3	2290	310	86.5	5.1	7.9	280	270	810	4110	41870	23950	2010	815	258	8.3	38.8	52.9	5265	0.1070	0.0528	0.2771	2786	0.0566	0.0279	0.1466
33	4.97	36400	17900	50.8	2430	270	88.9	5.0	8.1	270	270	970	4050	42300	23780	1970	620	204	6.6	40.3	53.1	5233	0.1092	0.0555	0.2754	2779	0.0580	0.0295	0.1463
34	4.97	36400	17900	50.8	2430	280	88.5	5.0	7.9	270	260	970	3920	42300	24675	1970	570	227	7.3	40.2	52.5	5198	0.1085	0.0561	0.2736	2729	0.0570	0.0289	0.1430
35	4.97	36400	18000	50.5	2430	290	88.1	5.0	7.9	270	270	970	3990					234	7.7	37.4	54.9	5120	0.1074	0.0543	0.2695	2611	0.0590	0.0298	0.1479
36	4.90	35900	17700	50.7	2760	310	88.8	5.0	7.8	280	270	1100	4110	42660	23805	1995	505	251	8.3	37.5	54.2	5199	0.1103	0.0559	0.2736	2818	0.0598	0.0303	0.1483
37	4.90	35900	18100	49.6	2760	320	88.4	5.0	7.8	280	270	1100	3960	42660	24140	1995	810	226	7.3	39.4	53.3	5057	0.1097	0.0544	0.2662	2695	0.0585	0.0290	0.1418
40	4.90	35900	17800	50.4	2760	300	89.1	5.0	7.9	280	270	1100	3990					218	7.2	38.1	54.7	5038	0.1075	0.0542	0.2652	2756	0.0586	0.0296	0.1451
41	4.90	35900	17400	51.5	2760	310	88.8	5.0	7.8	280	260	1100	4110	4260	23910	1995	590	215	7.1	38.5	54.4	5077	0.1060	0.0546	0.2672	2762	0.0576	0.0297	0.1454
42	4.90	37900	17600	50.9	2760	320	88.4	5.0	7.9	280	270	1100	4050	42660	24435	1995	505	212	7.1	39.1	53.8	5175	0.1092	0.0557	0.2724	2784	0.0587	0.0299	0.1465

ตาราง 5.2 อัตราการรับสารอินทรีย์ (Organic Loading) เฉลี่ย 7.00 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ค่าเฉลี่ยของ COD ที่เข้าสู่ระบบ 51300 มก./ลิตร ระยะเวลาเก็บกักน้ำเฉลี่ย 7.33 วัน

วันที่	Organic Loading (kg COD/m^3d)	COD (mg/l)		% COD Reaoval	Sulphate (mg/l)		% Sulphate Reduction	pH		VFA (mg/l as CH_3COOH)		Alk (mg/l as $CaCO_3$)		Total Solids (mg/l)		Suspended Solids (mg/l)		Soluble Sulphide (mg/l)	% H_2S	% CO_2	% CH_4	Biogas Production (ml/d)	Biogas Yield			Methane Production (ml/d)	Methane Yield		
		inf	eff		inf	eff		inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff						m^3 Biogas / kg COD removed	m^3 Biogas / kg COD applied	m^3 Biogas / d m^3 reactor		m^3CH_4 / kg COD removed	m^3CH_4 / kg COD applied	m^3CH_4 / d m^3 reactor
1	7.57	55500	20400	63.2	3230	420	87.0	4.7	7.7	380	510	930	3990	58395	26510	3330	930	228	7.8	42.0	50.2	5729	0.0630	0.0399	0.3015	2878	0.0316	0.0200	0.1514
2	7.57	55500	20400	63.2	3230	440	86.4	4.7	7.8	380	450	930	4220					279	9.6	42.3	48.1	7334	0.0807	0.0510	0.3860	5328	0.0388	0.0245	0.1857
3	7.57	55500	20200	63.6	3230	420	87.0	4.7	7.8	380	480	930	4340	58395	26715	3330	800	274	9.4	40.9	49.7	7602	0.0832	0.0529	0.4001	3778	0.0413	0.0263	0.1988
4	7.57	55500	21500	61.3	3230	320	90.1	4.7	7.8	380	480	930	4510	58395	27745	3330	825	243	8.4	40.7	50.9	7081	0.0804	0.0493	0.3727	3604	0.0409	0.0251	0.1897
5	7.54	55300	21800	60.6	3152	360	88.6	4.7	7.8	380	480	930	4510	58430	28645	3295	745	271	9.3	42.4	48.3	6996	0.0808	0.0488	0.3682	3379	0.0389	0.0236	0.1778
7	7.54	55300	22300	59.7	3150	380	87.9	4.7	7.9	380	510	930	4860					317	10.9	40.1	49.0	7454	0.0872	0.0520	0.3923	3652	0.0427	0.0255	0.1922
8	7.54	55300	23100	58.2	3150	350	88.9	4.7	7.8	380	550	930	4680	58430	25710	3295	905	286	9.2	41.4	49.4	8602	0.0792	0.0461	0.3478	3261	0.0391	0.0228	0.1716
9	7.54	55300	23800	57.3	3150	400	87.3	4.7	7.8	380	510	930	4680					312	10.7	40.2	49.1	7024	0.0856	0.0498	0.3697	3449	0.0420	0.0241	0.1815
10	7.54	55300	24000	56.6	3150	360	88.6	4.7	7.9	380	550	930	4920	58430	26830	3295	845	309	10.4	39.8	49.8	7094	0.0875	0.0495	0.3734	3817	0.0471	0.0267	0.2009
11	6.49	47600	23900	49.8	2940	360	87.7	4.7	7.7	310	410	900	5130	58095	25810	3530	805	263	9.0	41.6	49.4	7105	0.1157	0.0576	0.3739	3510	0.0572	0.0285	0.1847
14	6.49	47600	24800	47.9	2940	370	87.4	4.7	7.5	310	410	900	5440	58095	26815	3530	910	309	10.6	39.8	49.6	7020	0.1189	0.0569	0.3695	3482	0.0590	0.0282	0.1833
16	6.49	47600	25500	46.4	2940	400	86.4	4.7	7.6	310	450	900	5440					293	9.9	40.8	49.3	7581	0.1324	0.0615	0.3990	3737	0.0653	0.0303	0.1967
17	6.73	49300	24300	50.7	3010	390	84.8	4.8	7.8	360	450	880	5090	57950	28675	3510	1015	281	9.5	42.2	48.3	7067	0.1091	0.0553	0.3717	3413	0.0527	0.0267	0.1796
18	6.73	49300	24300	50.7	3010	390	84.8	4.8	7.7	360	370	880	4860	57950	27995	3510	965	271	9.3	41.1	49.6	6278	0.0970	0.0492	0.3304	3114	0.0481	0.0244	0.1639
21	6.82	50000	24500	51.0	3160	380	88.0	4.8	7.8	380	310	860	4630	58100	29950	3445	1230	258	8.9	41.1	50.0	7273	0.1101	0.0562	0.3828	3637	0.0551	0.0281	0.1914
22	6.82	50000	24500	51.0	3160	410	87.0	4.8	7.7	380	330	860	4800					286	9.4	42.8	47.8	6574	0.0995	0.0508	0.3460	3142	0.0476	0.0243	0.1654
23	6.82	50000	24500	51.0	3160	400	87.3	4.8	7.7	380	310	8600	4920	58400	30015	3445	1090	276	9.2	43.8	47.0	7503	0.1136	0.0579	0.3949	3528	0.0534	0.0272	0.1856
25	6.93	50800	24500	51.8	3250	400	89.7	4.7	7.8	390	310	890	4920	58350	32010	3390	1315	267	8.6	38.6	52.8	7054	0.1112	0.0536	0.3713	3725	0.0587	0.0283	0.1961
31	6.93	50800	25600	51.8	3250	390	86.9	4.7	7.7	390	300	890	4820	58010	31990	3550	1360	270	9.3	40.4	50.3	6955	0.1025	0.0528	0.3660	3498	0.0515	0.0268	0.1841
32	6.89	50500	24800	50.9	3200	380	88.1	4.7	7.6	360	310	930	4740	58010	32070	3550	1395	267	9.0	40.1	50.9	7018	0.1054	0.0536	0.3694	3572	0.0537	0.0273	0.1880
35	6.89	50500	25000	50.5	3200	390	87.8	4.7	7.8	360	310	930	4830	58010	31885	3550	1280	284	9.8	40.5	49.7	6998	0.1060	0.0535	0.3683	3478	0.0527	0.0266	0.1831
36	6.89	50500	24500	51.5	3200	380	88.1	4.7	7.8	360	310	930	4740	58010	31980	3550	1285	263	8.8	41.9	49.3	7010	0.1041	0.0536	0.3689	3456	0.0513	0.0264	0.1819

ตาราง 5.3 อัตราการรับสารอินทรีย์ (Organic Loading) เฉลี่ย 9.34 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ค่าเฉลี่ยของ COD ที่เข้าสู่ระบบ GA500 มก./ลิตร ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 7.33 วัน

วันที่	Organic Loading (kg COD/m^3d)	COD (mg/l)		% COD Removal	Sulphate (mg/l)		% Sulphate Reduction	pH		VFA (mg/l as CH_3COOH)		Alk (mg/l as $CaCO_3$)		Total Solids (mg/l)		Suspended Solids (mg/l)		Soluble Sulphide (mg/l)	% H_2S	% CO_2	% CH_4	Biogas Production (ml/d)	Biogas Yield			Methane Production (ml/d)	Methane Yield		
		inf	eff		inf	eff		inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff						m^3 Biogas / kg COD removed	m^3 Biogas / kg COD applied	m^3 Biogas / d m^3 reactor		m^3CH_4 / kg COD removed	m^3CH_4 / kg COD applied	m^3CH_4 / d m^3 reactor
1	9.50	69600	25200	63.8	4690	260	94.4	4.9	7.7	690	520	2190	8130	82360	33590	4370	1445	322	10.6	41.1	48.3	8812	0.0766	0.0488	0.4638	4256	0.0370	0.0236	0.2240
2	9.50	69600	24800	64.4	4190	200	95.7	4.9	7.7	690	660	2190	8320					318	10.7	41.1	48.2	10684	0.0920	0.0592	0.5623	5150	0.0443	0.0285	0.2710
3	9.50	69600	25200	63.8	4690	190	95.9	4.9	7.6	690	690	2190	8450	82360	34365	4370	1635	295	9.7	42.0	48.3	11191	0.0962	0.0620	0.5890	5405	0.0474	0.0299	0.2844
4	9.50	69600	25500	63.3	4690	140	97.0	4.9	7.7	690	590	2190	8760					285	9.8	39.6	50.6	12360	0.1062	0.0685	0.6505	6279	0.0549	0.0348	0.3304
5	9.48	69500	25800	62.9	4650	180	96.1	4.8	7.5	650	620	2110	8260	81070	35290	4450	1605	339	10.9	41.2	47.9	11613	0.1026	0.0645	0.6112	5563	0.0491	0.0309	0.2927
7	9.48	69500	26000	62.6	4650	140	97.0	4.8	7.6	580	660	2110	8450	81070	35485	4450	1945	305	10.0	41.1	48.9	10952	0.0972	0.0608	0.5764	5358	0.0475	0.0297	0.2818
8	9.48	69500	26700	61.6	4650	100	97.8	4.8	7.5	650	690	2110	8700					357	11.5	39.6	48.9	11205	0.1010	0.0622	0.5897	5479	0.0494	0.0303	0.2883
9	9.48	69500	27900	59.8	4650	110	97.6	4.8	7.5	650	760	2110	9640	81070	38365	4450	2260	285	9.4	43.0	47.6	10684	0.0988	0.0593	0.5623	5086	0.0469	0.0282	0.2676
11	9.48	69500	27600	60.3	4650	140	97.0	4.8	7.8	650	730	2110	9640		38305		2090	334	10.8	41.2	48.0	11712	0.1079	0.0650	0.6164	5822	0.0516	0.0312	0.2956
14	9.22	67600	29300	56.6	4500	120	97.3	4.9	7.6	680	760	2110	10010	80480	39570	4610	2025	378	12.7	39.8	47.5	11920	0.1201	0.0680	0.6273	5662	0.0571	0.0323	0.2980
15	9.22	67600	30000	55.6	4500	110	97.5	4.9	7.6	680	730	2110	10520					224	7.5	43.9	48.6	12134	0.1245	0.0693	0.6386	5897	0.0605	0.0336	0.3103
16	9.22	67600	30400	55.0	4500	200	92.5	4.9	7.8	680	760	2110	10010	80480	40200	4610	2050	215	7.1	45.6	47.3	11276	0.1170	0.0644	0.5934	5334	0.0553	0.0304	0.2807
17	9.22	67600	30600	54.7	4500	150	69.6	4.9	7.7	680	730	2110	10390					385	12.7	40.0	47.3	12022	0.1254	0.0686	0.6327	5686	0.0593	0.0324	0.2992
18	9.22	67600	30000	55.6	4500	180	96.0	4.9	7.7	680	760	2110	10200	80480	40015	4610	2150	389	12.5	40.5	47.0	11957	0.1228	0.0682	0.6293	5620	0.0577	0.0320	0.2957
21	9.15	67100	30200	55.0	4740	180	96.2	4.8	7.7	660	760	1990	10520	80275	39750	4560	2110	374	12.3	40.6	47.1	12133	0.1269	0.0698	0.6385	5715	0.0597	0.0328	0.3007
24	9.15	67100	30100	55.1	4740	200	95.8	4.8	7.7	660	740	1990	10390	80275	39995	4560	2070	380	12.3	39.6	47.9	12111	0.1263	0.0696	0.6374	5801	0.0605	0.0333	0.3053
25	9.15	67100	29900	55.4	4740	190	96.0	4.8	7.8	660	750	1990	10110	80275	39985	4560	2060	377	12.4	39.6	48.0	11989	0.1244	0.0689	0.6310	5755	0.0597	0.0331	0.3028
28	9.15	67100	29600	55.8	4740	200	95.8	4.8	7.8	660	760	1990	10200	80275	40500	4560	2155	353	12.2	40.4	47.4	12077	0.1243	0.0694	0.6356	5724	0.0589	0.0329	0.3012
29	9.15	67100	29700	55.7	4740	200	95.8	4.8	7.8	660	760	1990	10420	80275	40740	4560	2170	368	12.4	39.6	48.0	12118	0.1251	0.0697	0.6377	5817	0.0600	0.0328	0.3061

ตาราง 3.4 อัตราการรับสารอินทรีย์ (Organic Loading) เฉลี่ย 11.31 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ค่าเฉลี่ยของ COD ที่เข้าสู่ระบบ 67700 มก./ลิตร ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 5.99 วัน

วันที่	Organic Loading (kg COD/m^3d)	COD (mg/l)		% COD Removal	Sulphate (mg/l)		% Sulphate Reduction	pH		VFA (mg/l as CH_3COOH)		Alk (mg/l as $CaCO_3$)		Total Solids (mg/l)		Suspended Solids (mg/l)		Soluble Sulphide (mg/l)	% H_2S	% CO_2	% CH_4	Biogas Production (ml/d)	Biogas Yield			Methane Production (ml/d)	Methane Yield		
		inf	eff		inf	eff		inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff						m^3 Biogas kg COD removed	m^3 Biogas kg COD applied	m^3 Biogas d m^3 reactor		m^3CH_4 kg COD removed	m^3CH_4 kg COD applied	m^3CH_4 d m^3 reactor
1	11.39	68200	31300	54.1	4670	61	98.7	4.8	7.1	690	1500	1940	10880	83985	42075	4365	2580	523	16.5	35.9	47.6	11346	0.0969	0.0524	0.5971	5401	0.0461	0.0249	0.2843
2	11.39	68200	32300	52.6	1670	81	98.3	4.8	7.4	690	1120	1340	11380					867	28.2	30.5	43.3	11121	0.0977	0.0514	0.5853	4815	0.0423	0.0222	0.2534
3	11.39	68200	33700	50.6	4670	62	98.7	4.8	7.3	690	1470	1940	11130	81985	43620	4365	2670	966	29.2	27.7	43.1	11262	0.1029	0.0520	0.5927	4854	0.0443	0.0224	0.2555
4	11.39	68200	34200	49.8	4670	58	98.8	4.8	7.4	690	2130	1940	11260	81985	43675	4365	3170	831	28.2	31.5	42.3	10318	0.0957	0.0477	0.5430	4365	0.0404	0.0201	0.2297
6	11.39	68200	36300	46.8	4670	57	98.8	4.8	7.3	690	2480	1940	11130	81985	44090	4365	2990	784	25.3	29.9	44.8	12234	0.1209	0.0565	0.6436	5461	0.0542	0.0253	0.2885
7	11.39	68200	36800	46.0	4670	64	98.6	4.8	7.4	690	2650	1940	11130					721	23.3	34.2	42.5	12726	0.1276	0.0588	0.6697	5409	0.0543	0.0250	0.2847
8	11.44	68500	36800	46.3	4740	50	98.9	4.8	7.4	660	2900	1970	11260	80305	45030	4460	3230	701	22.6	32.4	45.0	12643	0.1262	0.0584	0.6675	5707	0.0567	0.0261	0.3004
9	11.44	68500	35300	48.5	4740	49	98.9	4.8	7.5	660	2480	1970	11000					629	22.9	31.9	46.2	12824	0.1218	0.0590	0.6749	5925	0.0563	0.0272	0.3118
10	11.44	68500	35600	48.0	4740	46	99.0	4.8	7.4	660	2370	1970	11320	80305	45025	4460	3110	618	20.4	34.7	44.9	12965	0.1243	0.0597	0.6823	5821	0.0558	0.0268	0.3064
13	11.44	68500	35300	48.5	4740	43	99.1	4.8	7.5	660	2200	1970	11320	80305	44450	4460	3050	546	17.9	37.3	44.8	13134	0.1247	0.0604	0.6912	5884	0.0559	0.0270	0.3097
14	11.44	68500	35600	48.0	4740	45	99.0	4.8	7.4	660	2200	1970	11570					534	17.8	36.3	45.9	13739	0.1317	0.0632	0.7231	6306	0.0604	0.0290	0.3319
16	11.09	66400	34800	47.6	4770	47	99.0	4.7	7.5	630	2130	1910	11260	80110	42110	4510	2995	563	18.1	34.9	47.0	13573	0.1355	0.0645	0.7146	6382	0.0637	0.0303	0.3359
17	11.09	66400	34500	48.0	4770	46	99.0	4.7	7.4	690	2200	1910	11320					545	17.9	36.6	45.5	13429	0.1327	0.0637	0.7067	6110	0.0604	0.0290	0.3216
18	11.09	66400	31900	47.4	4770	46	99.0	4.7	7.4	690	2130	1910	11450	80110	41995	4510	3020	581	18.7	35.4	45.9	13604	0.1362	0.0646	0.7160	6244	0.0625	0.0296	0.3286
20	11.09	66400	34800	47.6	4770	47	99.0	4.7	7.4	690	2140	1910	11000	80110	42000	4510	3120	534	17.2	37.8	45.0	13518	0.1349	0.0642	0.7114	6083	0.0637	0.0286	0.3202
21	11.09	66400	35000	47.3	4770	45	99.1	4.7	7.4	6900	2130	1910	11250					565	18.6	35.6	45.8	13499	0.1354	0.0641	0.7104	6083	0.0621	0.0293	0.3254

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 8.5 อัตราการรับสารอินทรีย์ (Organic Loading) เฉลี่ย 15.03 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ค่าเฉลี่ยของ COD ที่เข้าสู่ระบบ 86100 มก./ลิตร ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 4.40 วัน

วันที่	Organic Loading (kg COD/m^3d)	COD (mg/l)		% COD Removal	Sulphate (mg/l)		% Sulphate Reduction	pH		VFA (mg/l as CH_3COOH)		Alk (mg/l as $CaCO_3$)		Total Solids (mg/l)		Suspended Solids (mg/l)		Soluble Sulphide (mg/l)	% H_2S	% CO_2	% CH_4	Biogas Production (ml/d)	Biogas Yield			Methane Production (ml/d)	Methane Yield		
		inf	eff		inf	eff		inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff						m^3 Biogas / kg COD removed	m^3 Biogas / kg COD applied	m^3 Biogas / d m^3 reactor		m^3CH_4 / kg COD removed	m^3CH_4 / kg COD applied	m^3CH_4 / d m^3 reactor
1	15.41	67800	32800	51.6	4560	50	98.9	4.9	7.4	590	1190	2060	11070	78750	41970	3960	2755	537	18.1	38.6	43.3	14189	0.0938	0.0484	0.7488	6144	0.0406	0.0210	0.3234
2	15.41	67800	33700	50.3	4560	60	98.7	4.9	7.4	590	1360	2160	10810					643	21.2	33.6	45.2	16243	0.1103	0.0555	0.8550	7343	0.0498	0.0251	0.3865
3	14.84	65300	33700	48.4	4570	58	98.7	4.8	7.4	630	1470	2290	11000	75650	42090	4100	3060	607	20.0	33.2	46.8	15385	0.1134	0.0549	0.8150	7247	0.0531	0.0257	0.3814
4	14.84	65300	33900	48.1	4570	48	98.9	4.8	7.4	630	1780	2290	11070					560	18.0	36.7	45.3	14175	0.1045	0.0502	0.7461	6421	0.0473	0.0228	0.3380
5	15.52	68300	34800	49.0	4140	60	98.5	4.9	7.3	660	1750	2160	11070	74080	43085	4090	3130	578	19.0	36.9	44.1	15682	0.1084	0.0532	0.8254	6916	0.0478	0.0234	0.3440
7	15.52	68300	34400	49.6	4140	65	98.4	4.9	7.3	660	1850	2160	11070					543	17.9	35.8	46.3	16160	0.1103	0.0548	0.8505	7482	0.0511	0.0254	0.3938
8	15.02	66100	34200	48.3	4140	67	98.4	4.9	7.3	600	1970	2030	11000	75090	42995	4180	3355	582	19.2	35.1	45.7	16245	0.1179	0.0569	0.8550	7424	0.0539	0.0260	0.3907
9	15.02	66100	34000	48.6	4140	66	98.4	4.9	7.3	600	2100	2030	11000					532	17.9	36.9	45.2	16878	0.1217	0.0591	0.8883	7829	0.0550	0.0269	0.4015
10	14.91	65600	34100	48.0	4660	72	98.4	4.8	7.3	700	1750	2160	10810	76125	42665	4070	3450	534	18.0	37.1	44.9	16316	0.1199	0.0576	0.8587	7328	0.0538	0.0259	0.3856
11	14.91	65600	33800	48.5	4660	74	97.4	4.8	7.3	700	1640	2160	11000					558	18.4	35.3	46.3	16245	0.1183	0.0573	0.8550	7521	0.0548	0.0265	0.3958
13	15.02	66100	34100	48.4	4500	69	97.5	4.8	7.2	630	1540	2100	10820	76010	43060	3990	3595	555	18.3	36.2	45.5	16301	0.1179	0.0571	0.8580	7417	0.0537	0.0260	0.3904
14	15.02	66100	34500	47.8	4500	72	98.5	4.8	7.2	630	1570	2100	10810					583	18.8	35.5	45.7	16442	0.1204	0.0576	0.8654	7514	0.0550	0.0263	0.3955
15	14.84	65300	34200	47.6	4360	75	98.3	4.8	7.2	630	1430	2160	10300	75380	42995	4170	3610	578	19.1	34.8	46.1	16160	0.1203	0.0573	0.8505	7450	0.0555	0.0263	0.3921
16	14.84	65300	34000	47.9	4360	75	98.3	4.8	7.2	630	1270	2160	10300					561	18.9	35.2	45.9	16189	0.1197	0.0574	0.8521	7431	0.0550	0.0263	0.3911
17	14.95	65800	34400	47.7	4410	74	98.3	4.8	7.2	620	1250	1980	10430	86380	43115	4050	3525	573	18.9	35.1	46.0	16282	0.1200	0.0573	0.8570	7490	0.0552	0.0263	0.3942
18	14.95	65800	34200	48.0	4410	73	98.3	4.8	7.2	620	1270	1980	10490					590	19.0	34.8	46.2	16194	0.1186	0.0570	0.8523	7482	0.0548	0.0263	0.3938
20	14.79	65100	34000	47.8	4400	75	98.3	4.8	7.2	620	1260	1970	10430	76020	43010	3985	3540	566	18.7	35.2	46.1	16098	0.1198	0.0572	0.8473	7421	0.0552	0.0264	0.3906
21	14.79	65100	34000	47.6	4400	74	98.3	4.8	7.2	620	1270	1970	10490					578	19.0	34.8	46.2	16214	0.1207	0.0577	0.8534	7491	0.0558	0.0266	0.3943

ตาราง ข.6 อัตราการรับสารอินทรีย์ (Organic Loading) เฉลี่ย 18.31 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ค่าเฉลี่ยของ COD ที่เข้าสู่ระบบ 81300 มก./ลิตร ระยะเวลาเก็บกักน้ำ 4.44 วัน

วันที่	Organic Loading (kg COD/m^3d)	COD (mg/l)		% COD Removal	Sulphate (mg/l)		% Sulphate Reduction	pH		VFA (mg/l as CH_3COOH)		Alk (mg/l as $CaCO_3$)		Total Solids (mg/l)		Suspended Solids (mg/l)		Soluble Sulphide (mg/l)	% H_2S	% CO_2	% CH_4	Biogas Production (ml/d)	Biogas Yield			Methane Production (ml/d)	Methane Yield		
		inf	eff		inf	eff		inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff						m^3 Biogas / kg COD removed	m^3 Biogas / kg COD applied	m^3 Biogas / d m^3 reactor		m^3CH_4 / kg COD removed	m^3CH_4 / kg COD applied	m^3CH_4 / d m^3 reactor
1	18.92	84000	32600	61.2	5050	111	97.8	4.7	7.4	830	1480	2230	10670	90040	41955	5060	3560	469	15.3	38.3	46.2	17185	0.0761	0.0479	0.9046	7941	0.0361	0.0221	0.4179
2	18.92	84000	36200	57.2	5050	96	98.1	4.7	7.3	830	1940	2230	11030					436	14.4	37.8	47.8	18624	0.0810	0.0518	0.9802	8902	0.0435	0.0248	0.4685
3	18.03	84500	36100	57.3	4940	114	97.7	4.8	7.4	770	1790	2180	10800	88905	43870	5090	3930	491	16.2	38.7	45.1	17554	0.0847	0.0485	0.9239	7917	0.0382	0.0219	0.4187
5	19.03	84500	37700	54.9	4940	113	97.7	4.8	7.7	770	1850	2180	11910					476	15.7	39.1	45.2	17807	0.0869	0.0492	0.9372	8049	0.0402	0.0223	0.4236
6	18.83	83600	42200	49.5	5210	141	97.3	4.8	7.8	740	2440	2640	11970	88745	49215	5060	4580	449	14.8	40.4	44.8	18561	0.1040	0.0519	0.9769	8315	0.0469	0.0232	0.4376
7	18.12	80400	41800	48.0	4830	186	96.1	4.7	7.7	770	2190	2800	12120					446	14.7	36.5	48.8	20088	0.1216	0.0584	0.0573	9803	0.0593	0.0285	0.5159
8	18.12	80400	41000	49.0	4830	120	97.5	4.7	7.8	770	2280	2800	11810	83341	48900	5195	4430	509	16.8	36.4	46.8	18033	0.1039	0.0524	0.9491	8439	0.0500	0.0245	0.4442
9	18.74	83200	40900	50.8	5060	148	97.1	4.7	7.8	770	2160	2640	11910	90150	49210	4970	4555	535	16.9	35.9	47.2	19003	0.1050	0.0534	1.0020	8969	0.0495	0.0252	0.4721
10	18.74	83200	42100	49.5	5060	188	96.3	4.7	7.7	770	2440	2640	12120					542	17.1	39.0	43.9	18751	0.1033	0.0527	0.9869	8232	0.0468	0.0231	0.4331
11	18.78	83400	41600	50.1	4910	215	95.6	4.8	7.6	740	2620	2590	12330	89775	49500	4985	4585	560	17.7	38.5	43.8	18441	0.1031	0.0517	0.9706	8077	0.0451	0.0226	0.4251
13	18.78	83400	41600	50.1	4910	180	96.3	4.8	7.8	740	2620	2590	12020					526	17.3	38.3	44.4	18786	0.1050	0.0526	0.9887	8341	0.0466	0.0234	0.4390
14	18.29	81200	41000	49.5	4870	220	95.5	4.8	7.6	740	2250	2180	11680	87595	49750	5000	4020	456	15.0	40.8	44.2	18525	0.1077	0.0533	0.9750	8188	0.0476	0.0236	0.4309
15	18.29	81200	41100	49.4	4870	92	98.1	4.8	7.5	740	2380	2480	11030					438	14.1	40.8	45.1	19709	0.1148	0.0567	1.0373	8889	0.0518	0.0256	0.4678
16	17.91	79500	39800	49.9	4940	97	98.0	4.8	7.5	740	2380	2020	11510	88095	48010	4880	4105	451	14.2	40.9	44.9	19316	0.1137	0.0568	1.0166	8673	0.0510	0.0255	0.4585
17	17.99	79900	40000	49.9	4960	94	98.1	4.7	7.4	740	2200	2590	11820					445	14.3	40.3	45.3	19456	0.1139	0.0569	1.0240	8814	0.0516	0.0258	0.4639
18	17.99	79900	39600	50.4	4960	99	98.0	4.7	7.5	740	2310	2590	11710	88650	47770	4960	3990	471	14.5	39.7	45.8	19352	0.1123	0.0566	1.0185	8863	0.0514	0.0259	0.4665
19	17.79	79000	39500	50.0	4890	108	97.8	4.8	7.6	770	2280	2180	11810	909410	46995	5010	4045	457	14.7	39.4	45.9	19174	0.1134	0.0567	1.0092	8801	0.0521	0.0260	0.4632
20	17.79	79000	39600	49.8	4890	100	97.9	4.8	7.5	770	2340	2180	11500					432	14.2	41.1	44.7	19258	0.1148	0.0570	1.0136	8608	0.0513	0.0255	0.4531
21	18.06	80200	40300	49.7	4800	99	97.9	4.8	7.8	830	2280	2280	11900	91110	47990	4865	3960	456	14.4	39.9	45.7	19106	0.1119	0.0557	1.0056	8731	0.0511	0.0254	0.4595
22	18.06	80200	41000	48.9	4800	99	97.9	4.8	7.5	830	2310	2280	11800					426	14.0	41.1	44.9	19175	0.1143	0.0559	1.0092	8610	0.0513	0.0251	0.4532
23	17.82	79100	39900	49.6	4950	100	97.8	4.6	7.5	800	2340	2490	11760	88970	48115	4990	4055	431	14.2	40.2	45.6	19109	0.1139	0.0564	1.0057	8714	0.0519	0.0257	0.4586
26	17.79	79000	39700	49.7	5010	1108	97.8	4.7	7.6	770	2340	22800	11810					437	14.4	40.3	45.3	19067	0.1134	0.0564	1.0035	8637	0.0513	0.0255	0.4546

ตาราง ข.7 อัตราการรับสารอินทรีย์ (Organic Loading) เฉลี่ย 21.20 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ค่าเฉลี่ยของ COD ที่เข้าสู่ระบบ 80800 มก./ลิตร รอยเวลาเก็บกักน้ำ 3.81 วัน

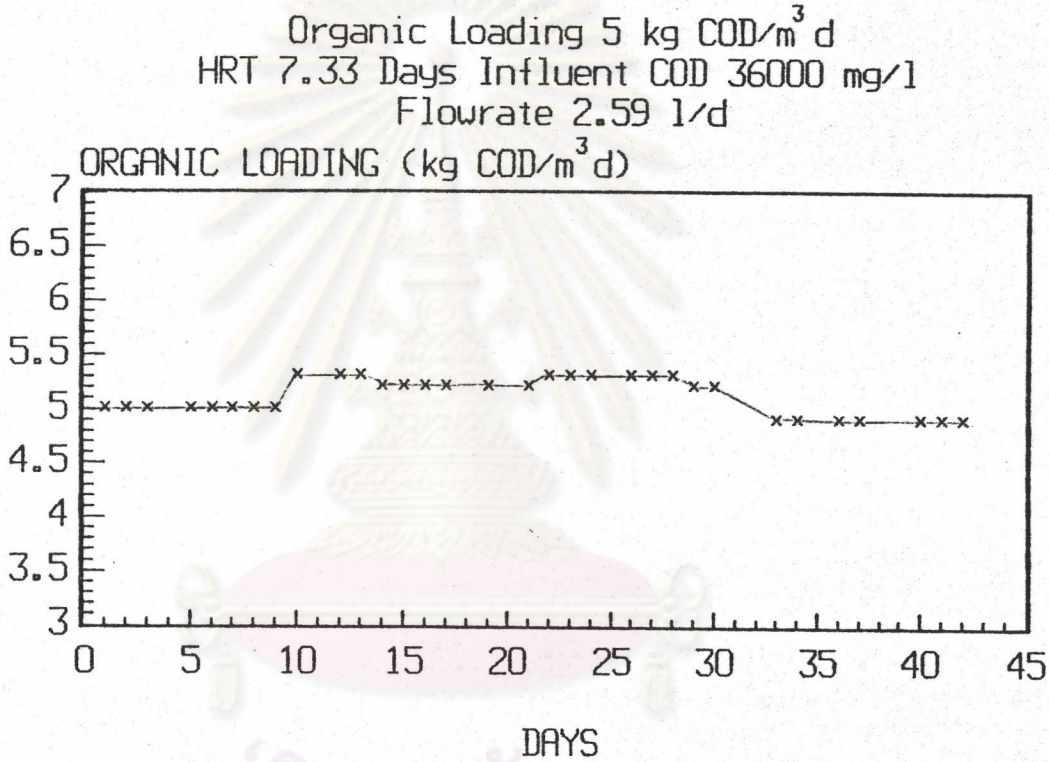
วันที่	Organic Loading (kg COD/m^3d)	COD (mg/l)		% COD Removal	Sulphate (mg/l)		% Sulphate Reduction	pH		VFA (mg/l as CH_3COOH)		Alk (mg/l as $CaCO_3$)		Total Solids (mg/l)		Suspended Solids (mg/l)		Soluble Sulphide (mg/l)	% H_2S	% CO_2	% CH_4	Biogas Production (ml/d)	Biogas Yield			Methane Production (ml/d)	Methane Yield		
		inf	eff		inf	eff		inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff						m^3 Biogas / kg COD removed	m^3 Biogas / kg COD applied	m^3 Biogas / d m^3 reactor		m^3CH_4 / kg COD removed	m^3CH_4 / kg COD applied	m^3CH_4 / d m^3 reactor
1	20.71	78900	41600	47.3	4990	69	98.6	4.8	7.4	710	2250	2430	11600	82945	50300	5210	3640	533	16.8	40.9	42.3	18342	0.0985	0.0466	0.9653	7759	0.0416	0.0197	0.4083
3	20.71	78900	42100	46.6	4990	80	98.4	4.6	7.4	710	2870	2430	11030					453	13.1	45.3	41.6	18863	0.1027	0.0479	0.9928	7847	0.0427	0.0199	0.4130
4	20.50	78100	40800	47.8	4870	84	98.3	4.6	7.4	740	2530	2230	11140	91795	50475	5340	3930	474	14.3	45.6	40.1	16610	0.0892	0.0426	0.8742	6861	0.0357	0.0171	0.3505
5	20.50	78100	40600	48.0	4870	82	98.3	4.6	7.5	740	2340	2230	11140					455	14.7	42.7	42.6	19623	0.1049	0.0503	1.0327	8359	0.0446	0.0214	0.4399
6	20.89	79600	42800	46.2	5670	81	98.6	4.7	7.3	830	2900	3370	11600	96125	50640	5050	4130	455	14.7	45.7	39.6	21552	0.1174	0.0543	1.1343	8535	0.0466	0.0215	0.4492
8	20.89	79600	43200	45.7	5670	70	98.8	4.7	7.3	830	2530	3370	12070					448	14.4	42.7	42.9	22333	0.1230	0.0561	1.1754	9581	0.0527	0.0241	0.5042
10	20.10	76600	43200	43.6	5550	159	97.1	4.8	7.4	870	2250	3000	12010	96405	50760	5040	4550	469	14.8	41.7	40.5	20081	0.1205	0.0525	1.0569	8133	0.0488	0.0212	0.4280
11	19.87	75700	41600	45.0	5440	135	97.5	4.8	7.4	700	2220	3680	12070					475	15.0	46.6	38.4	19257	0.1132	0.0510	1.0135	7795	0.0434	0.0196	0.3892
12	19.87	75700	40200	46.9	5440	171	96.9	4.8	7.3	700	2250	3680	11450					530	16.7	48.7	34.6	18553	0.1047	0.0491	0.9764	6419	0.0362	0.0169	0.3378
13	21.73	82800	47500	42.6	6170	517	91.6	4.7	7.3	810	2420	3930	12220	95015	50635	5130	4790	618	18.7	50.8	30.5	17751	0.1008	0.0429	0.9342	5414	0.0307	0.0131	0.2849
15	21.89	83400	47800	42.7	6220	450	92.8	4.7	7.3	840	3680	3940	11970					521	16.8	51.5	31.7	17690	0.0998	0.0425	0.9310	5608	0.0315	0.0134	0.2951
16	21.89	83400	45800	45.1	6220	412	93.4	4.7	7.3	840	4100	3940	12230					485	15.3	53.6	31.1	19384	0.1033	0.0466	1.0202	6026	0.0320	0.0144	0.3172
17	22.60	86100	47300	45.1	6250	263	95.8	4.8	7.2	830	3310	3500	12590	98100	54910	5460	5080	581	18.3	46.4	33.3	22411	0.1158	0.0521	1.1795	7463	0.0385	0.0173	0.3928
18	22.60	86100	48100	44.1	6250	335	94.6	7.8	7.4	830	3370	3500	13030					479	15.1	51.7	33.2	22734	0.1199	0.0529	1.1965	7548	0.0398	0.0175	0.3972
19	22.36	85200	46900	44.9	6300	247	96.1	4.8	7.4	870	3290	3890	12170	95375	55810	5400	5150	501	16.1	46.2	37.7	22214	0.1162	0.0522	1.1891	8375	0.0436	0.0197	0.4406
20	22.36	85200	46900	44.9	6300	286	95.8	4.8	7.4	870	3170	3890	12250					460	14.8	45.7	39.5	22129	1.1156	0.0520	1.1846	8741	0.0457	0.0205	0.4600
21	21.73	82800	45500	45.0	5490	197	96.4	4.8	7.4	790	2950	3340	12480	91595	55655	5420	5030	538	17.2	41.6	41.2	22198	0.1193	0.0537	1.1683	9388	0.0503	0.0226	0.4930
23	21.73	82800	45500	45.0	5490	214	96.1	4.8	7.6	790	2840	3340	12150					568	17.9	40.0	42.1	22016	0.1183	0.0532	1.1587	9269	0.0498	0.0224	0.4878
24	20.87	79500	44000	44.7	5100	223	95.6	4.7	7.5	760	2980	3630	12300	92040	55750	5380	4970	583	18.1	39.6	42.0	22210	0.1254	0.0560	1.1689	9328	0.0526	0.0235	0.4909
26	20.87	79500	44500	44.5	5100	250	95.5	4.7	7.4	760	3000	3630	12050					571	18.0	40.0	42.0	22172	0.1270	0.0558	1.1869	9312	0.0533	0.0235	0.4901
27	20.87	79500	44000	44.7	5100	220	95.7	4.9	7.4	760	2950	3630	12220	94360	55650	5320	5100	552	17.4	41.2	41.4	22212	0.1254	0.0560	1.1690	9196	0.0519	0.0231	0.4840

ตาราง 1.8 อัตราภาระรับสารอินทรีย์ (Organic Loading) เฉลี่ย 26.83 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ค่าเฉลี่ยของ COD ที่เข้าสู่ระบบ 82600 มก.ต่อลิตร ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 3.08 วัน

วันที่	Organic Loading (kg COD/m^3d)	COD (mg/l)		% COD Removal	Sulphate (mg/l)		% Sulphate Reduction	pH		VFA (mg/l as CH_3COOH)		Alk (mg/l as $CaCO_3$)		Total Solids (mg/l)		Suspended Solids (mg/l)		Soluble Sulphide (mg/l)	% H_2S	% CO_2	% CH_4	Biogas Production (ml/d)	Biogas Yield			Methane Production (ml/d)	Methane Yield		
		inf	eff		inf	eff		inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff						m^3 Biogas / kg COD removed	m^3 Biogas / kg COD applied	m^3 Biogas / d m^3 reactor		m^3CH_4 / kg COD removed	m^3CH_4 / kg COD applied	m^3CH_4 / d m^3 reactor
1	26.65	82100	45100	45.1	5640	380	93.3	4.7	7.3	790	2750	3450	12370	89755	53595	5340	5360	499	16.1	41.2	42.7	22734	0.0994	0.0448	1.1965	9707	0.0424	0.0191	0.5109
2	26.65	82100	43700	46.8	5640	380	93.3	4.7	7.4	790	2610	3450	12150					473	15.3	40.4	44.3	21158	0.0892	0.0417	1.1136	9373	0.0395	0.0185	0.4933
4	24.71	76100	43100	43.4	5540	350	93.7	4.8	7.5	810	2220	3180	12700	87130	53780	5140	5240	491	15.8	40.9	43.3	22814	0.1119	0.0485	1.2007	9878	0.0484	0.0210	0.5199
5	24.71	76100	45600	40.0	5540	360	93.5	4.8	7.4	810	2390	3180	12150					456	14.7	40.2	45.1	23903	0.1268	0.0528	1.2580	10780	0.0572	0.0220	0.5671
6	27.43	84500	43900	48.1	5790	340	94.1	4.8	7.5	840	2670	3720	12150	95455	53170	5100	5590	448	14.4	44.2	41.4	24621	0.0981	0.0472	1.2958	10193	0.0406	0.0195	0.5364
7	27.43	84500	44000	47.9	5790	340	94.1	4.8	7.3	840	2810	3720	12370					492	15.2	41.6	43.2	25113	0.1003	0.0481	1.3217	10849	0.0433	0.0208	0.5710
8	27.47	84600	47300	44.1	5940	340	94.3	4.7	7.5	760	2780	2450	12150	94730	53900	5130	5590	521	16.1	42.5	41.4	24452	0.1061	0.0468	1.2869	10123	0.0439	0.0194	0.5328
10	25.84	79800	47700	40.2	5520	510	90.8	4.7	7.0	810	3570	3450	11830	99115	54985	5430	5390	506	17.7	42.1	40.2	23311	0.1175	0.0473	1.2269	9371	0.0472	0.0190	0.4932
12	25.91	79800	47700	40.2	5520	500	90.9	4.7	4.1	810	3650	3450	12210					556	16.8	43.0	40.2	21932	0.1106	0.0447	1.1543	8817	0.0444	0.0179	0.4640
13	26.20	80700	49400	38.8	5100	490	90.3	4.7	7.2	730	3620	3340	12150	97594	55775	5190	5360	589	17.8	43.6	38.6	22228	0.1149	0.0446	1.1699	8580	0.0444	0.0172	0.4516
14	26.20	80700	51200	36.6	5100	590	88.4	4.7	7.0	730	4120	3340	11830					623	19.2	41.7	39.1	21242	0.1165	0.0426	1.1180	8306	0.0456	0.0167	0.4371
15	26.20	80700	49600	38.5	5100	520	89.8	4.7	7.1	730	4450	3340	11870					636	19.2	37.8	43.0	20750	0.1060	0.0416	1.0921	8923	0.0464	0.0179	0.4696
16	25.88	79700	49000	38.5	5550	430	92.2	4.7	7.2	780	4220	3580	12060	95550	57140	5480	5770	583	17.6	43.3	39.1	21214	0.1118	0.0431	1.1165	8295	0.0437	0.0168	0.4365
19	27.34	84200	47200	43.9	5840	400	93.1	4.7	7.2	720	4080	3300	12500	89810	57565	5290	5990	566	16.9	39.8	43.3	23940	0.1047	0.0460	1.2600	10366	0.0453	0.0199	0.5453
20	27.27	84000	48200	42.8	5740	410	92.8	4.7	7.4	780	3700	3630	11970	98310	57990	5220	5860	456	15.8	41.3	42.9	24212	0.1094	0.0466	1.2743	10387	0.0469	0.0200	0.5466
21	27.27	84000	48200	42.8	5740	510	91.1	4.7	7.3	780	4130	3630	12260					468	15.1	47.2	37.7	21721	0.0982	0.0418	1.1432	8189	0.0370	0.0158	0.4310
24	27.10	83700	49200	41.2	5530	480	91.3	4.7	7.3	810	3410	3540	12300	97740	57010	5300	6010	466	15.4	46.5	38.1	21438	0.1005	0.0414	1.1283	8168	0.0383	0.0158	0.4299
26	27.82	85700	49500	42.2	5650	540	90.4	4.7	7.3	810	3270	3360	12250	99215	56445	5170	5960	480	15.5	46.0	38.5	21577	0.0964	0.0407	1.1356	8307	0.0371	0.0157	0.4372
27	27.83	85100	49200	42.2	5100	520	89.8	4.7	7.3	720	3210	2910	12260	97995	57000	5200	5850	484	15.6	45.5	38.9	21395	0.0964	0.0407	1.1261	8323	0.0375	0.0158	0.4390
28	27.63	85100	49000	42.4	5100	540	89.4	4.7	7.3	720	3210	2910	12260					499	15.4	46.7	37.9	21677	0.0972	0.0412	1.1409	8216	0.0368	0.0156	0.4324
29	27.34	84200	48400	42.5	5010	510	89.8	4.7	7.3	720	3270	3390	12250	98450	56605	5260	5950	518	16.0	46.2	37.8	21495	0.0972	0.0413	1.1313	8125	0.0367	0.0156	0.4276
30	27.34	84200	48600	42.3	5010	530	89.4	4.7	7.3	720	3210	3390	12260					521	16.1	45.7	38.2	21513	0.0978	0.0413	1.1323	8218	0.0374	0.0158	0.4325

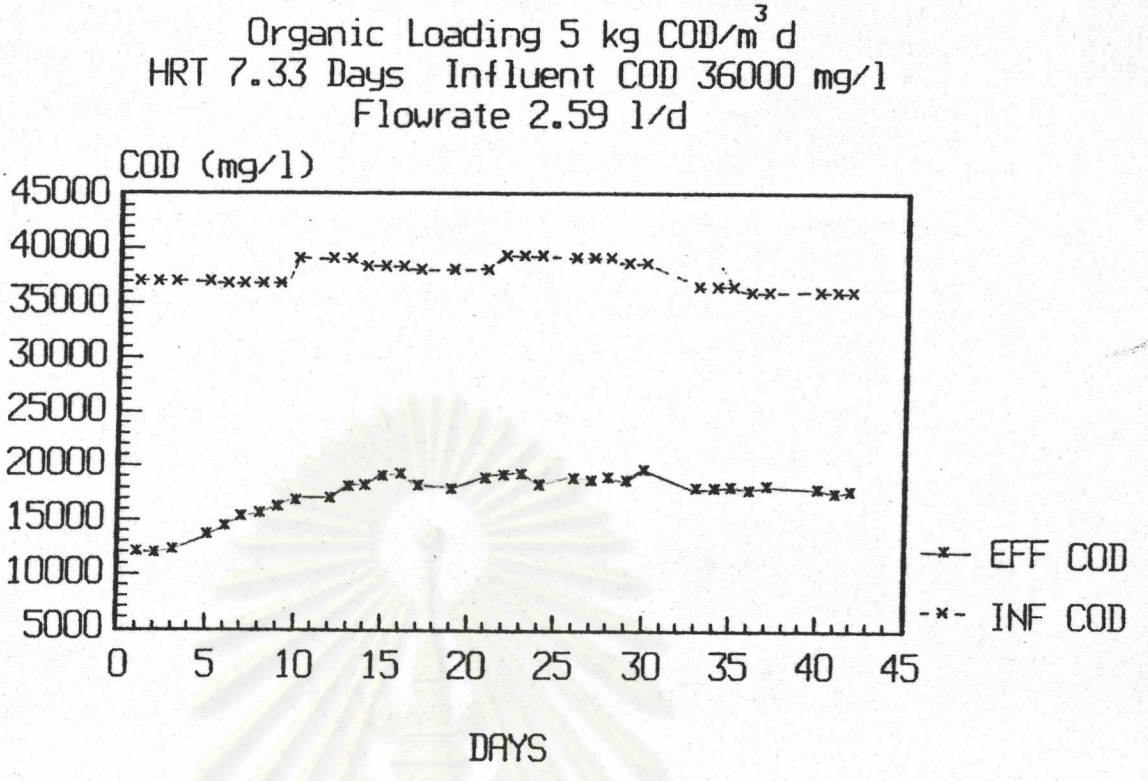
ตาราง 8.9 อัตราการรับสารอินทรีย์ (Organic Loading) เฉลี่ย 33.83 กก. COD ต่อ ลบ.ม.-วัน ค่าเฉลี่ยของ COD ที่เข้าสู่ระบบ 81600 มก./ลิตร และเวลาเก็บกักน้ำเฉลี่ย 2.42 วัน

วันที่	Organic Loading (kg COD/m^3d)	COD (mg/l)		% COD Removal	Sulphate (mg/l)		% Sulphate Reduction	pH		VFA (mg/l as CH_3COOH)		ALK (mg/l as $CaCO_3$)		Total Solids (mg/l)		Suspended Solids (mg/l)		Soluble Sulphide (mg/l)	% H_2S	% CO_2	% CH_4	Biogas Production (ml/d)	Biogas Yield			Methane Production (ml/d)	Methane Yield		
		inf	eff		inf	eff		inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff	inf	eff						m^3 Biogas / kg COD removed	m^3 Biogas / kg COD applied	m^3 Biogas / d m^3 reactor		m^3CH_4 / kg COD removed	m^3CH_4 / kg COD applied	m^3CH_4 / d m^3 reactor
1	34.83	84300	50000	40.7				4.8	7.3	810	3350											21928	0.0813	0.0332	1.1541				
2	34.83	84300						4.8		810												20910		0.0316	1.1005				
3	34.83	84300	50000	40.7				4.8	7.2	810	3010											23508	0.0874	0.0356	1.2373				
6	35.87	86800	56700	34.7				4.5	7.0	780	4770											22199	0.0941	0.0326	1.1684				
7	35.87	86800						4.5		780												21534		0.0316	1.1334				
8	35.87	86800						4.5		780												20421		0.0300	1.0748				
13	33.51	81100	53400	34.2				4.6	7.1	810	3980											21760	0.1002	0.0342	1.1453				
14	33.51	81100						4.6		810												21910		0.0345	1.1532				
15	33.51	81100						4.6		810												21661		0.0341	1.1401				
16	35.04	84800	50000	41.0				4.6	7.2	780	3410											21479	0.0787	0.0323	1.1305				
17	35.04	84800						4.6		780												19953		0.0300	1.0502				
19	35.04	84800						4.6		780												20450		0.0308	1.0763				
20	34.09	82500	51000	38.2	5340	850	84.1	4.6	7.0	750	3630	3340	11070									21269	0.0861	0.0329	1.1194				
23	33.88	82000	51500	37.2	5310	870	83.6	4.5	7.1	790	3630	3520	11240	89415	61150	5620	6290	413	13.3	32.5	34.2	20193	0.0843	0.0314	1.0628	6908	0.0289	0.0107	0.3615
24	33.80	81800	51100	37.5	5410	850	84.3	4.7	7.1	810	3710	3110	10760	89620	61995	5570	6190	453	14.6	50.4	35.0	20070	0.0834	0.0313	1.0563	7025	0.0292	0.0109	0.3697
25	33.80	81800	50900	37.8	5410	860	84.1	4.7	7.0	810	3750	3110	10360					462	14.9	50.2	34.9	20011	0.0826	0.0312	1.0532	6984	0.0288	0.0109	0.3676
28	31.90	77200	48100	37.7	5510	870	84.2	4.6	7.1	790	3730	3570	10950	87260	61115	5590	6180	470	14.2	50.9	34.9	20146	0.0883	0.0333	1.0603	7031	0.0308	0.0116	0.3701
29	32.69	79100	49300	37.7	5610	880	84.3	4.8	7.0	760	3630	3210	10660	88855	60255	5660	6200	437	13.8	51.1	35.1	19937	0.0853	0.0322	1.0493	6998	0.0299	0.0113	0.3683
30	32.69	79100	49400	37.5	5610	870	84.5	4.8	7.1	760	3580	3210	10770					388	12.5	51.6	35.9	19996	0.0859	0.0322	1.0524	7179	0.0308	0.0116	0.3778
31	32.64	79000	49100	37.8	5160	860	84.2	4.7	7.1	780	3710	3420	10710	89575	60570	5650	6150	469	11.8	51.1	34.1	20161	0.0860	0.0326	1.0611	6875	0.0293	0.0111	0.3618

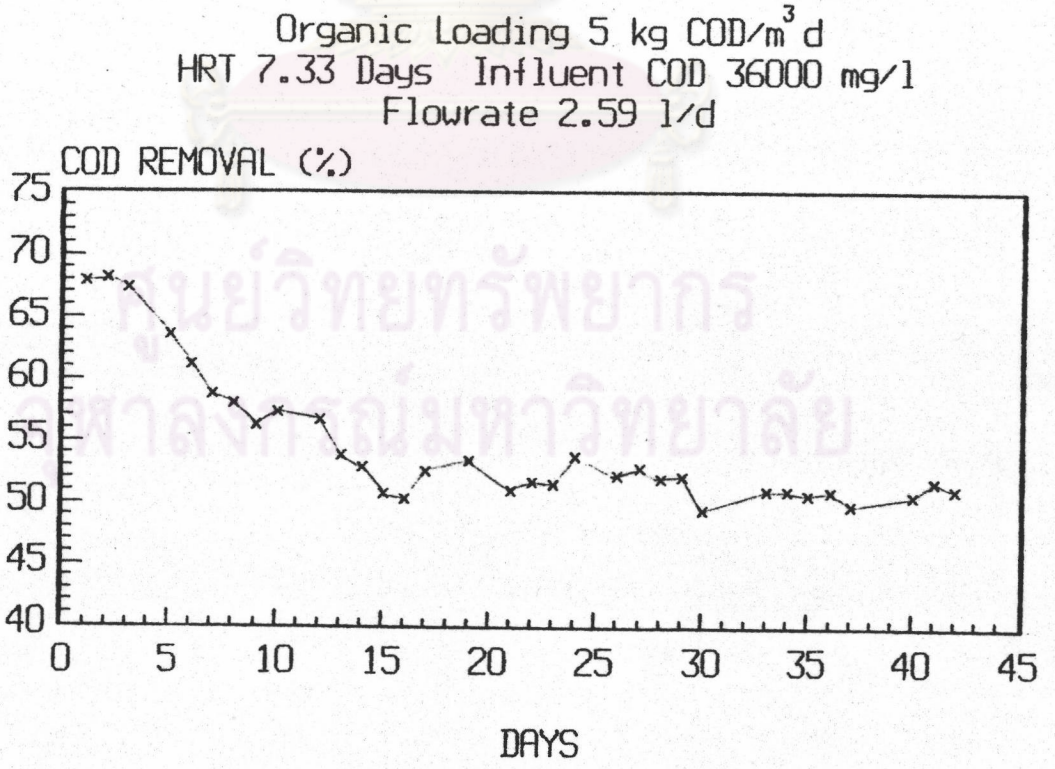


รูปที่ ข. 1 การเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการรับสารอินทรีย์ตลอดการทดลอง

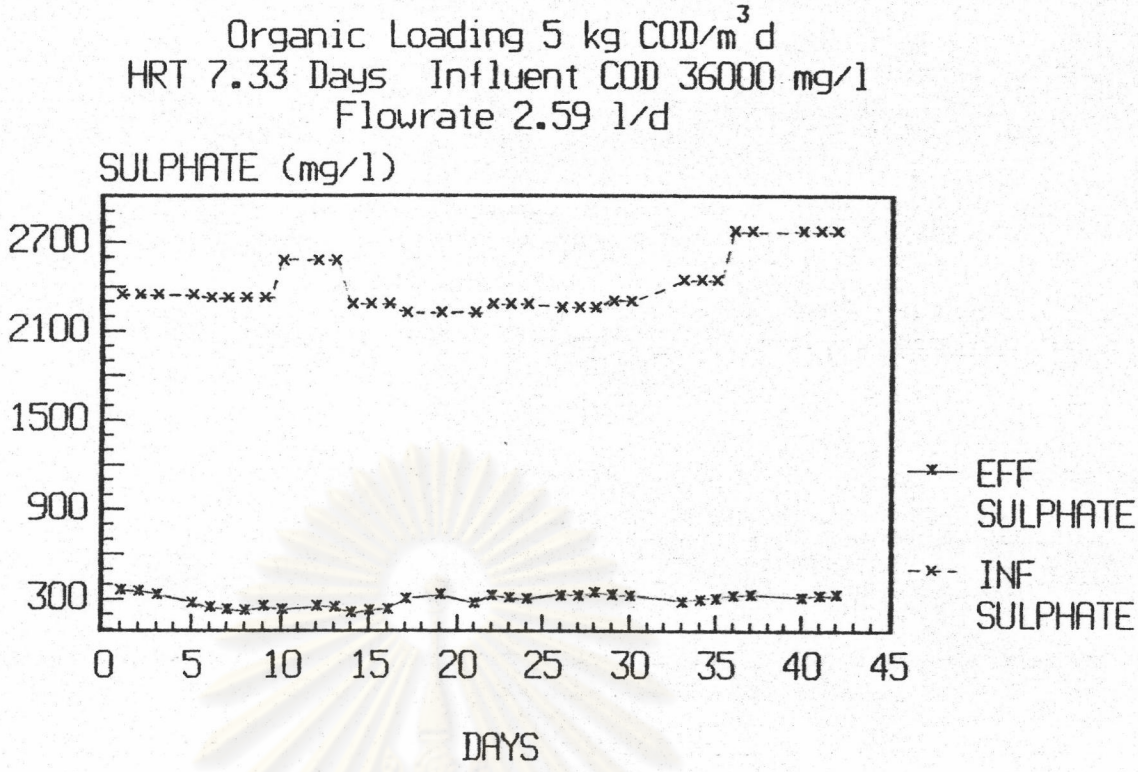
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



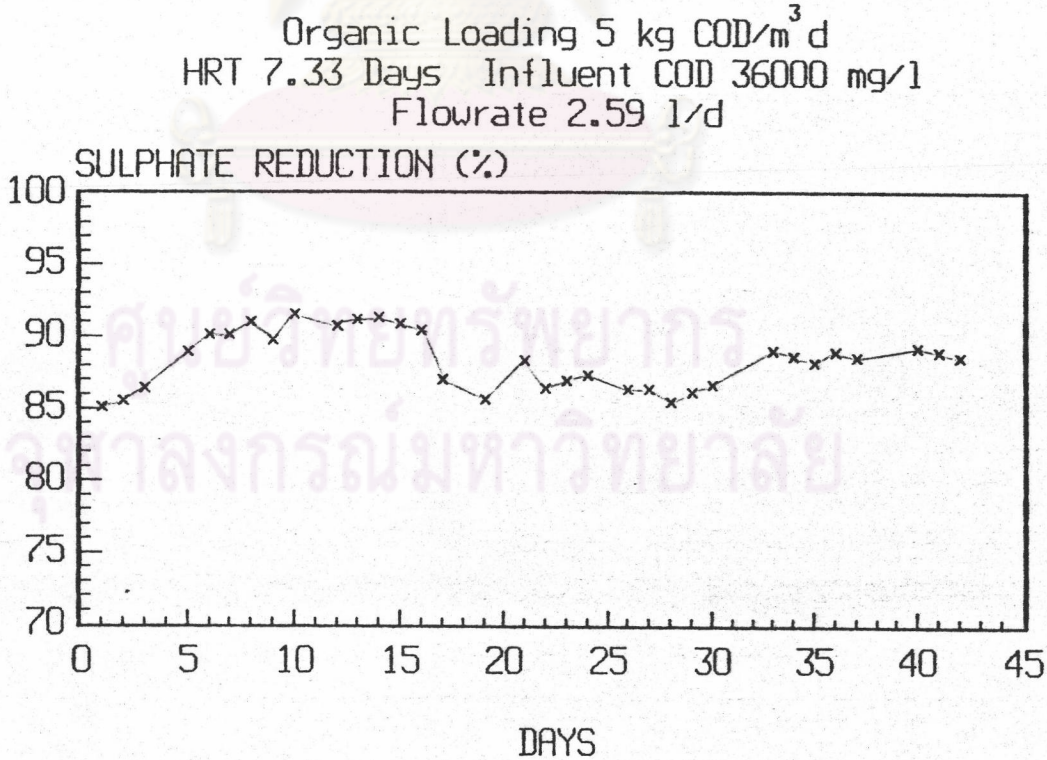
รูปที่ ข. 2 การเปลี่ยนแปลงค่า COD ของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



รูปที่ ข. 3 การเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพการกำจัด COD ตลอดการทดลอง

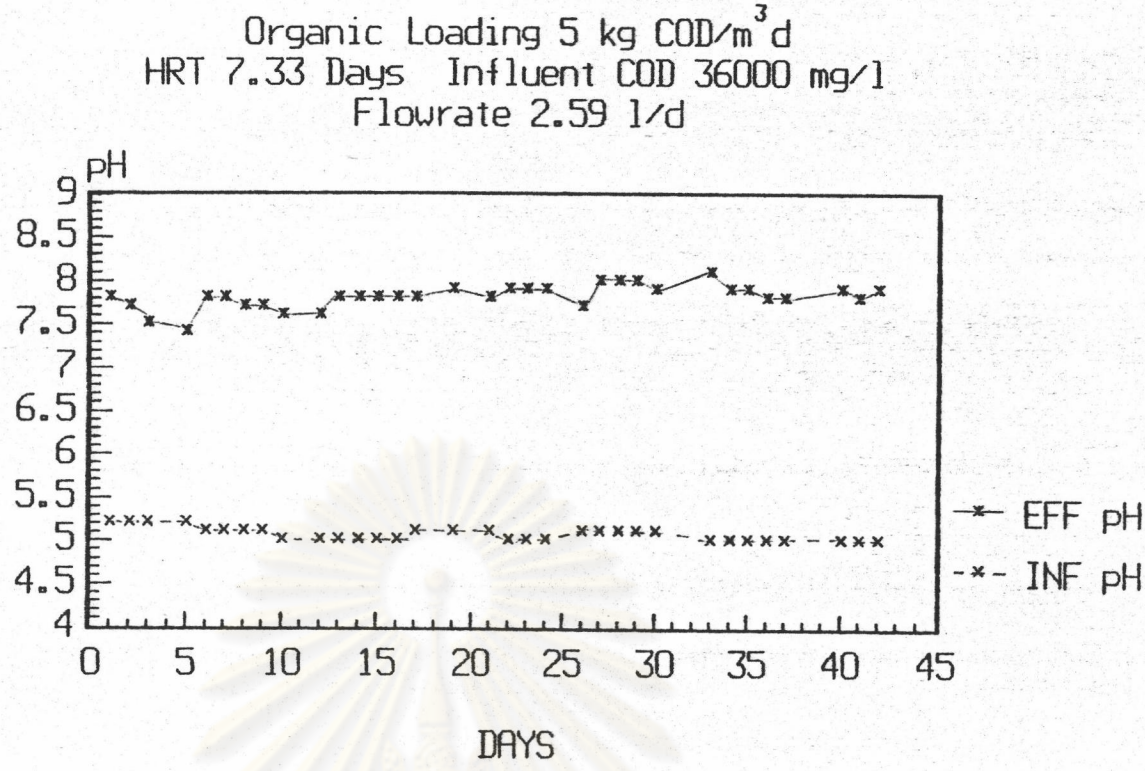


รูปที่ ข. 4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารซัลเฟตของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง

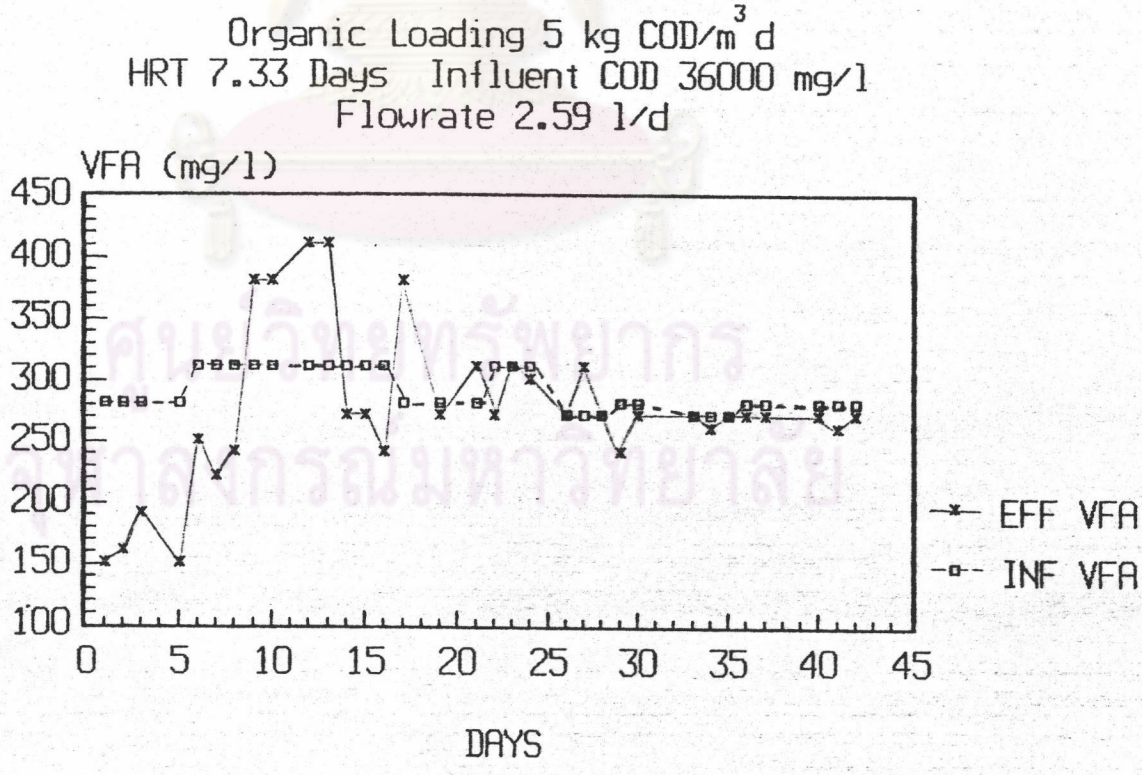


รูปที่ ข. 5 การเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพการกำจัดสารซัลเฟตตลอดการทดลอง

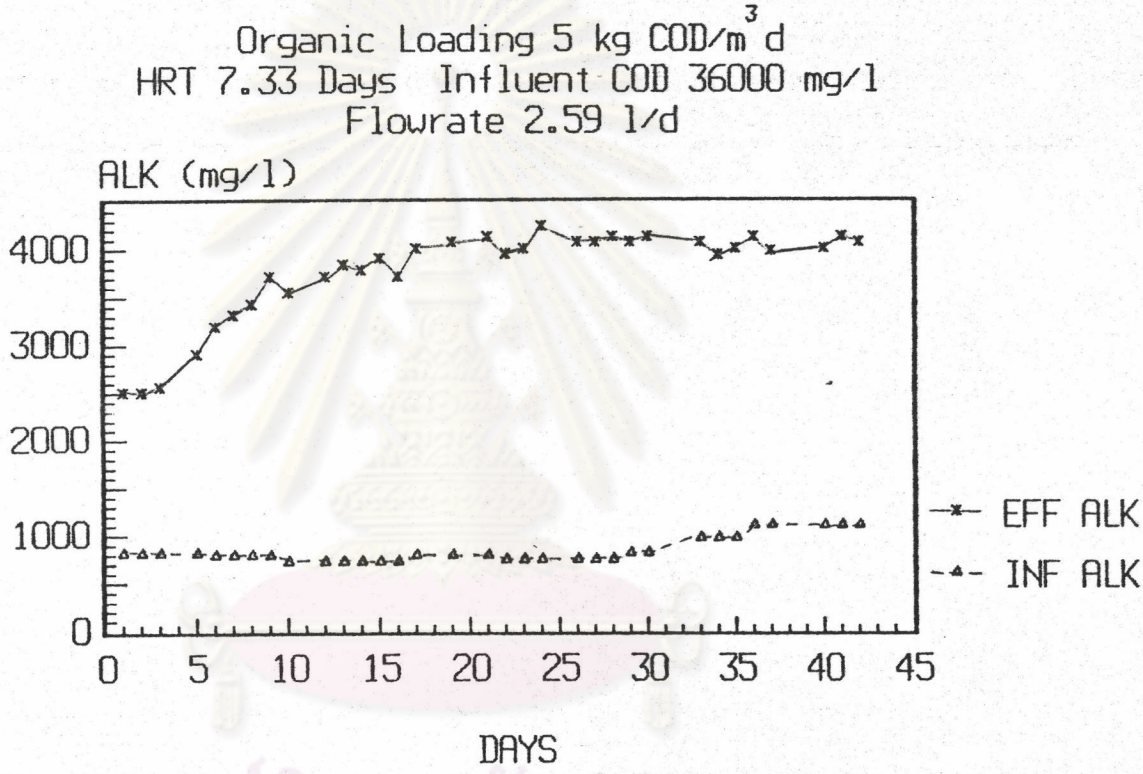
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ข.6 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง

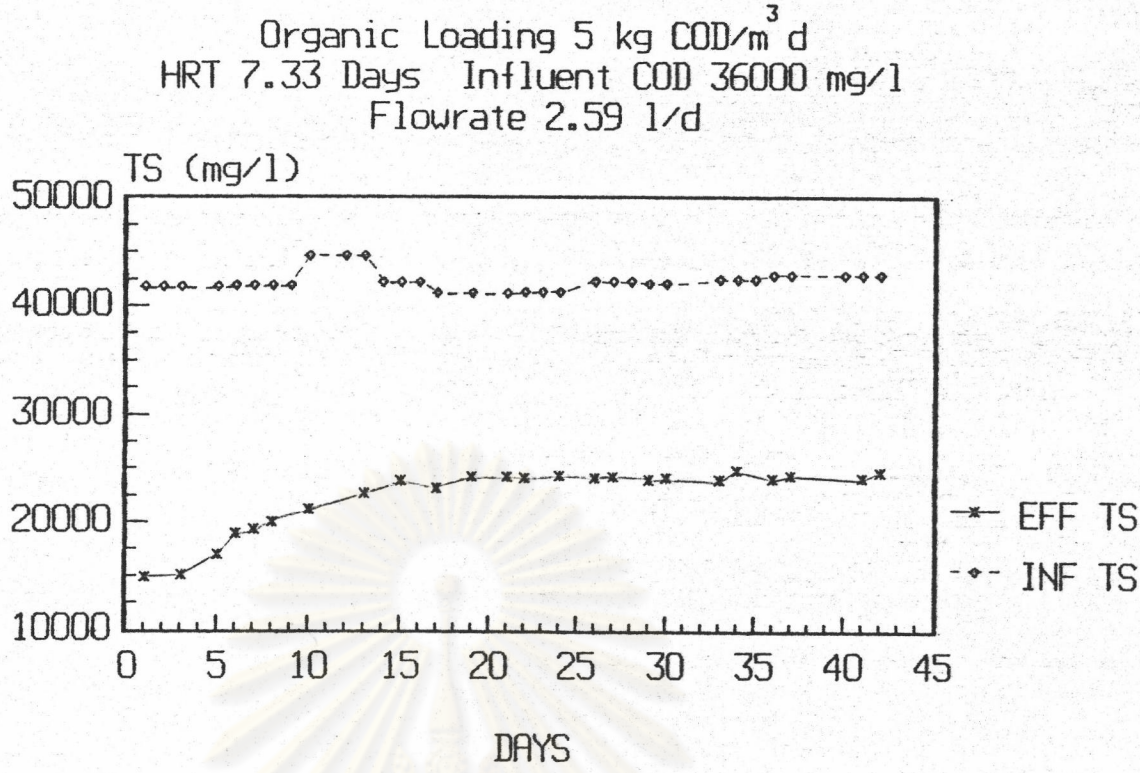


รูปที่ ข.7 การเปลี่ยนแปลงค่ากรดไขมันระเหยของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง

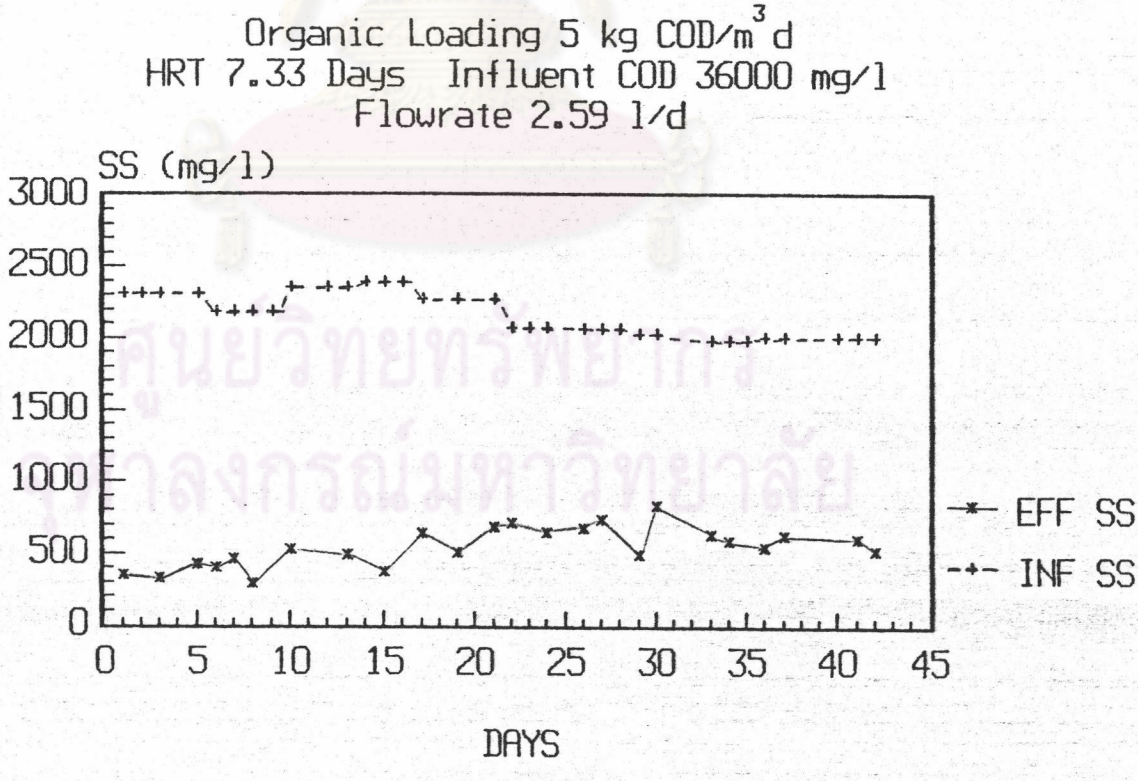


รูปที่ ข.8 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง

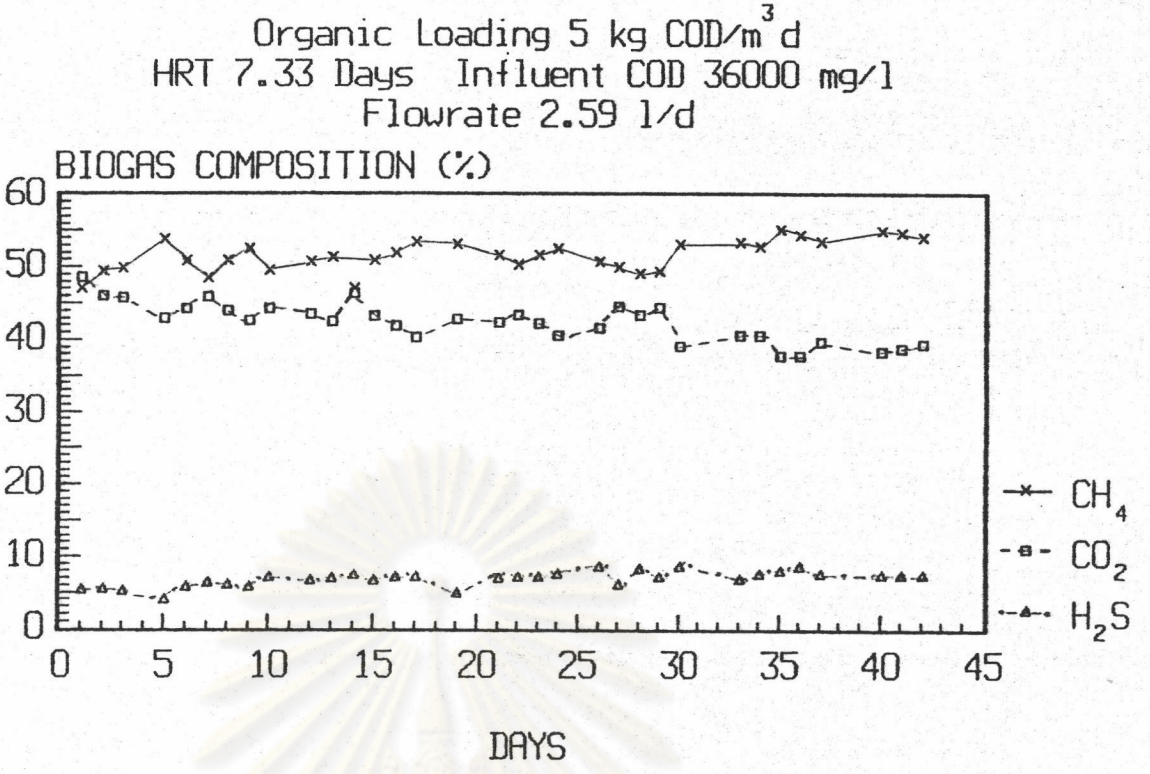
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



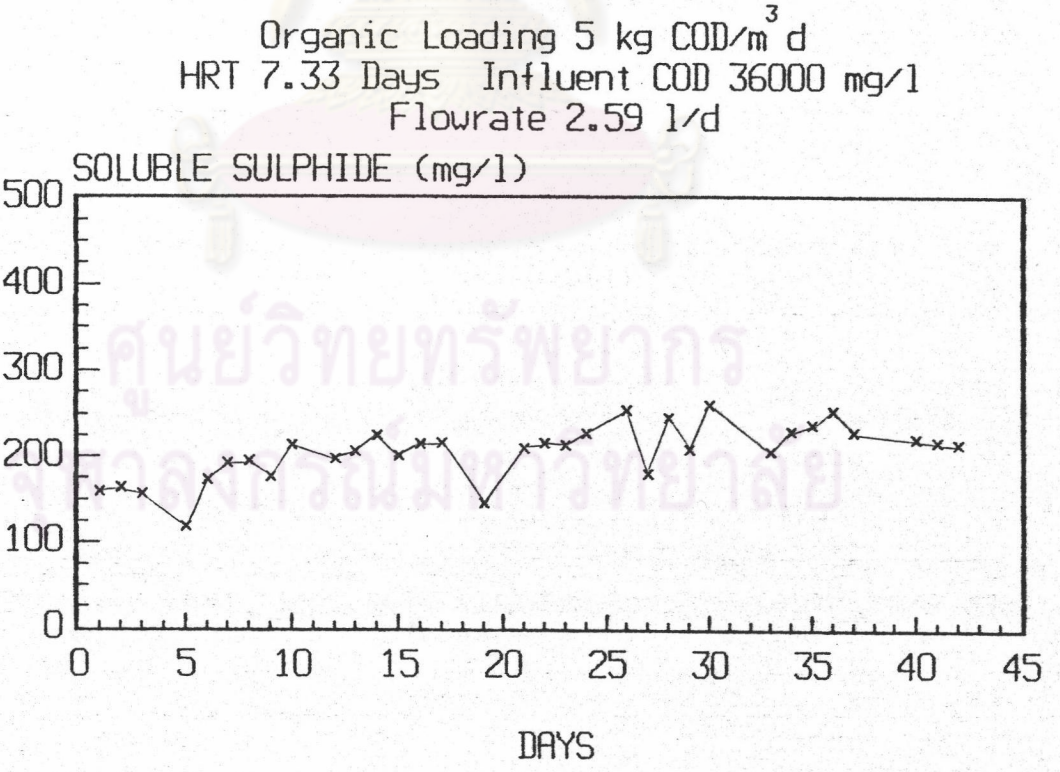
รูปที่ ข.9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



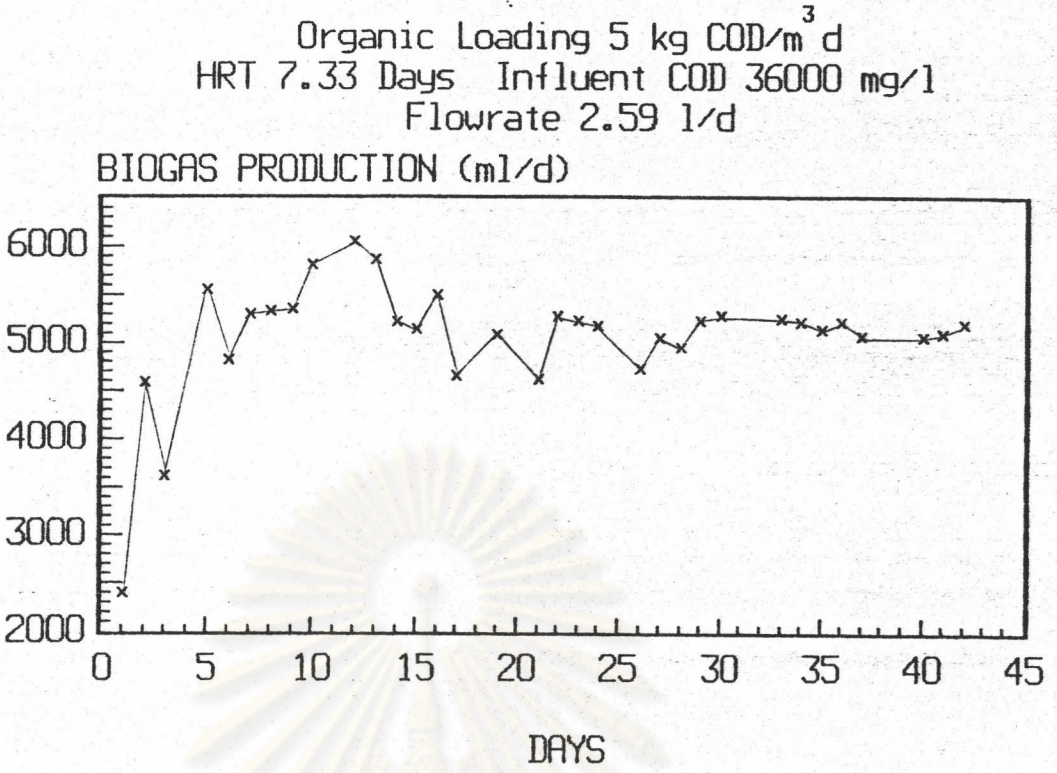
รูปที่ ข.10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



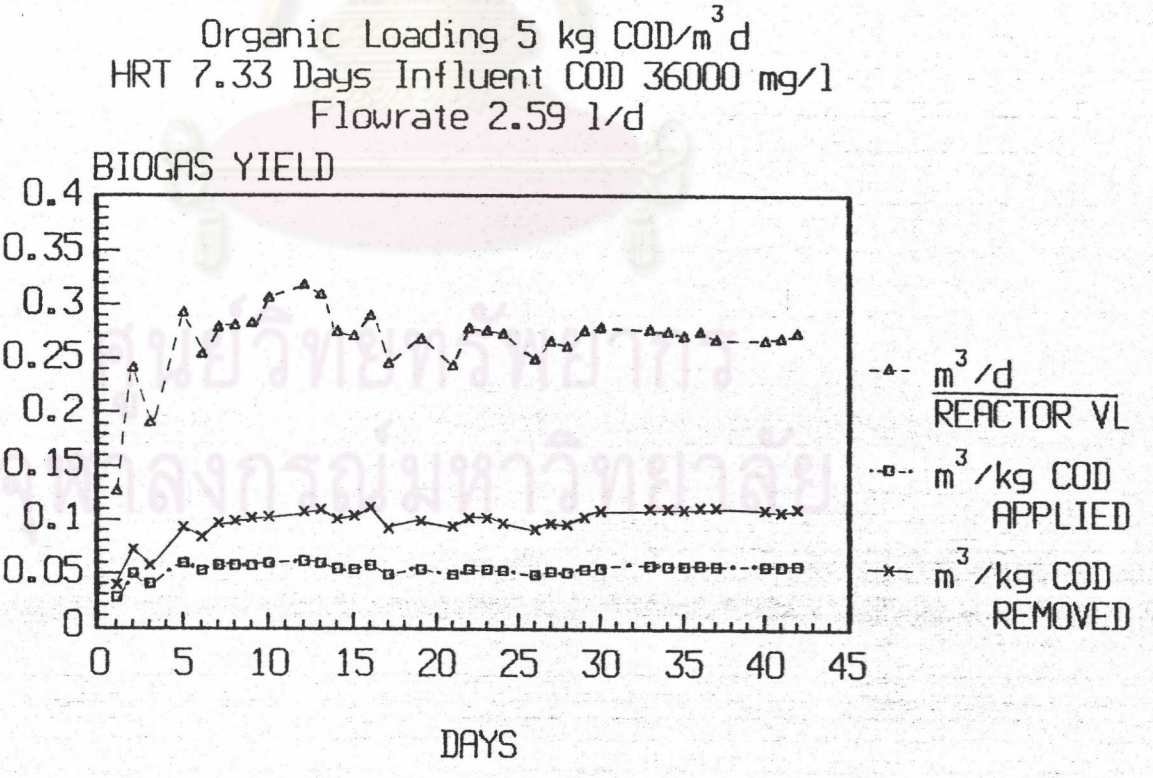
รูปที่ ข. 11 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบแก๊สของระบบตลอดการทดลอง



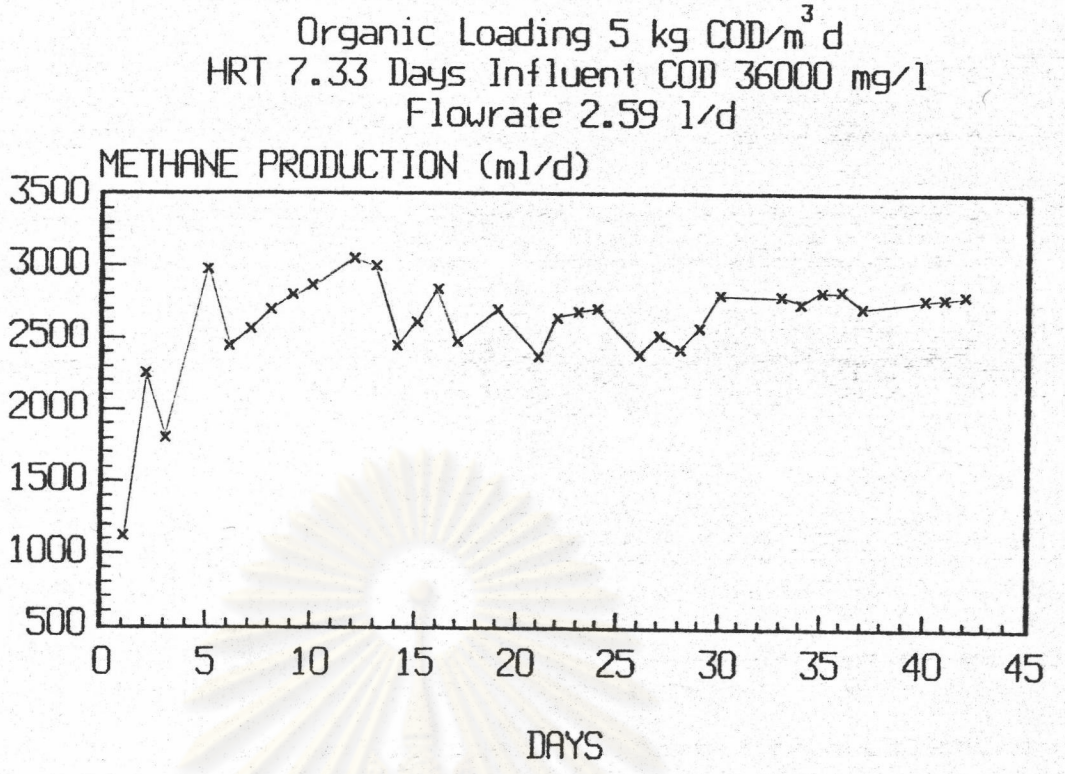
รูปที่ ข. 12 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลไฟด์ส่วนที่ละลายของระบบตลอดการทดลอง



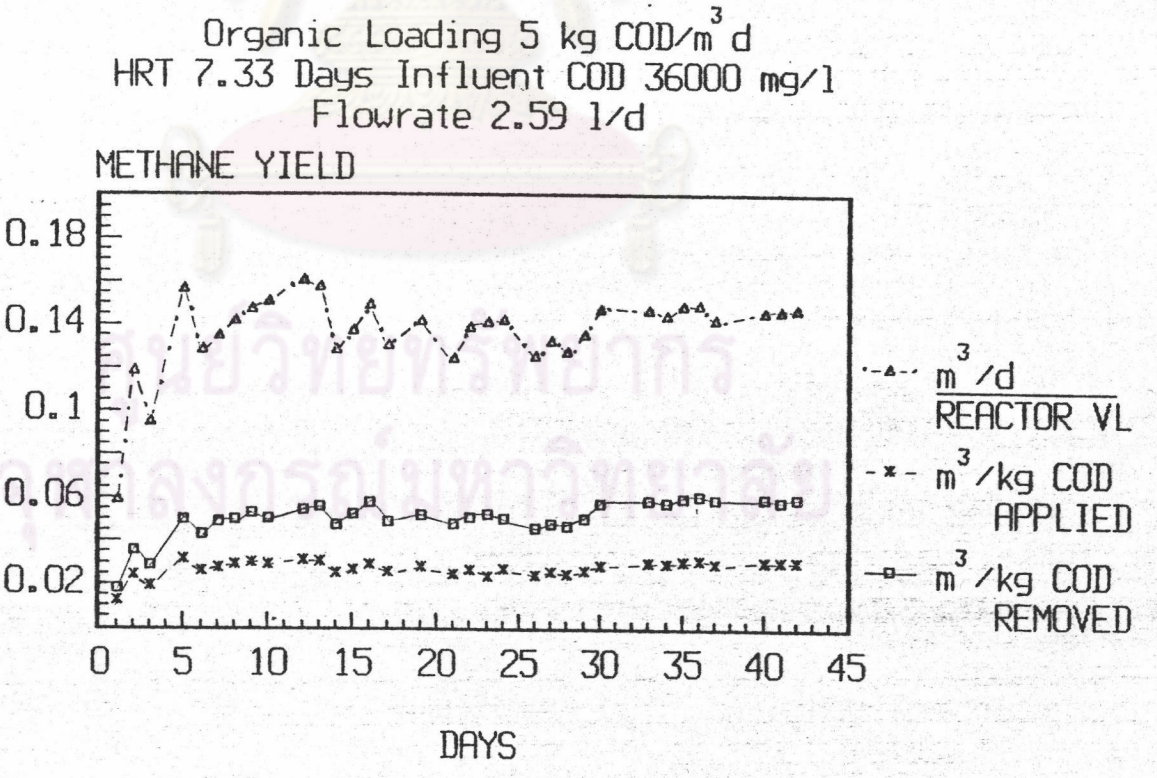
รูปที่ ข. 13 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นของระบบตลอดการทดลอง



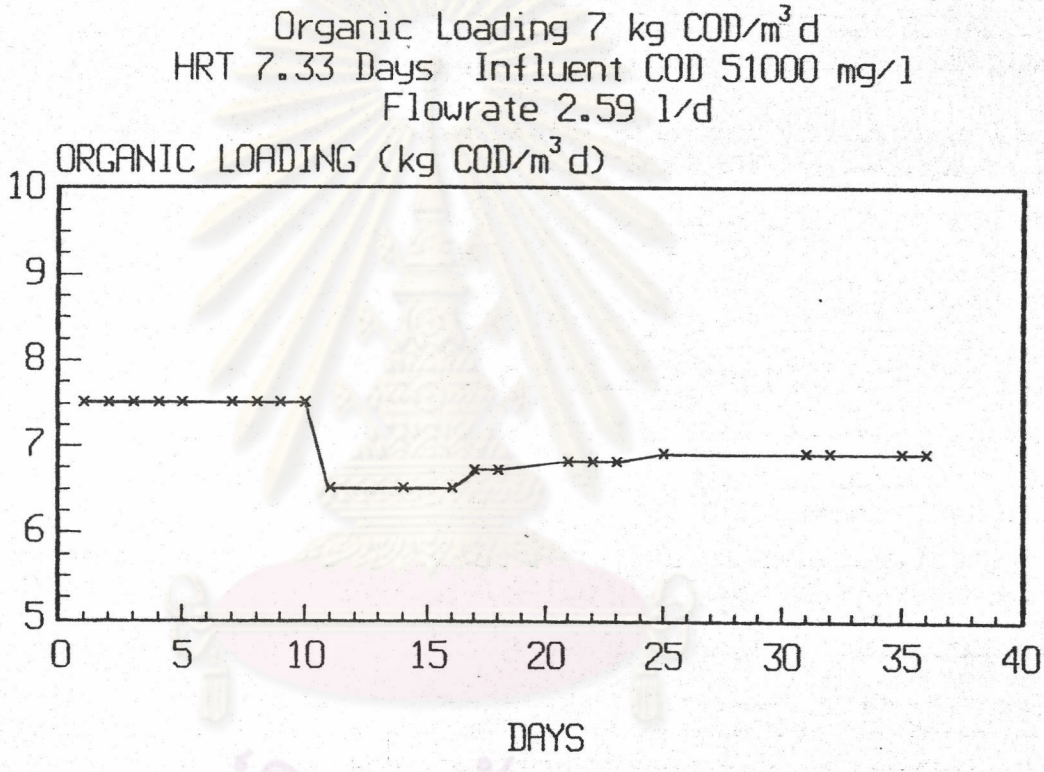
รูปที่ ข. 14 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตแก๊สชีวภาพของระบบตลอดการทดลอง



รูปที่ ข.15 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สมีเทนที่เกิดขึ้นของระบบตลอดการทดลอง

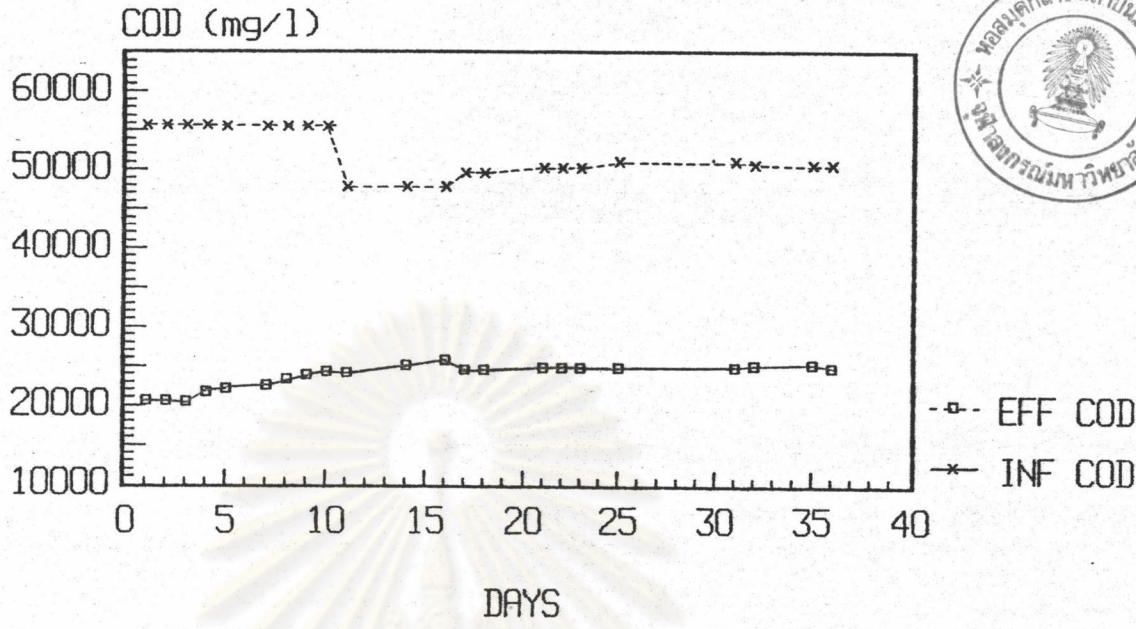


รูปที่ ข.16 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตแก๊สมีเทนของระบบตลอดการทดลอง

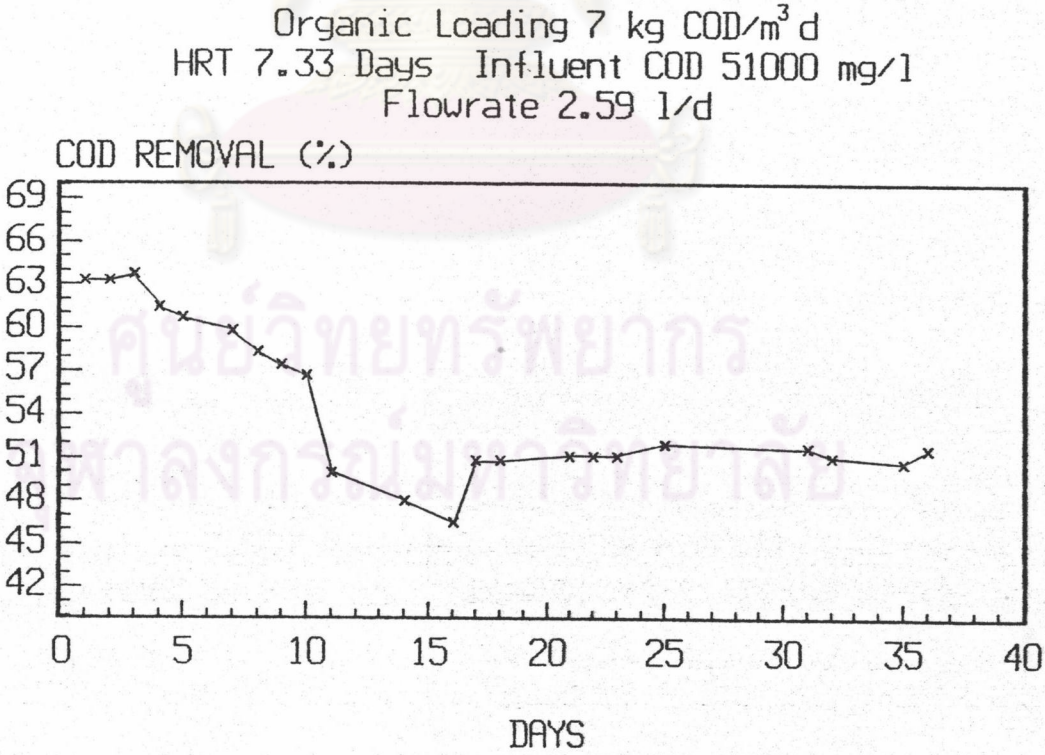


รูปที่ ข. 17 การเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการรับสารอินทรีย์ตลอดการทดลอง

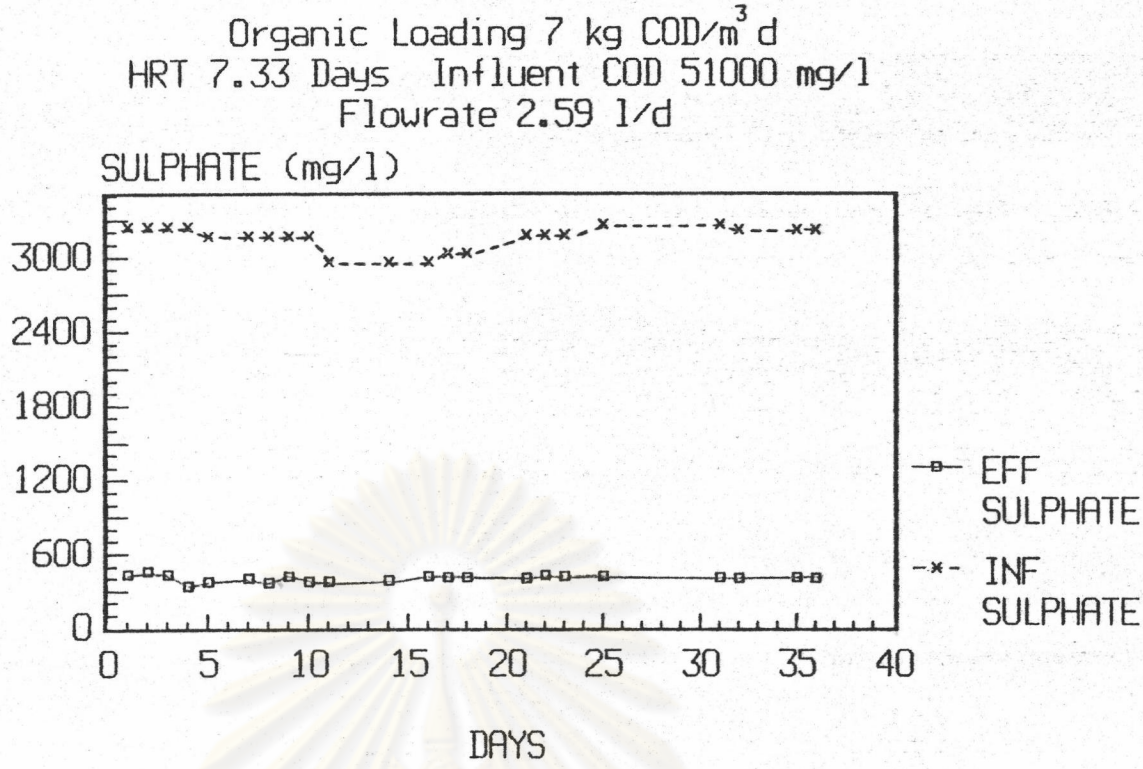
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



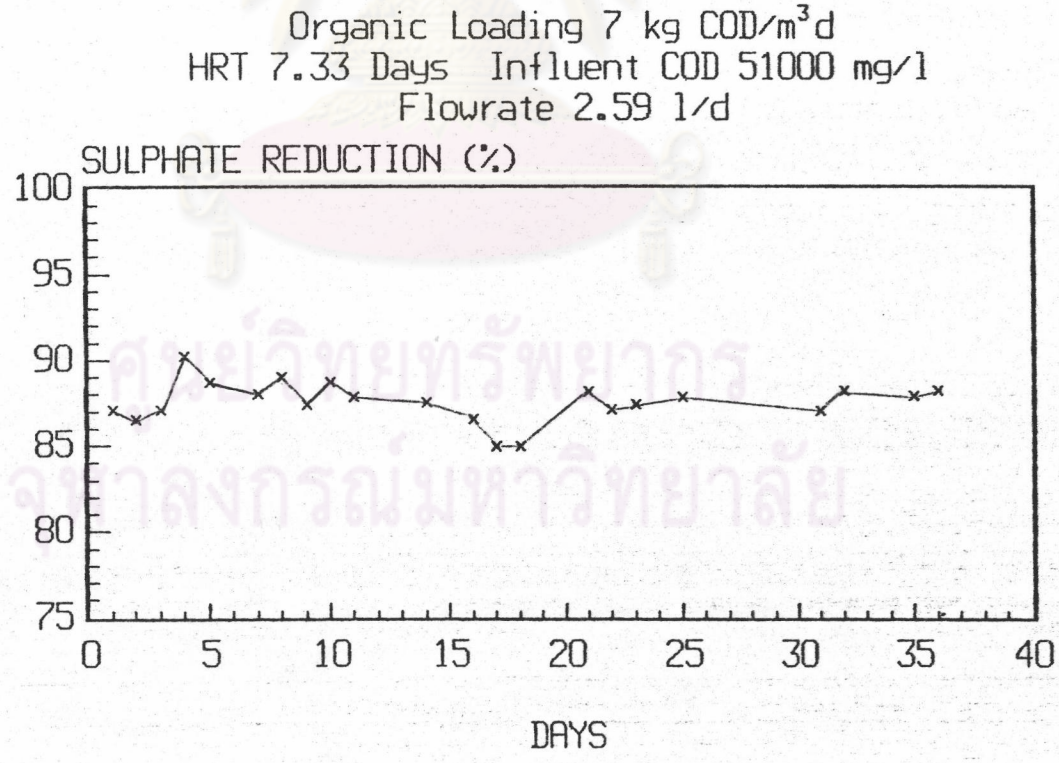
รูปที่ ข.18 การเปลี่ยนแปลงค่า COD ของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



รูปที่ ข.19 การเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพการกำจัด COD ตลอดการทดลอง

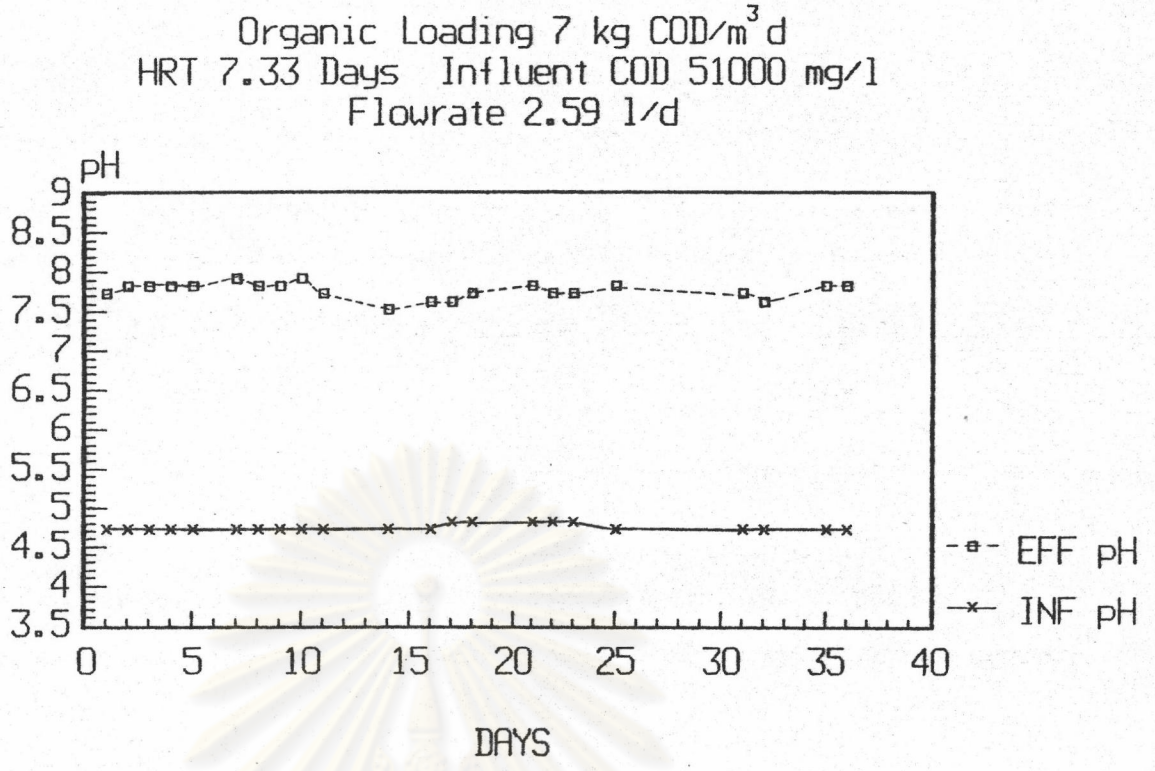


รูปที่ ข.20 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารซัลเฟตของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง

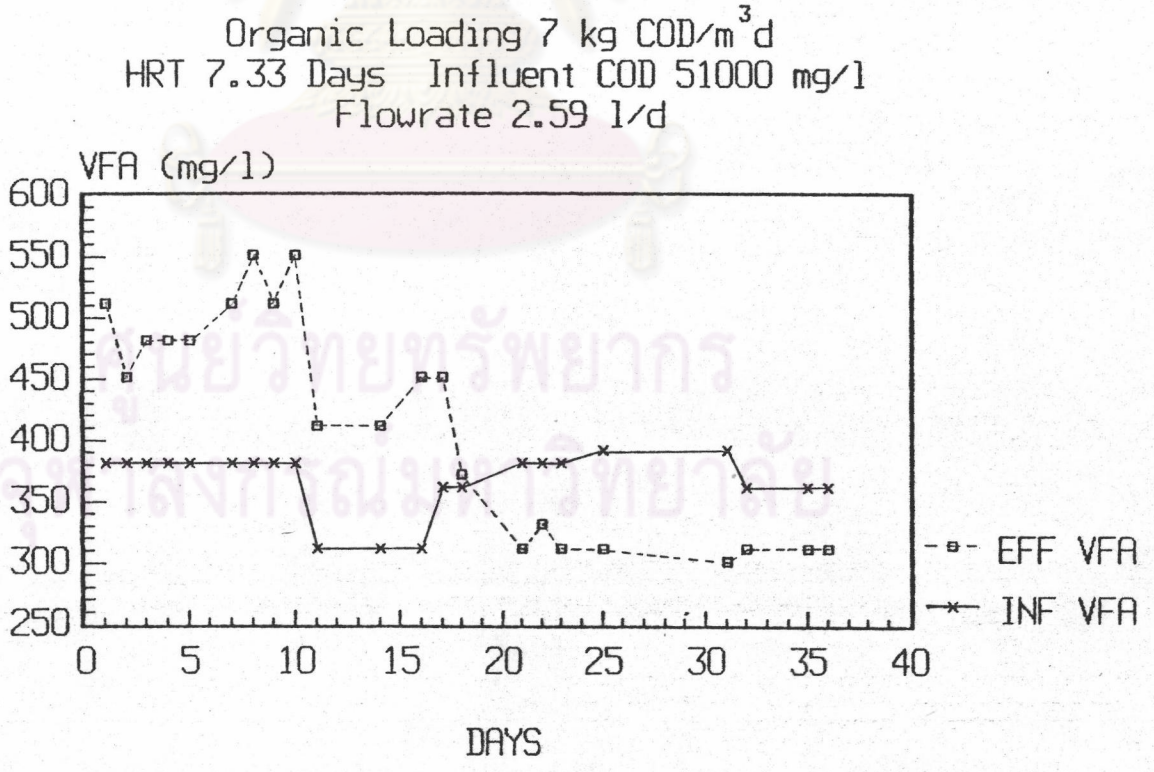


รูปที่ ข.21 การเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพการกำจัดสารซัลเฟตตลอดการทดลอง

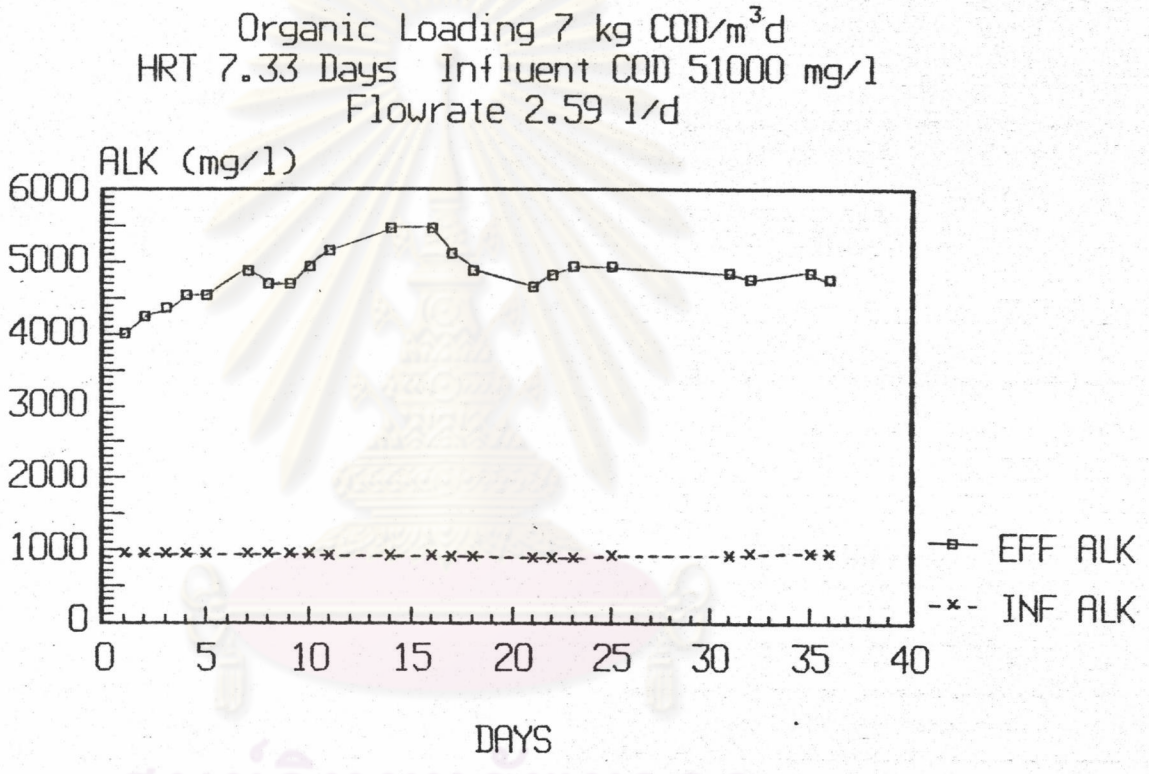
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ข.22 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง

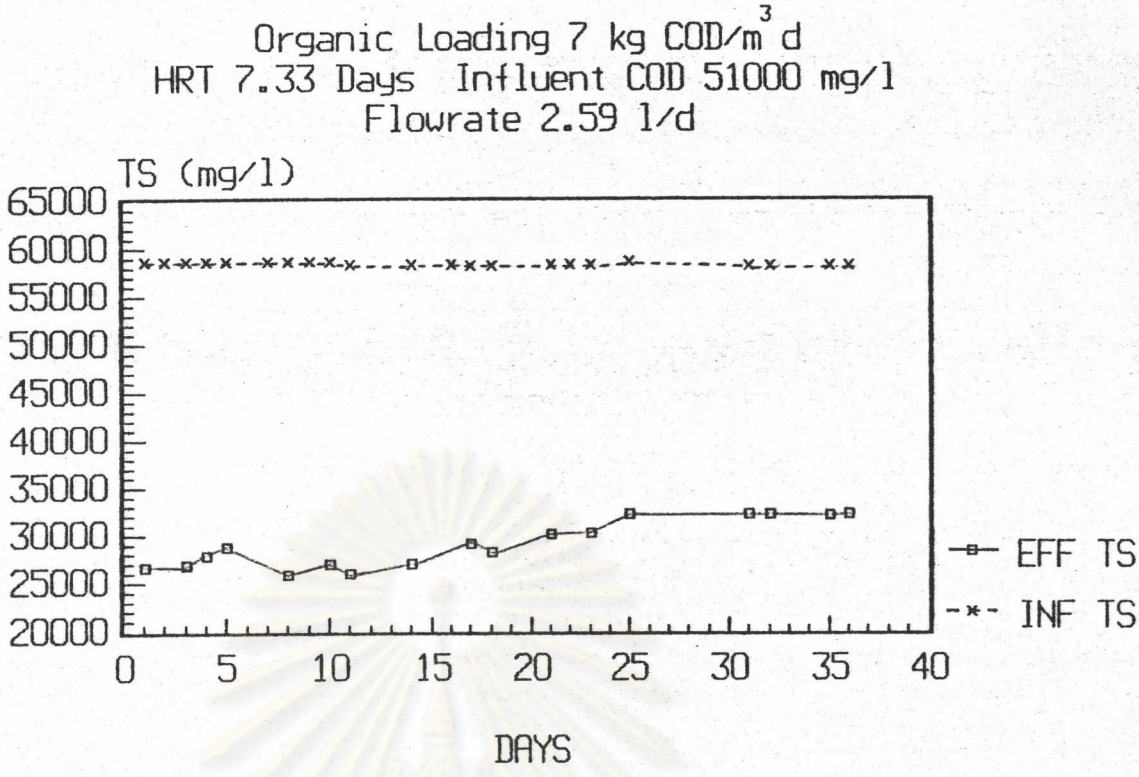


รูปที่ ข.23 การเปลี่ยนแปลงค่ากรดไขมันระเหยของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง

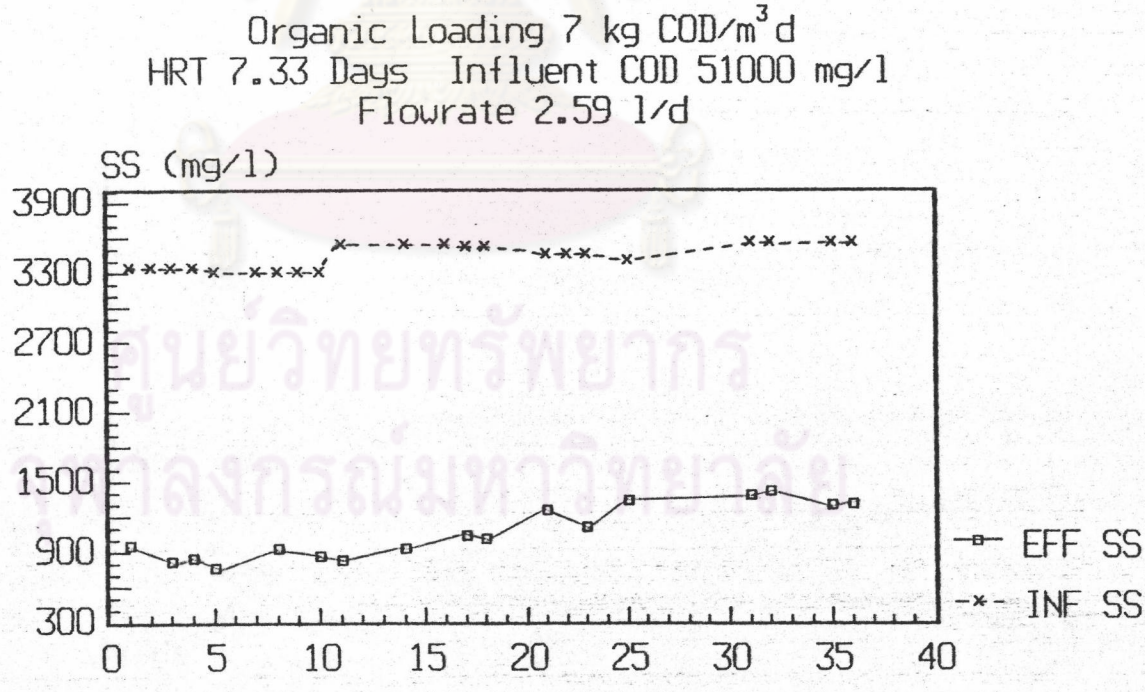


รูปที่ ข.24 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง

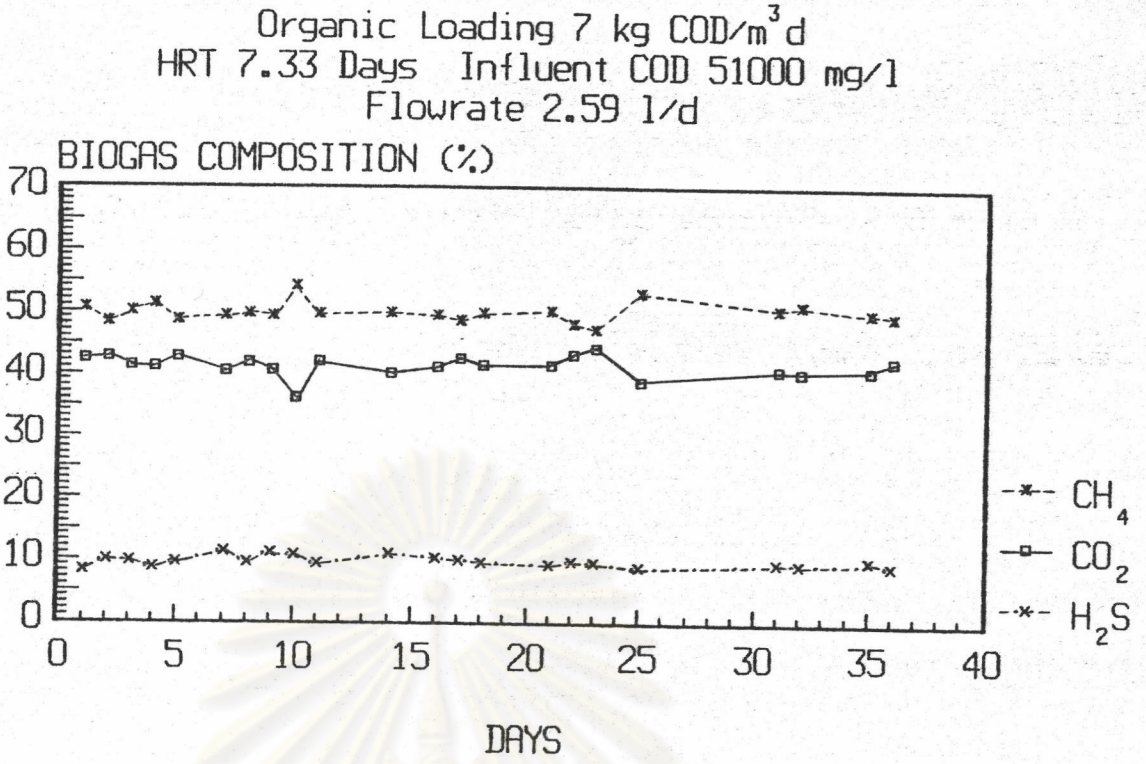
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



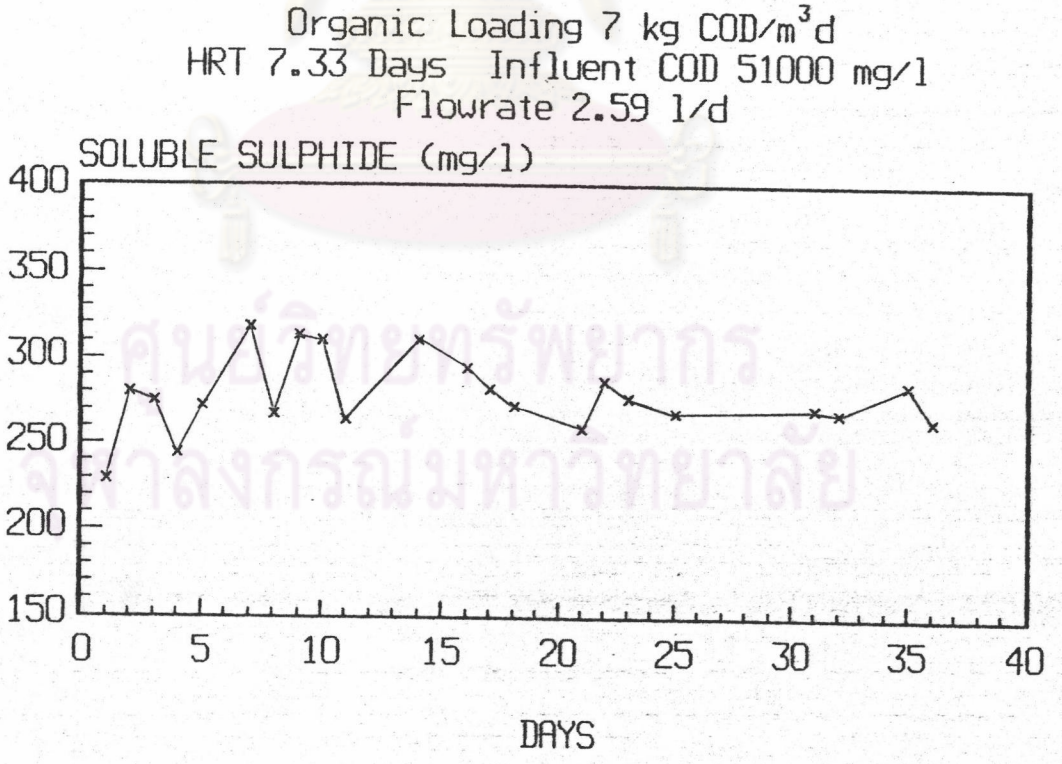
รูปที่ ข. 25 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



รูปที่ ข. 26 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง

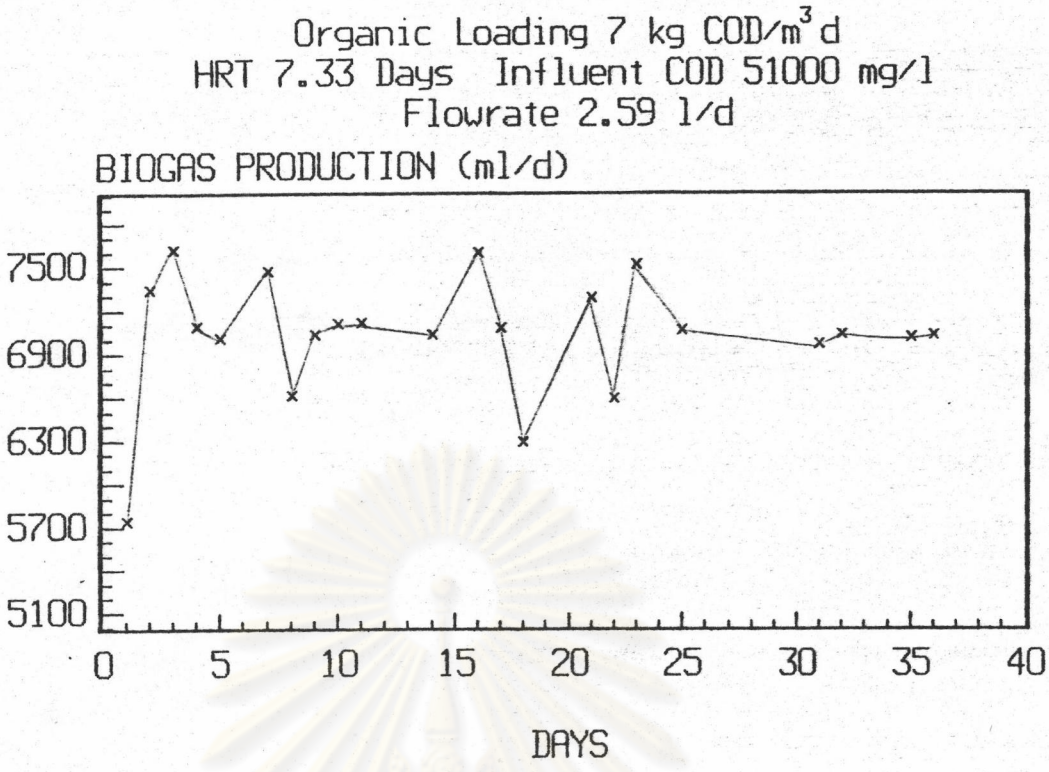


รูปที่ ข. 27 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบแก๊สของระบบตลอดการทดลอง

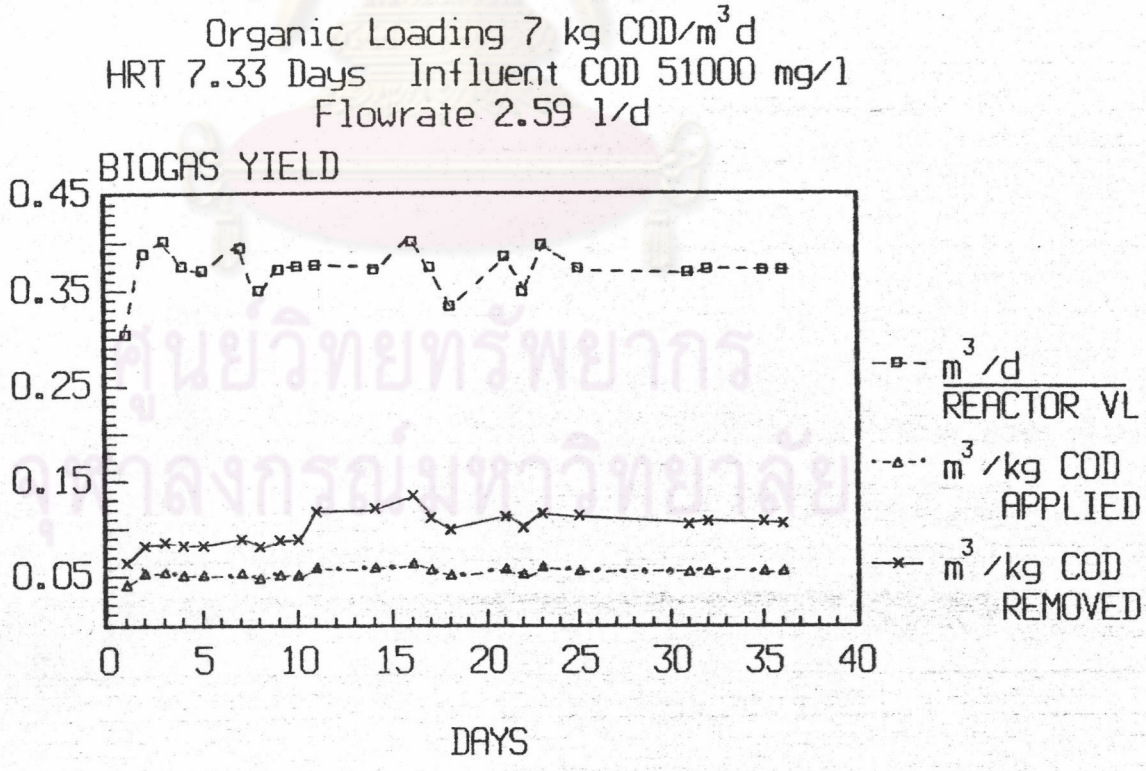


รูปที่ ข. 28 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลไฟด์ส่วนที่ละลายของระบบตลอดการทดลอง

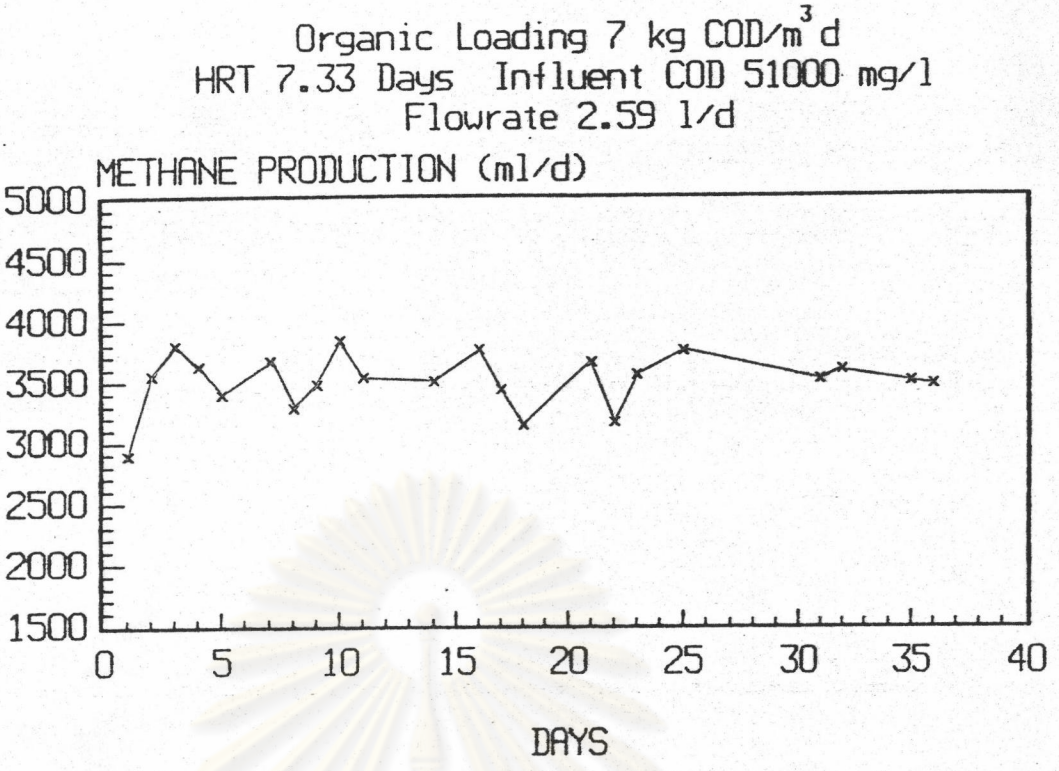
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



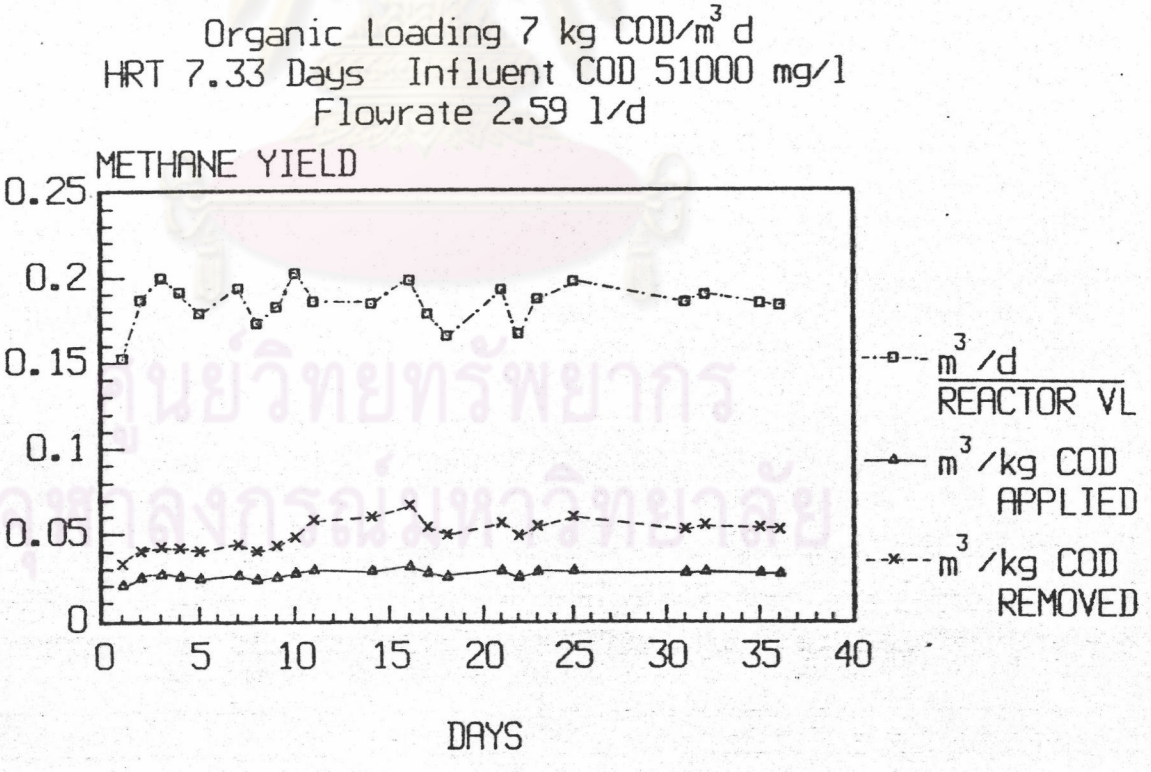
รูปที่ ข.29 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นของระบบตลอดการทดลอง



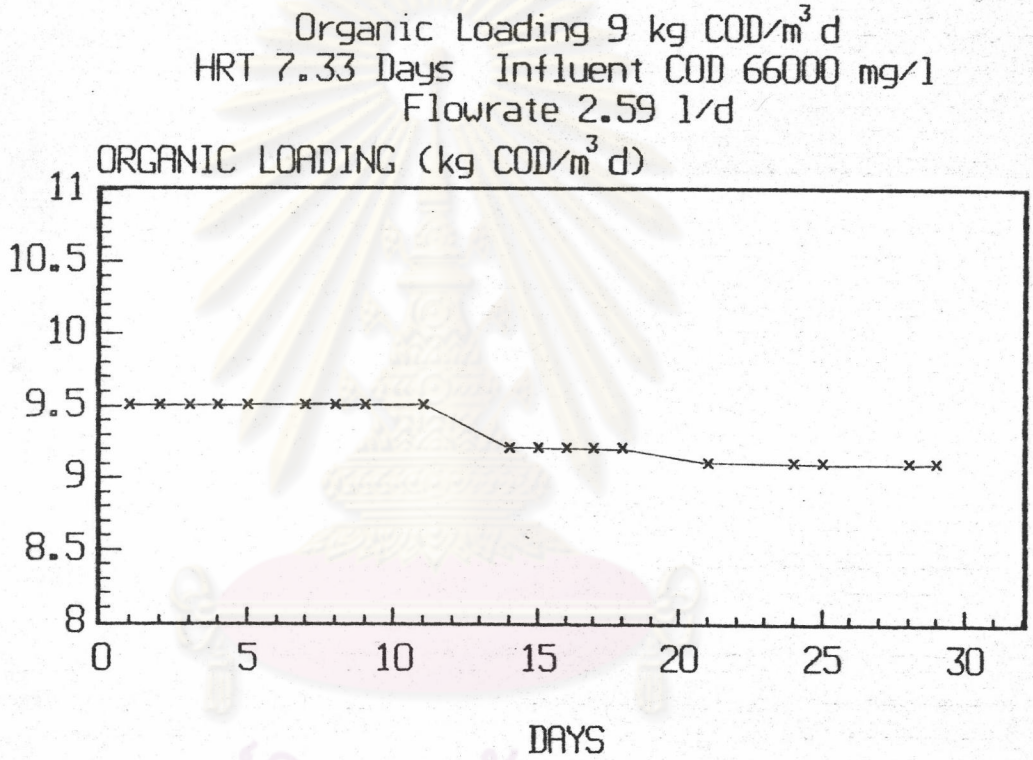
รูปที่ ข.30 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตแก๊สชีวภาพของระบบตลอดการทดลอง



รูปที่ ข.31 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สมีเทนที่เกิดขึ้นของระบบตลอดการทดลอง

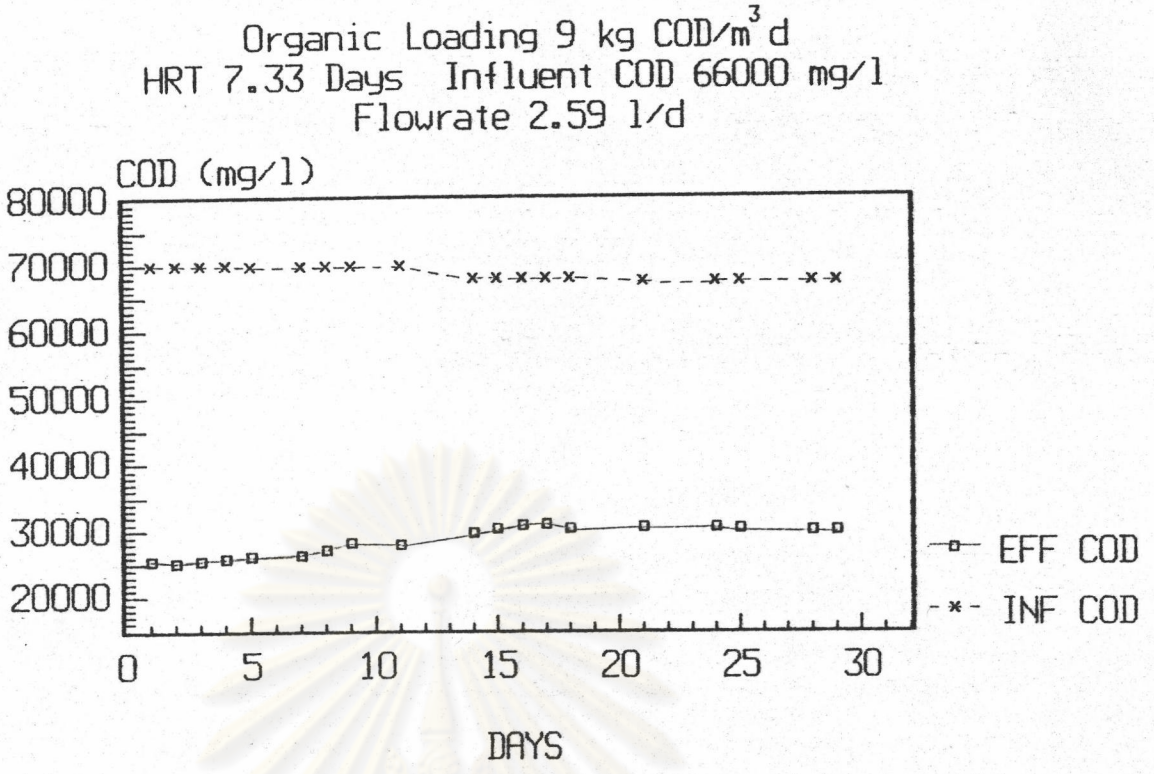


รูปที่ ข.32 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตแก๊สมีเทนของระบบตลอดการทดลอง

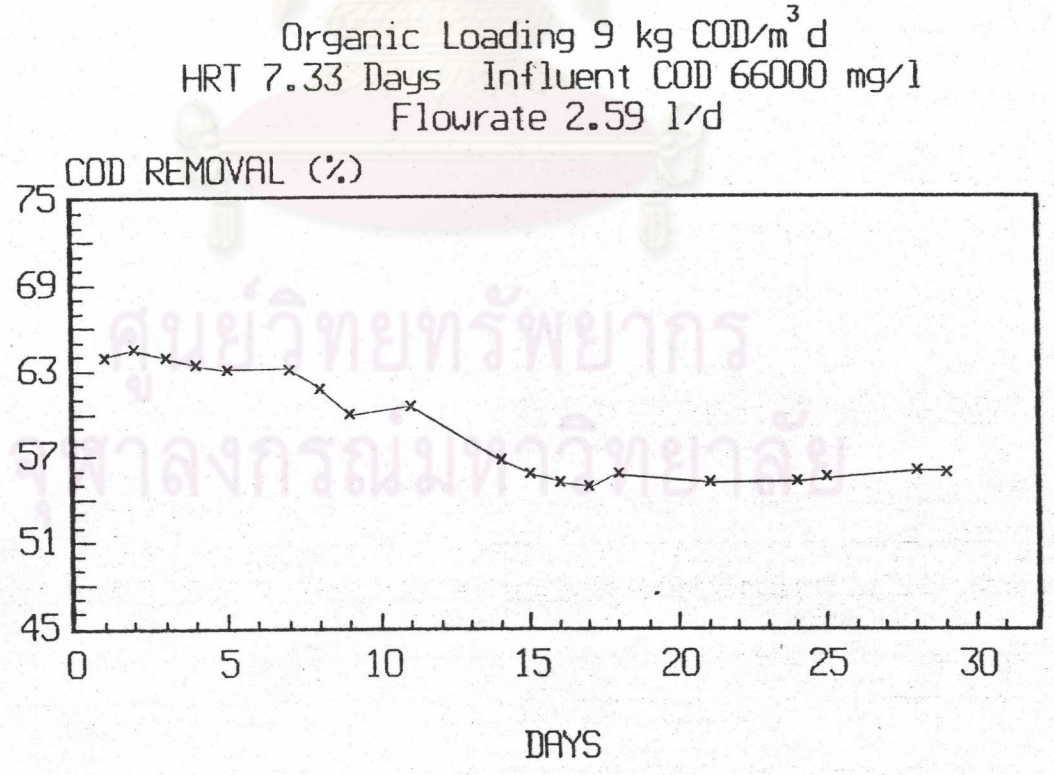


รูปที่ ข.33 การเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการรับสารอินทรีย์ตลอดการทดลอง

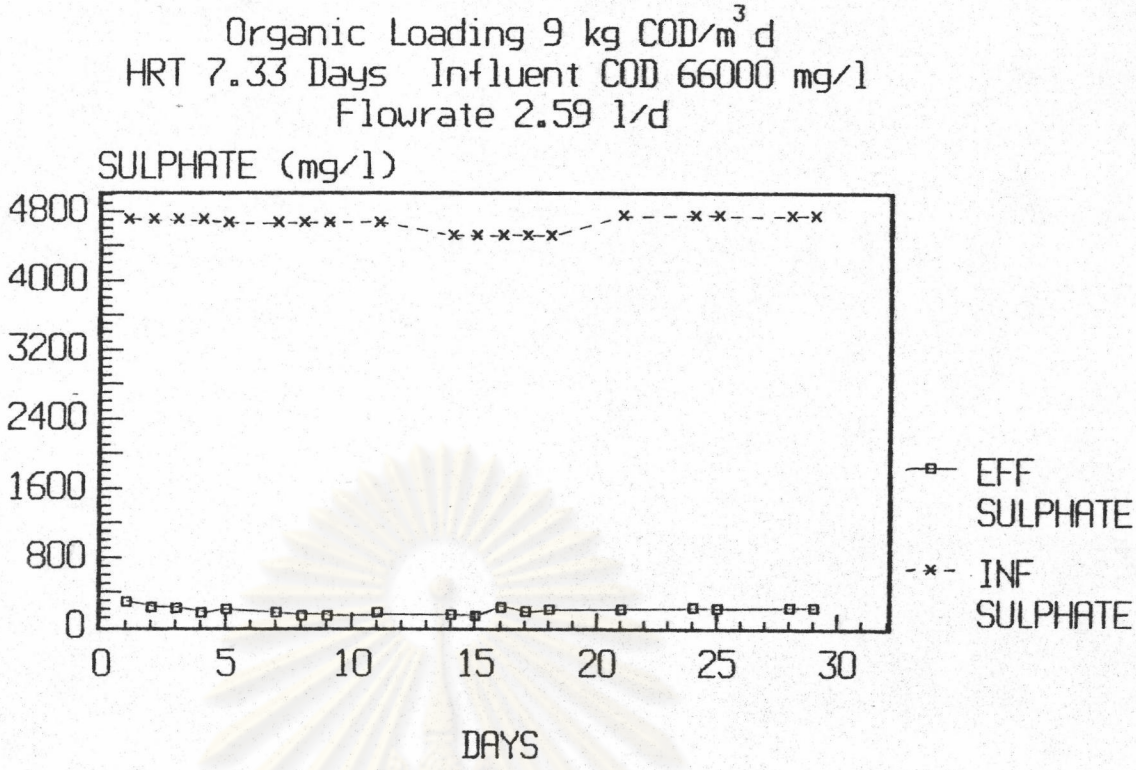
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



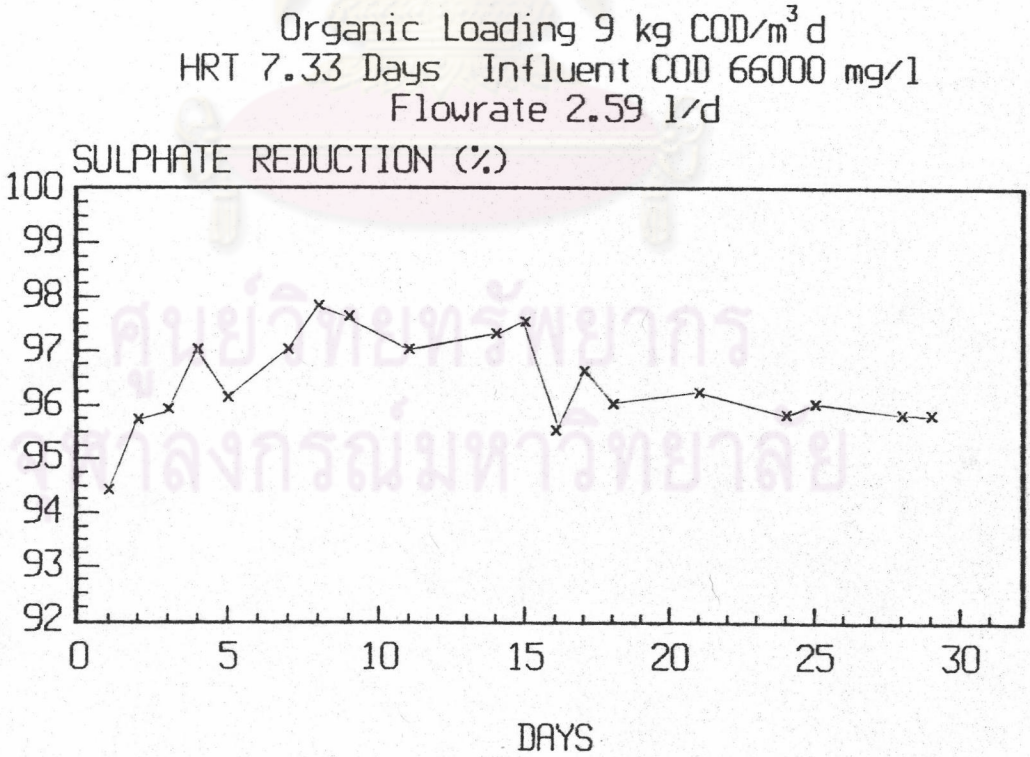
รูปที่ ข.34 การเปลี่ยนแปลงค่า COD ของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



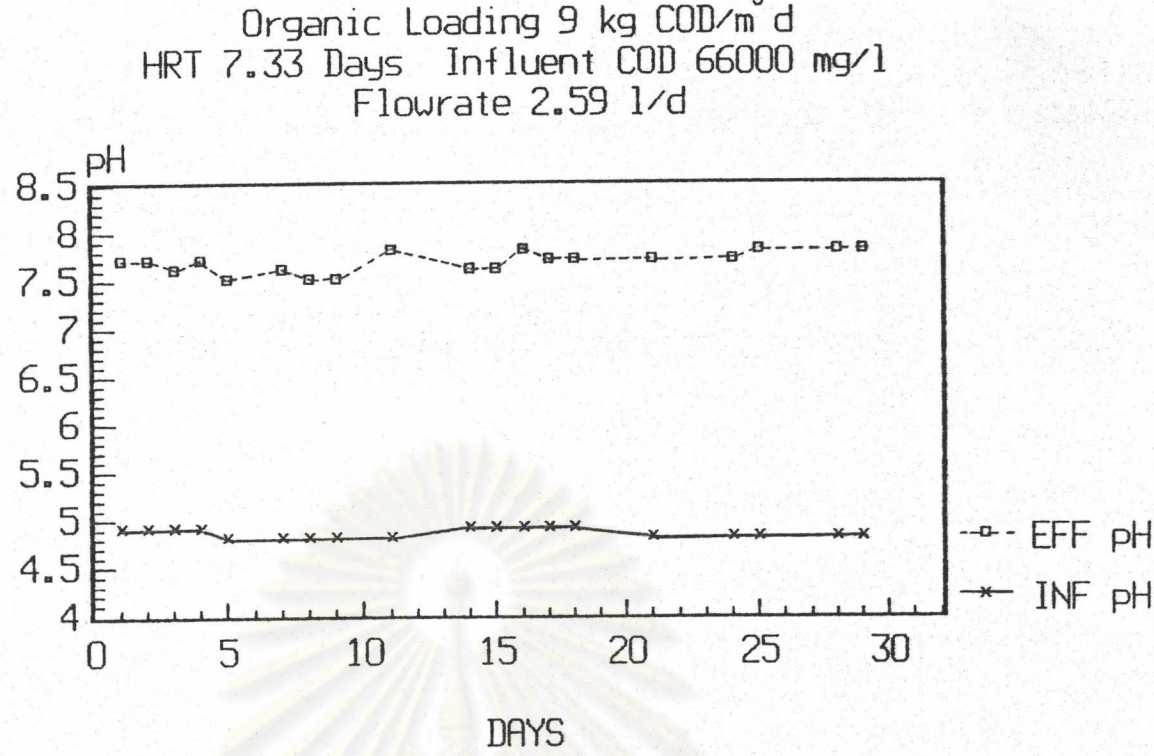
รูปที่ ข.35 การเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพการกำจัด COD ตลอดการทดลอง



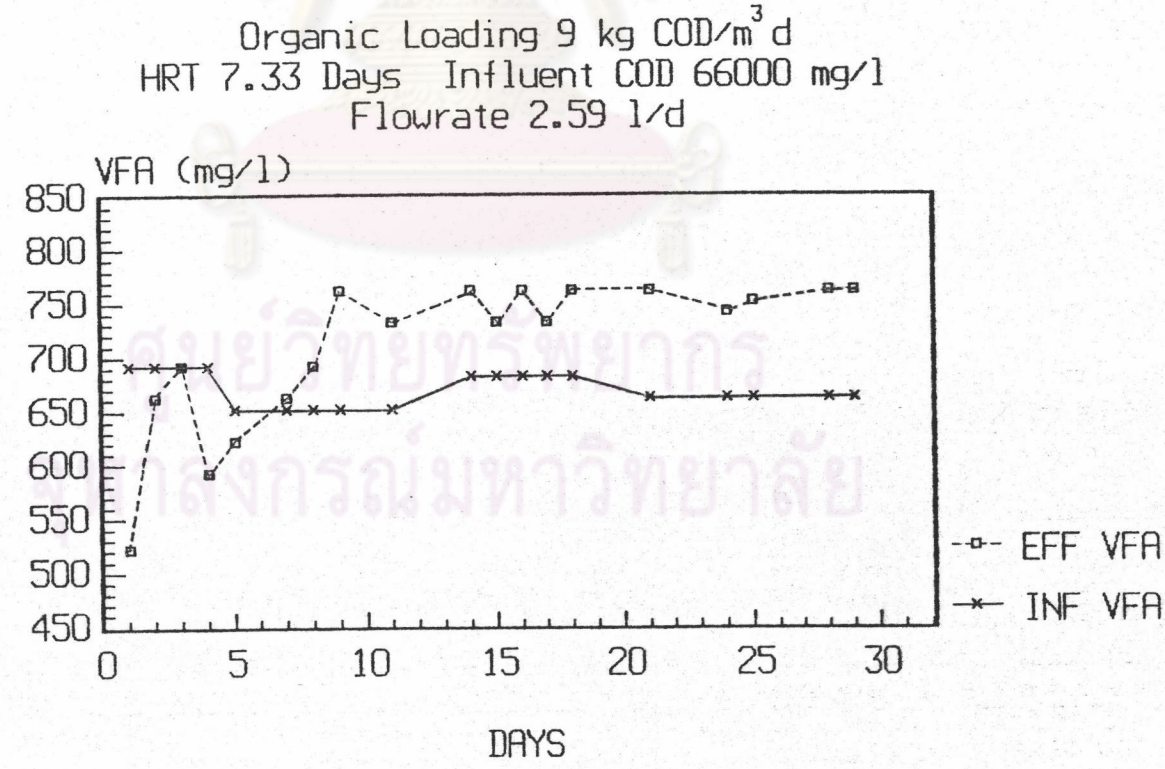
รูปที่ ข.36 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารซัลเฟตของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



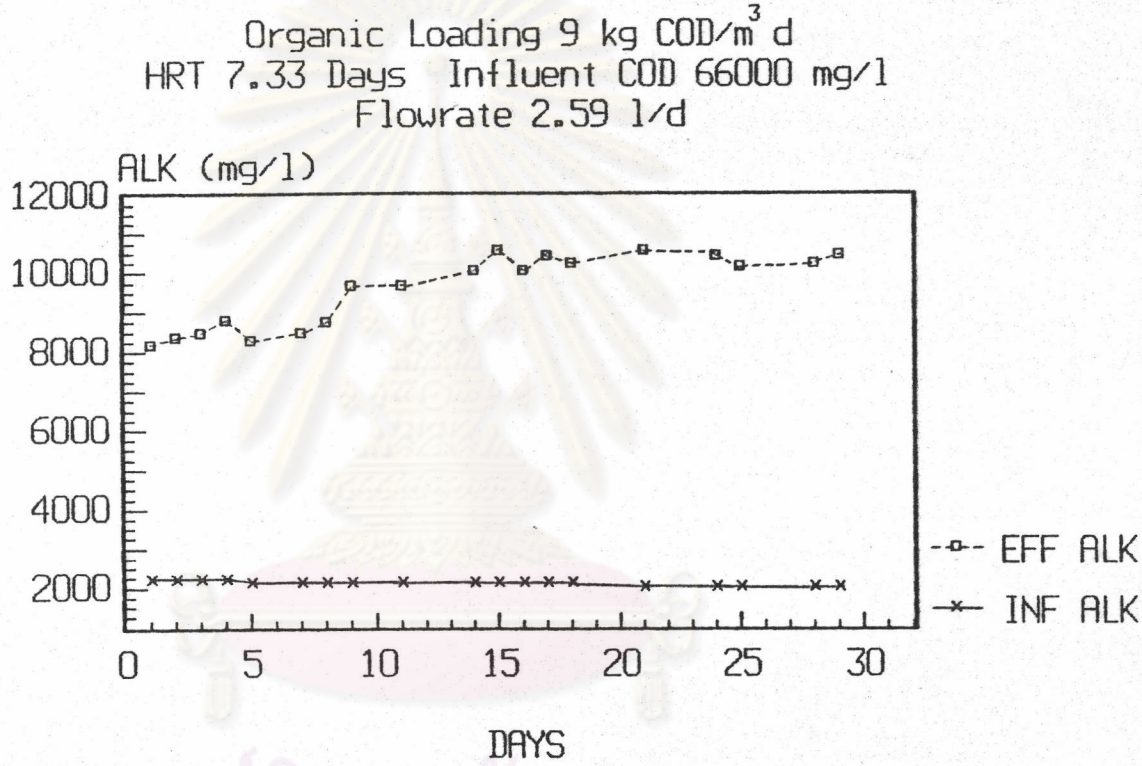
รูปที่ ข.37 การเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพการกำจัดสารซัลเฟตตลอดการทดลอง



รูปที่ ข.38 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง

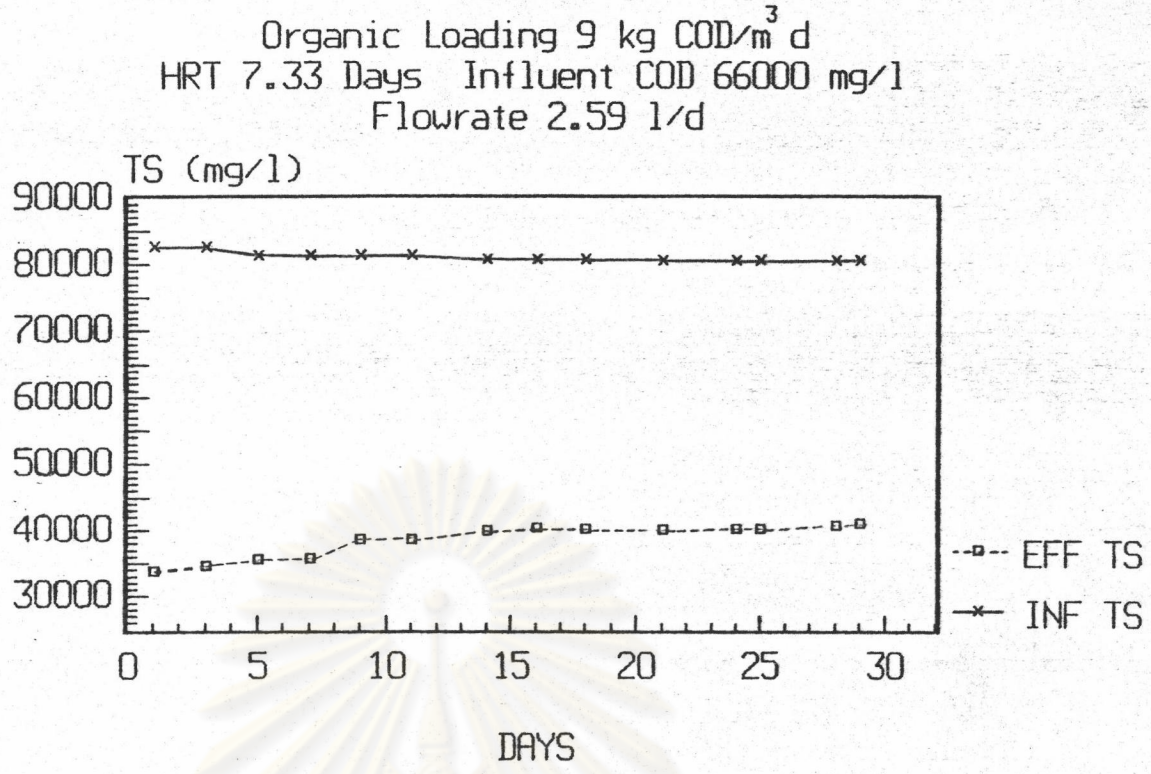


รูปที่ ข.39 การเปลี่ยนแปลงค่ากรดไขมันระเหยของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง

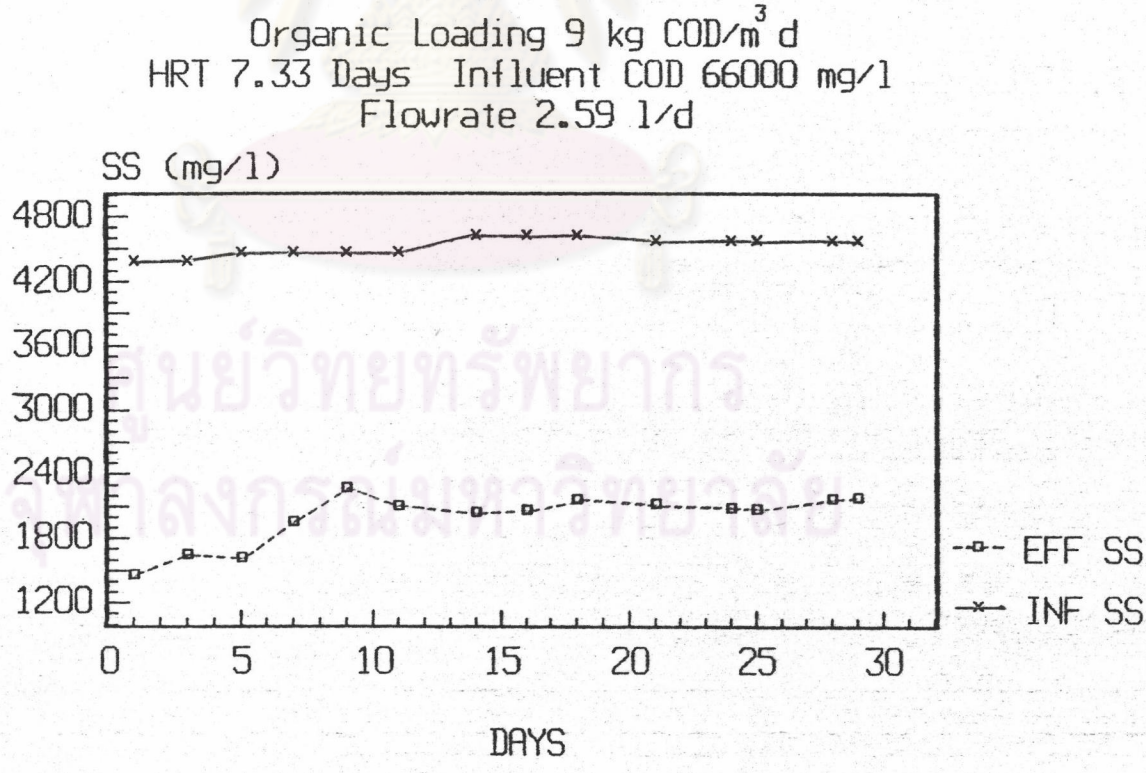


รูปที่ ข.40 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง

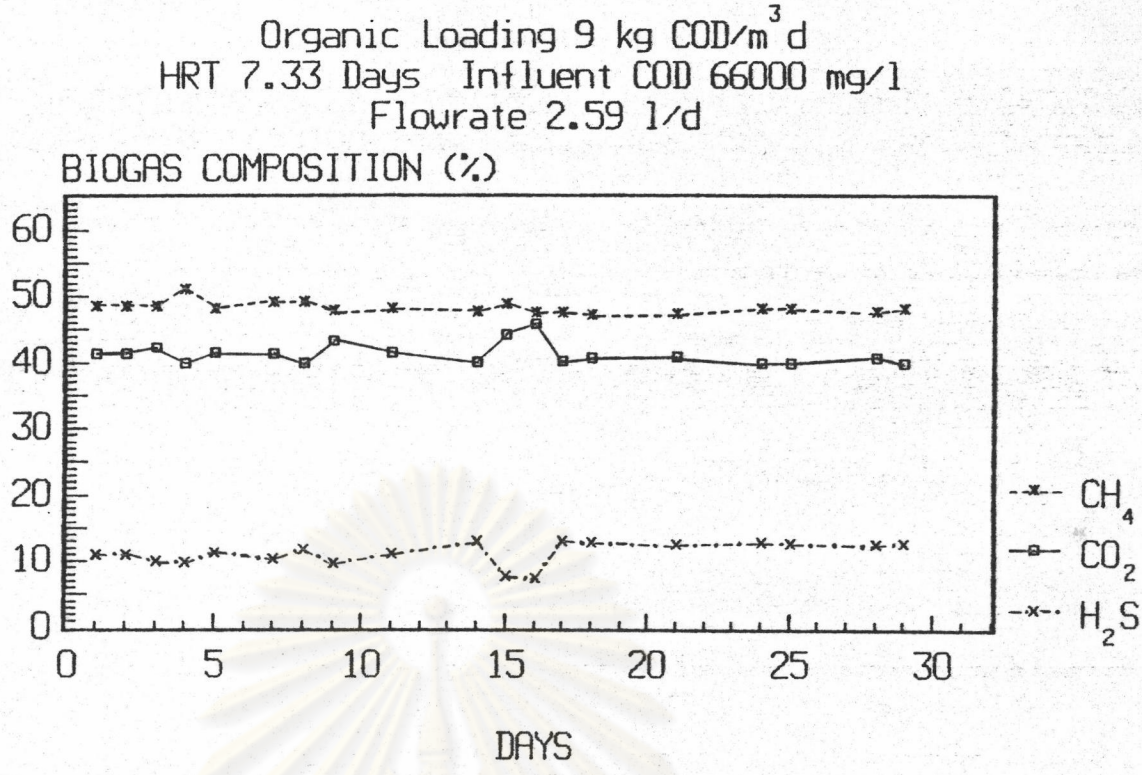
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



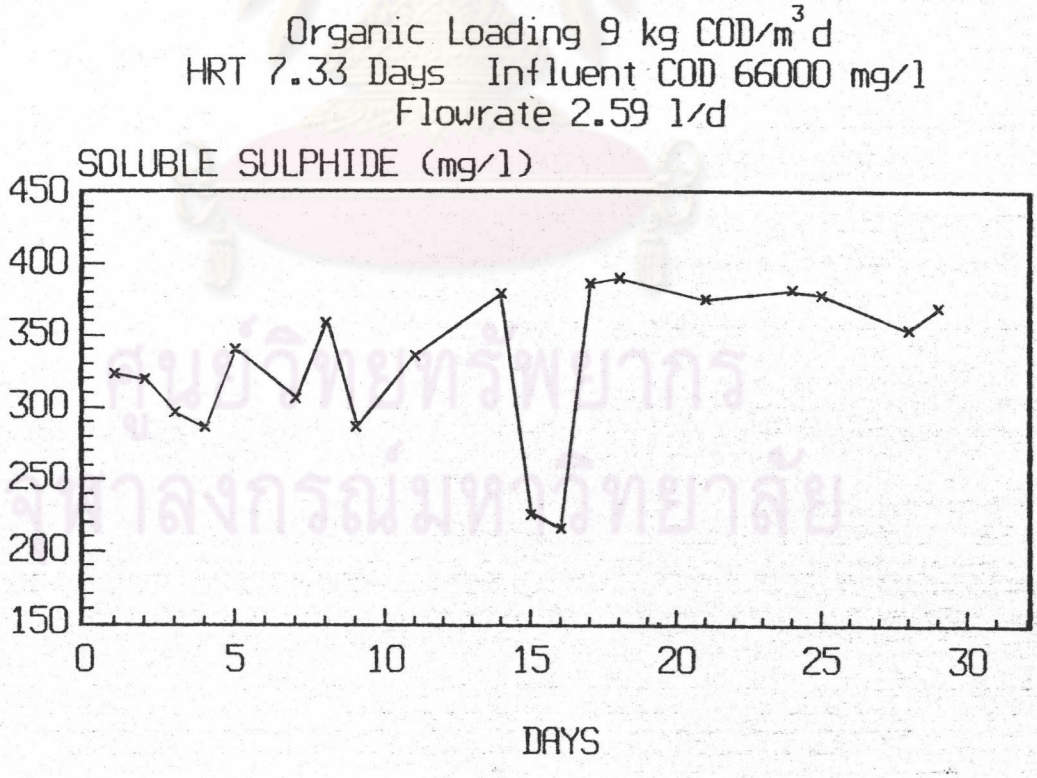
รูปที่ ข.41 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



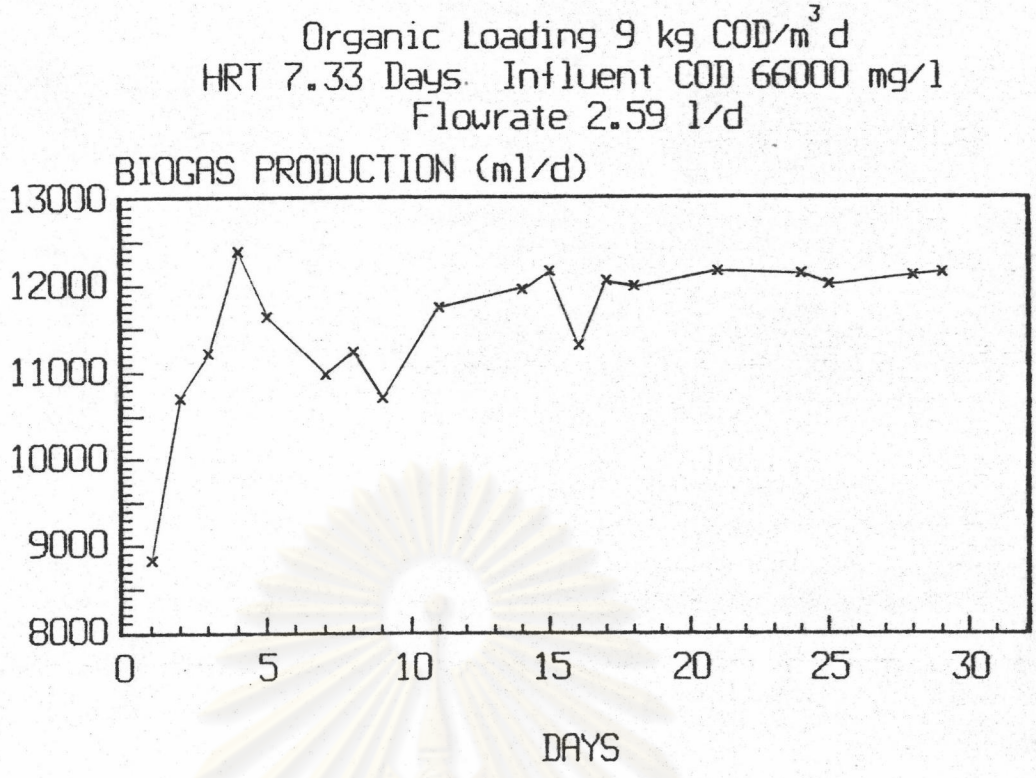
รูปที่ ข.42 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



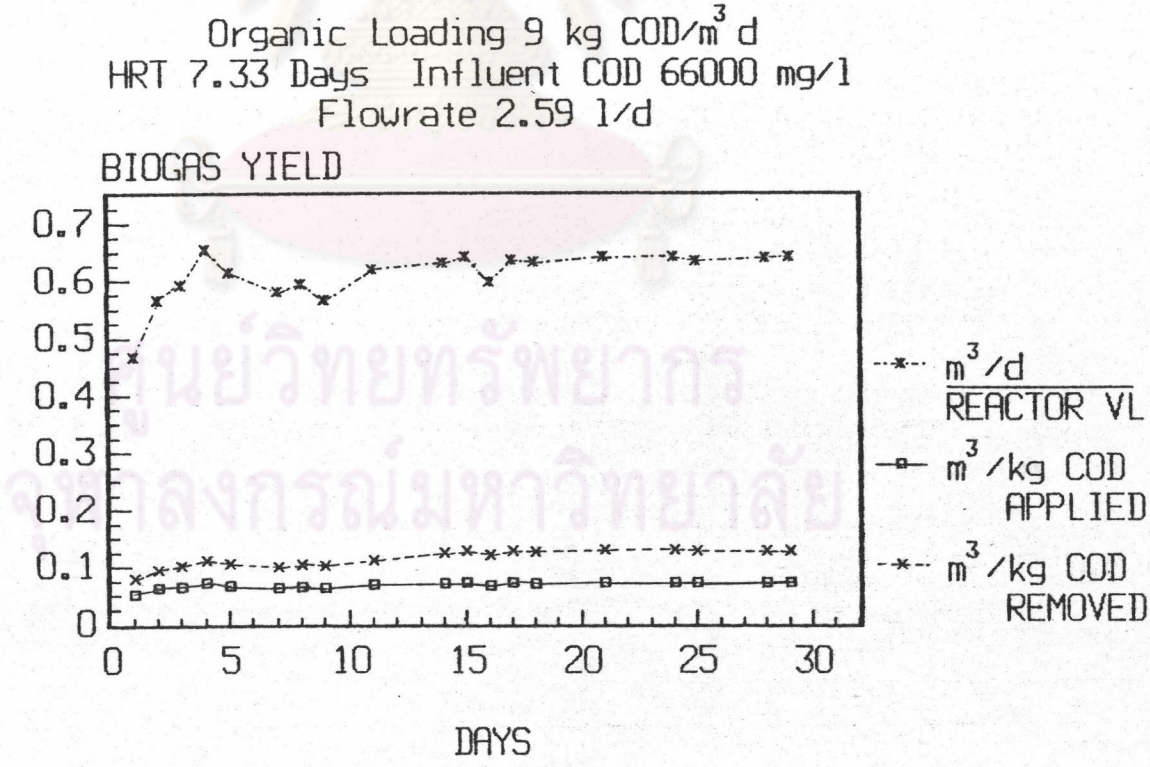
รูปที่ ข.43 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบแก๊สของระบบตลอดการทดลอง



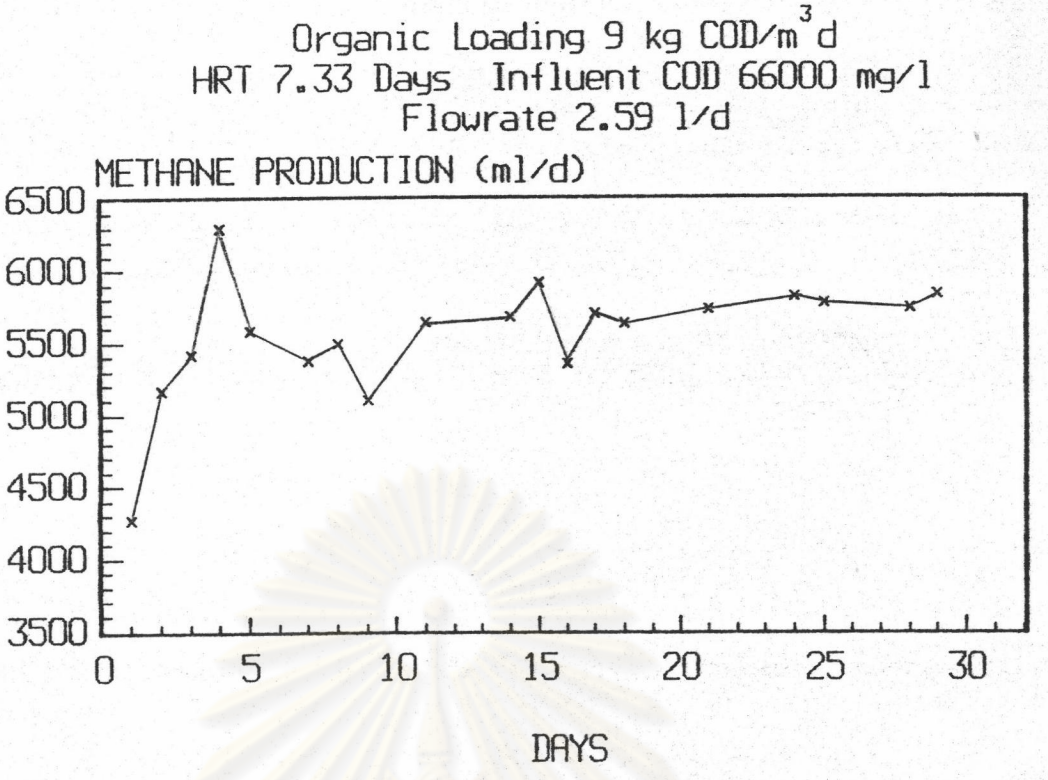
รูปที่ ข.44 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลไฟด์ส่วนที่ละลายของระบบตลอดการทดลอง



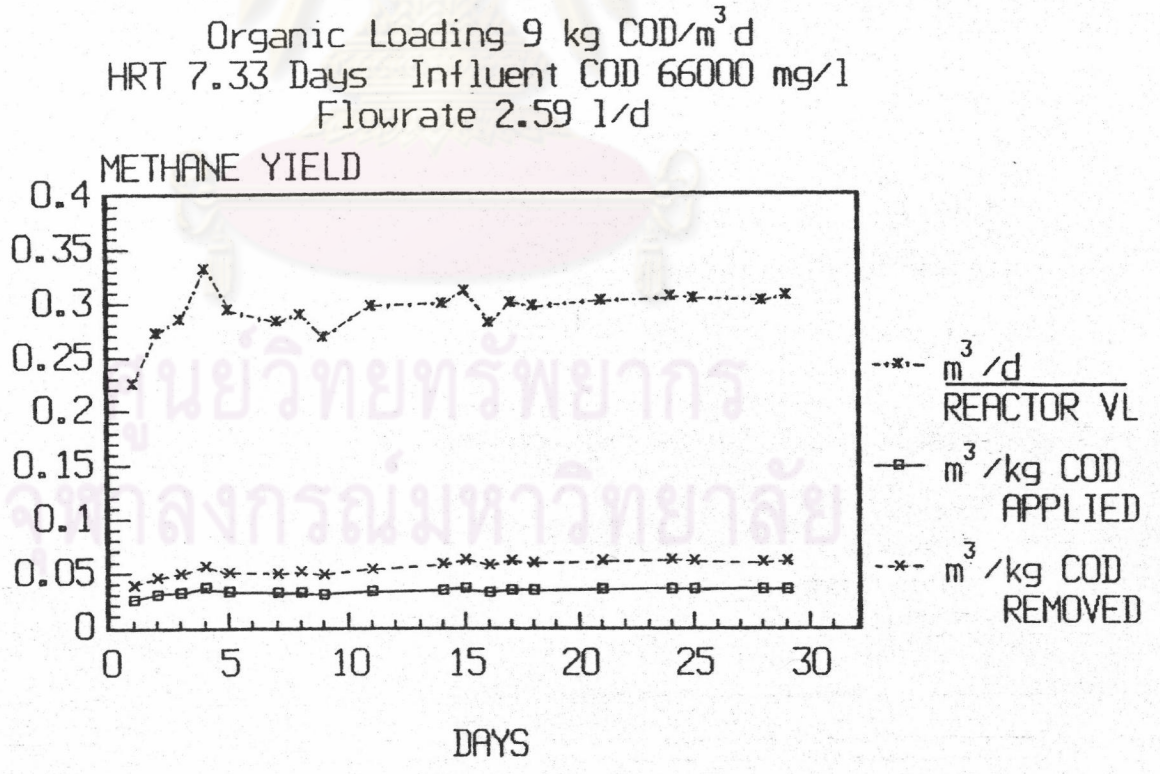
รูปที่ ข.45 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นของระบบตลอดการทดลอง



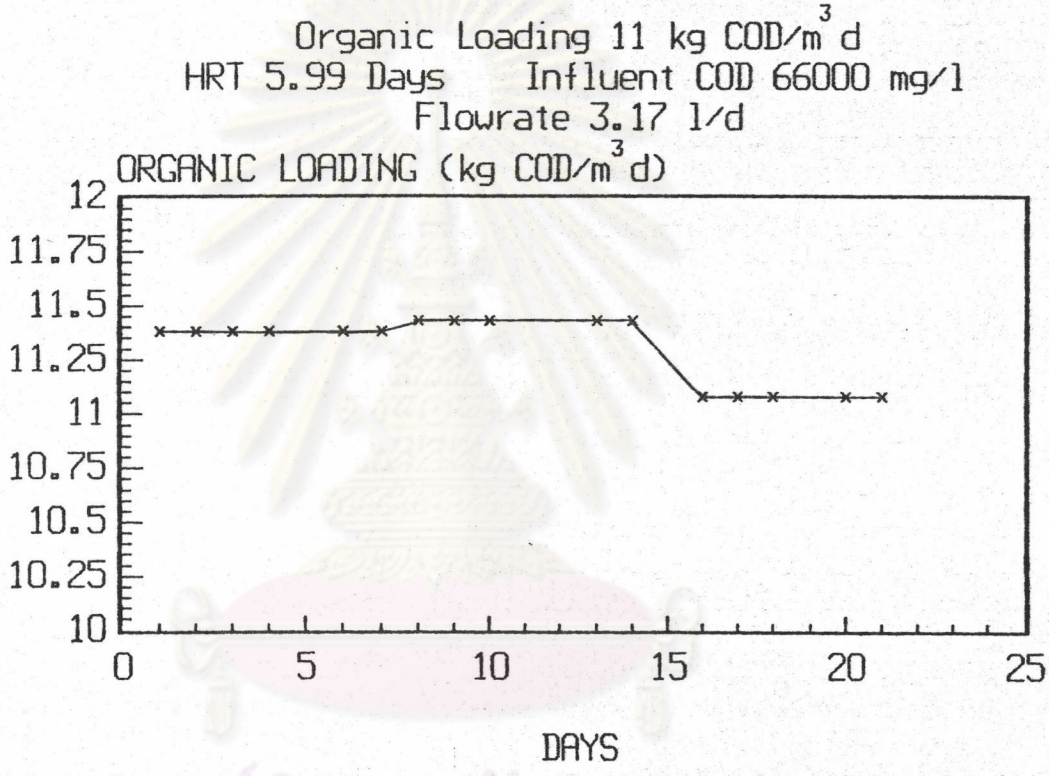
รูปที่ ข.46 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตแก๊สชีวภาพของระบบตลอดการทดลอง



รูปที่ ข.47 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สมีเทนที่เกิดขึ้นของระบบตลอดการทดลอง

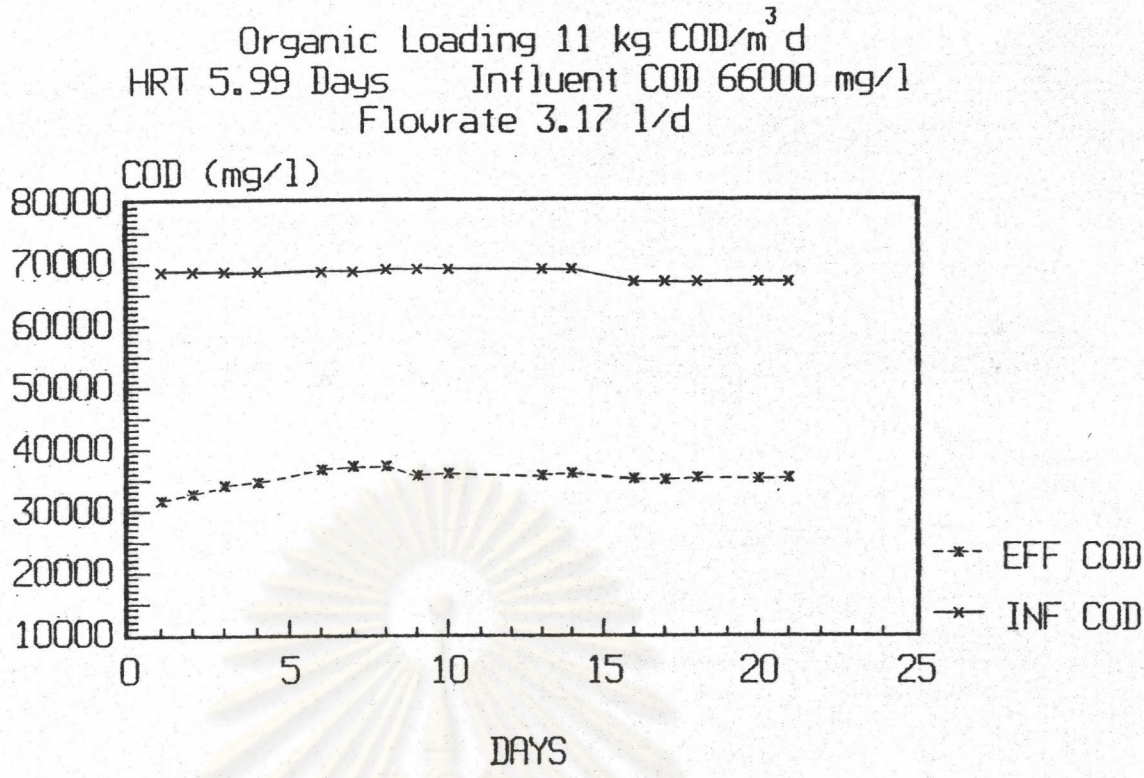


รูปที่ ข.48 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตแก๊สมีเทนของระบบตลอดการทดลอง

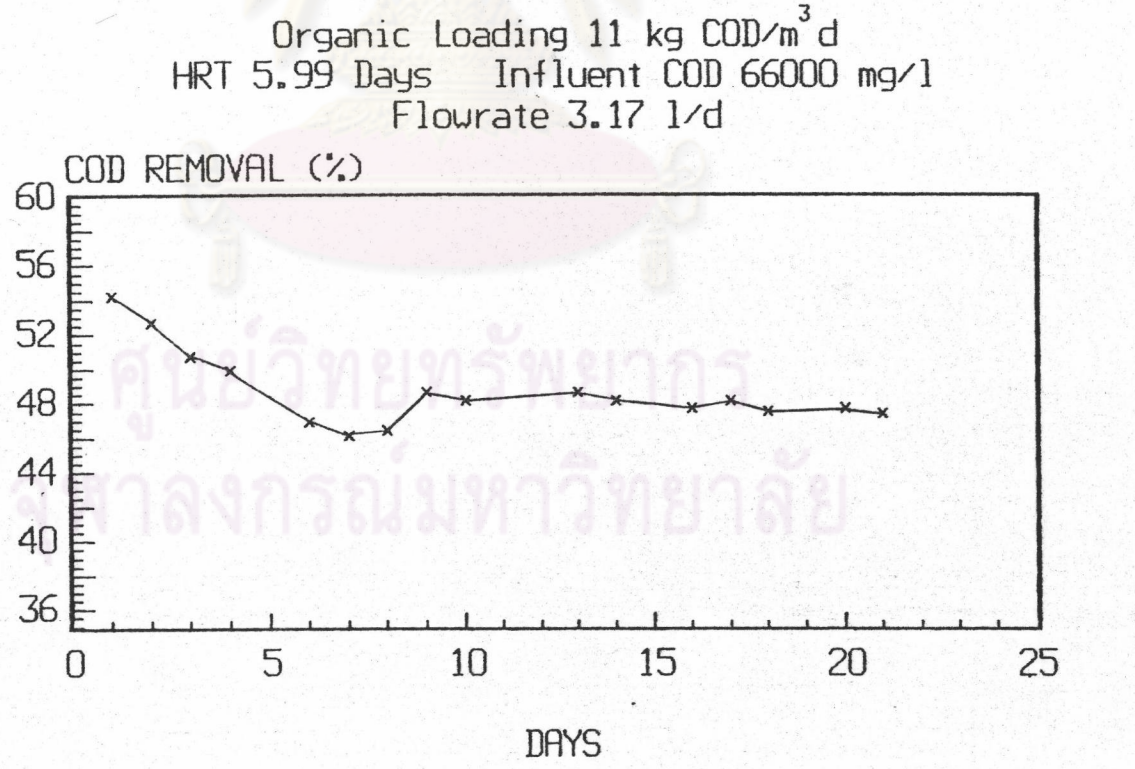


รูปที่ ข.49 การเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการรับสารอินทรีย์ตลอดการทดลอง

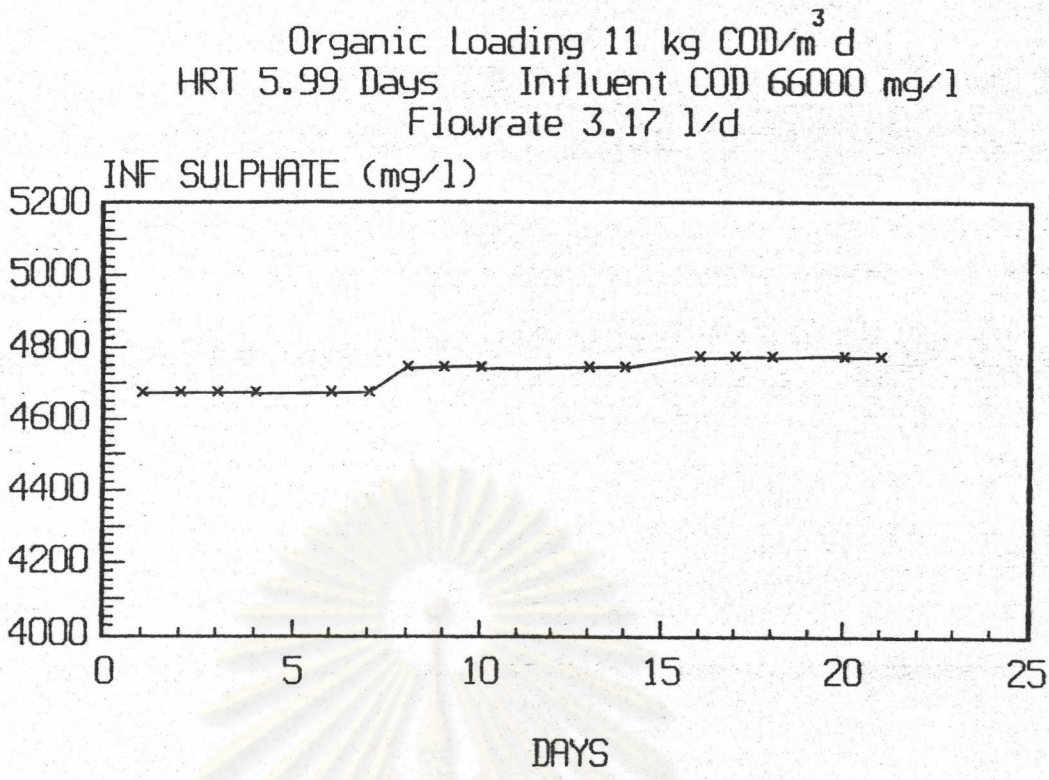
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



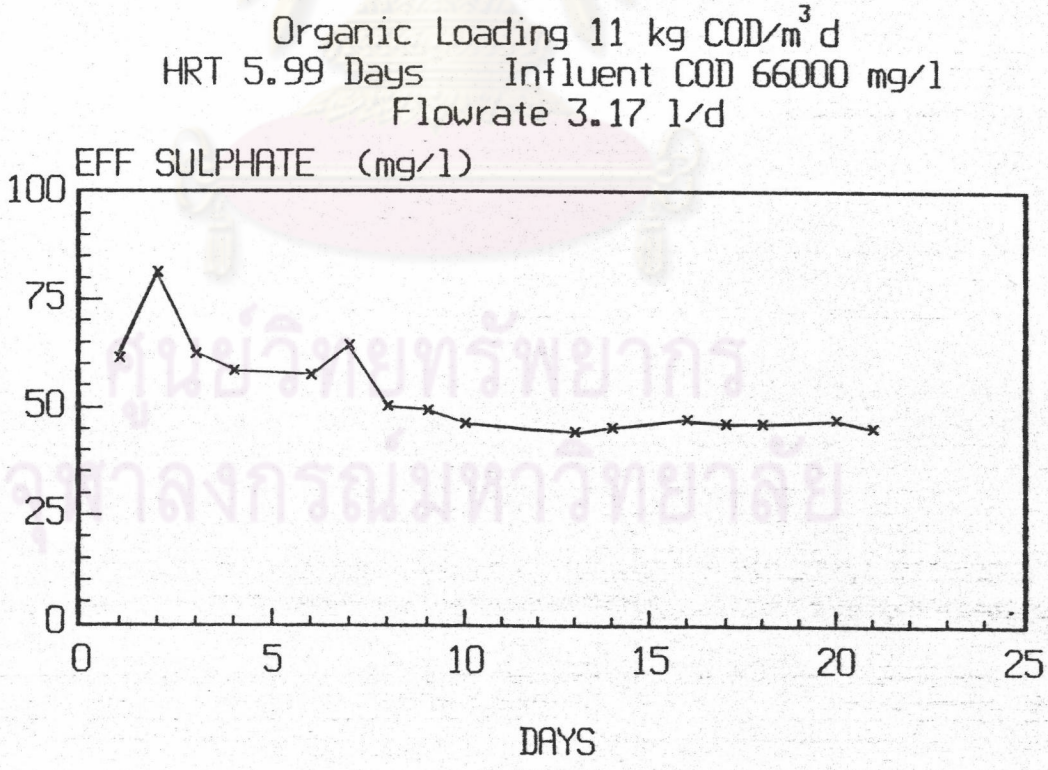
รูปที่ ฆ.50 การเปลี่ยนแปลงค่า COD ของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



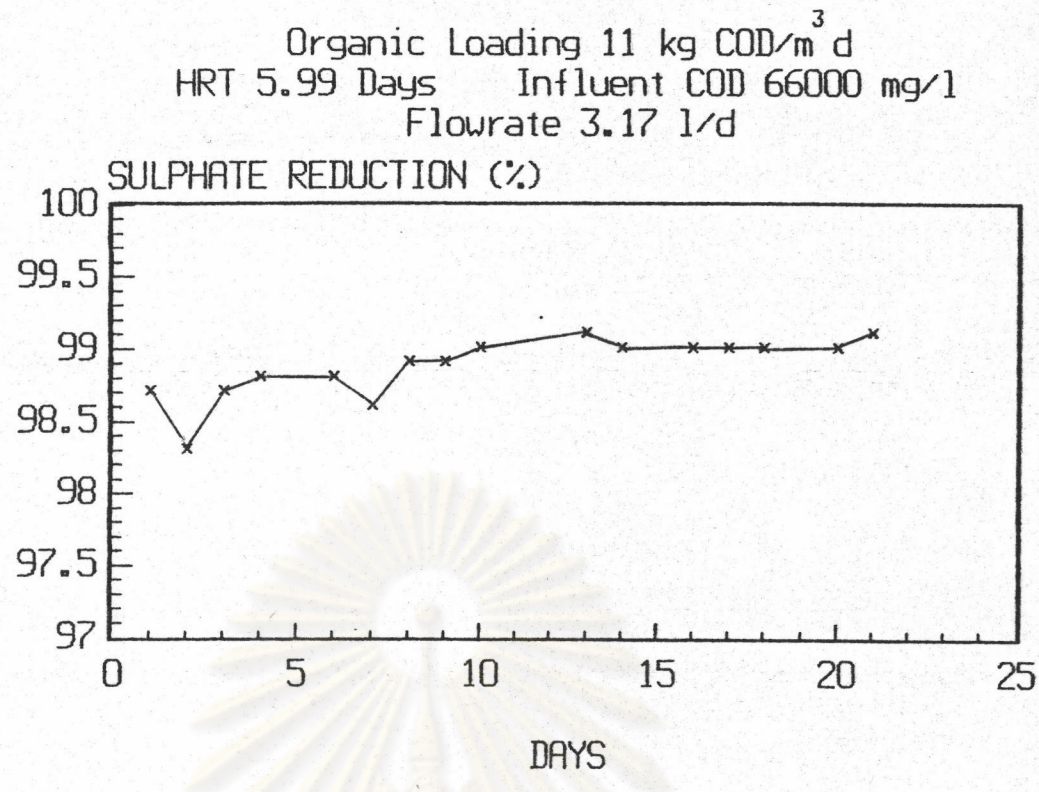
รูปที่ ฆ.51 การเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพการกำจัด COD ตลอดการทดลอง



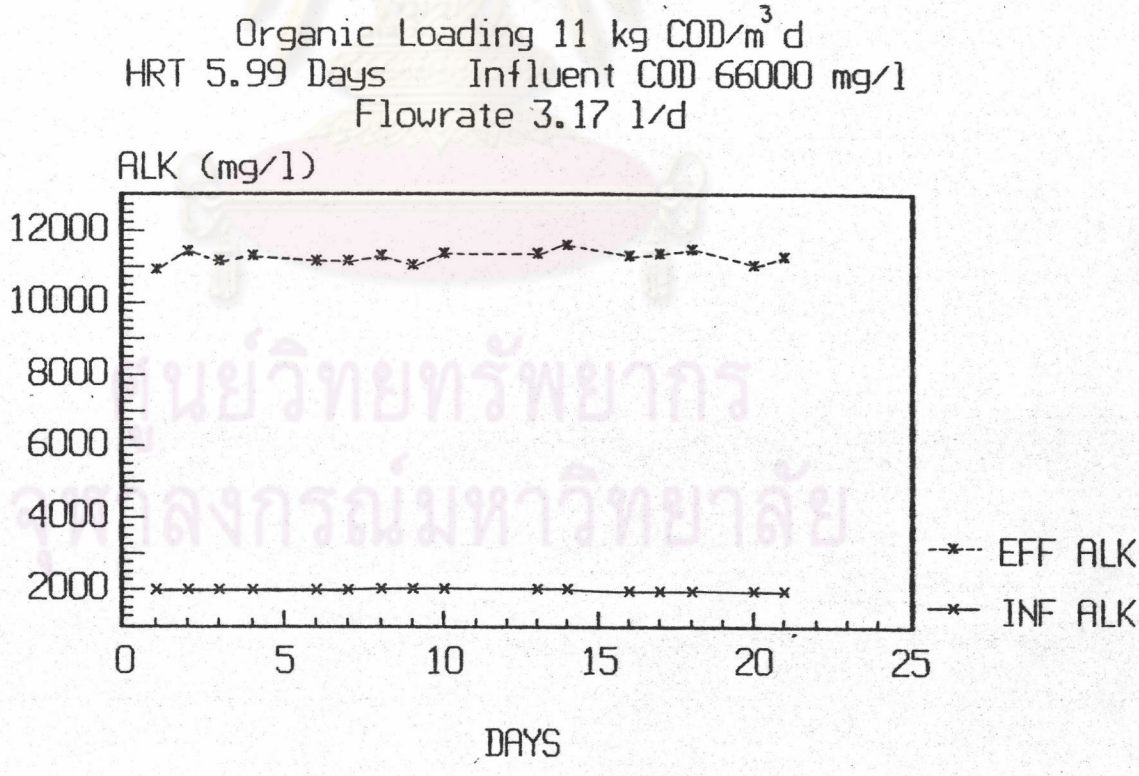
รูปที่ ข.52 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารซัลเฟตของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ ระบบตลอดการทดลอง



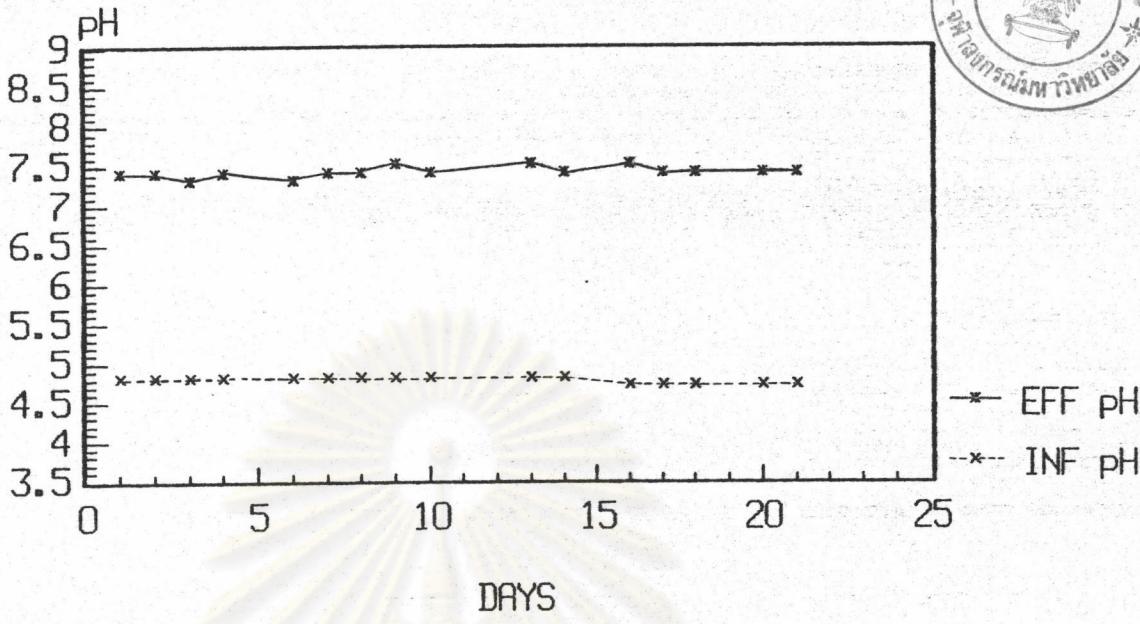
รูปที่ ข.53 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารซัลเฟตของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



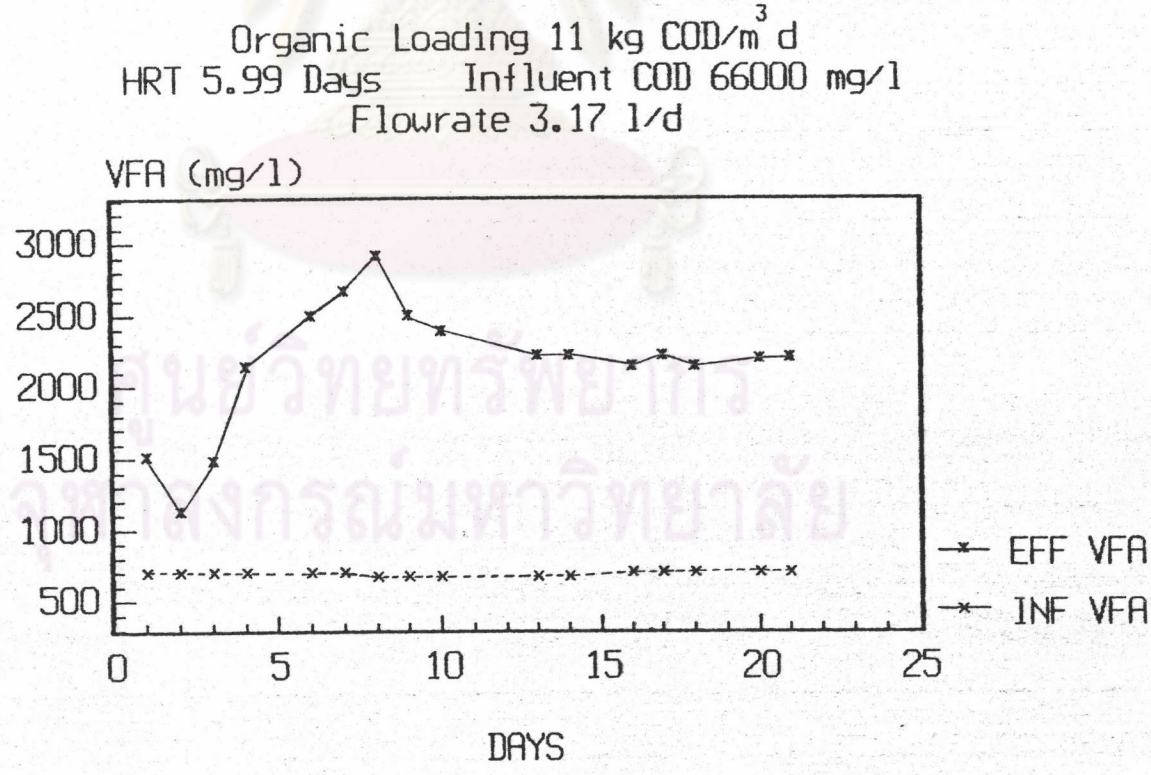
รูปที่ ข.54 การเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพการกำจัดสารซัลเฟตตลอดการทดลอง



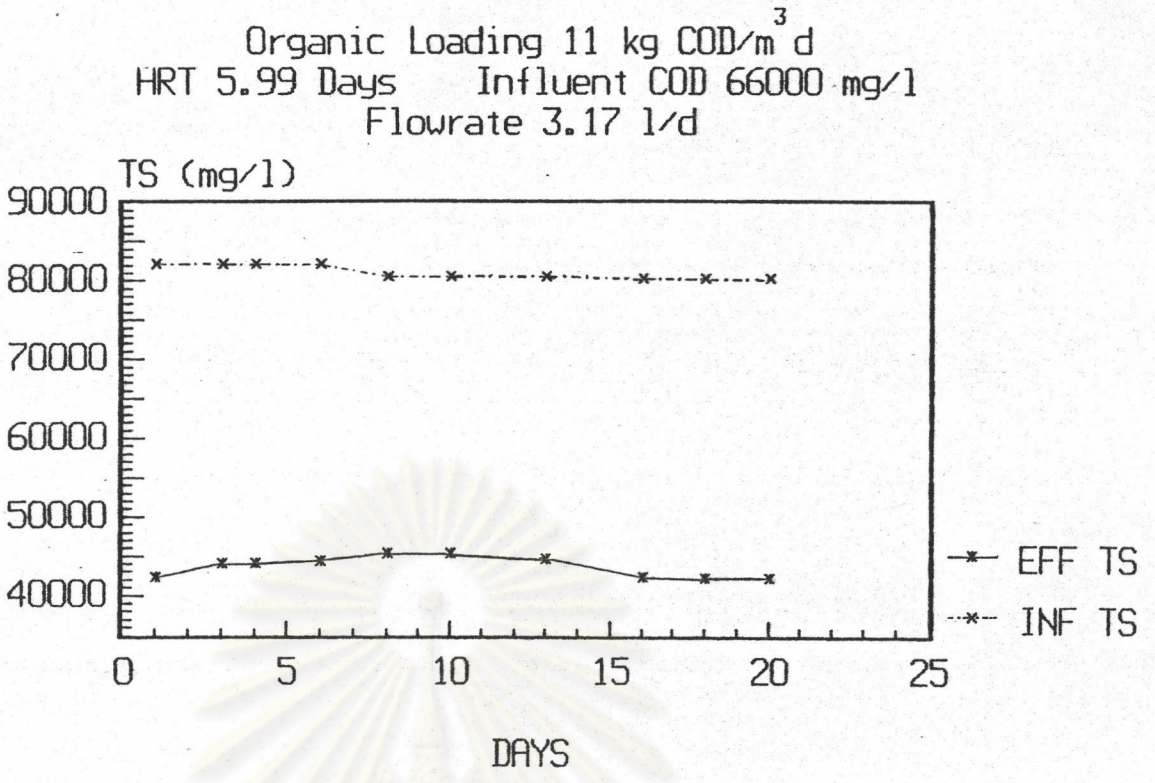
รูปที่ ข.55 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



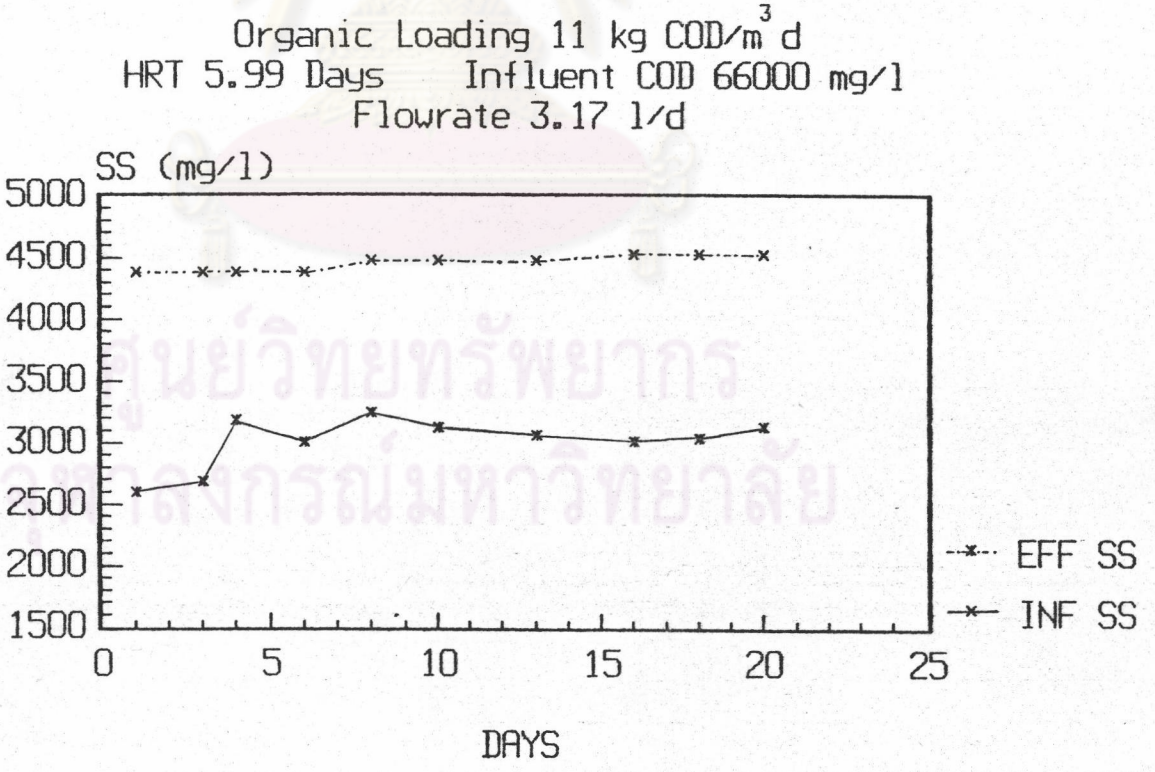
รูปที่ ข.56 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



รูปที่ ข.57 การเปลี่ยนแปลงค่ากรดไขมันระเหยของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง

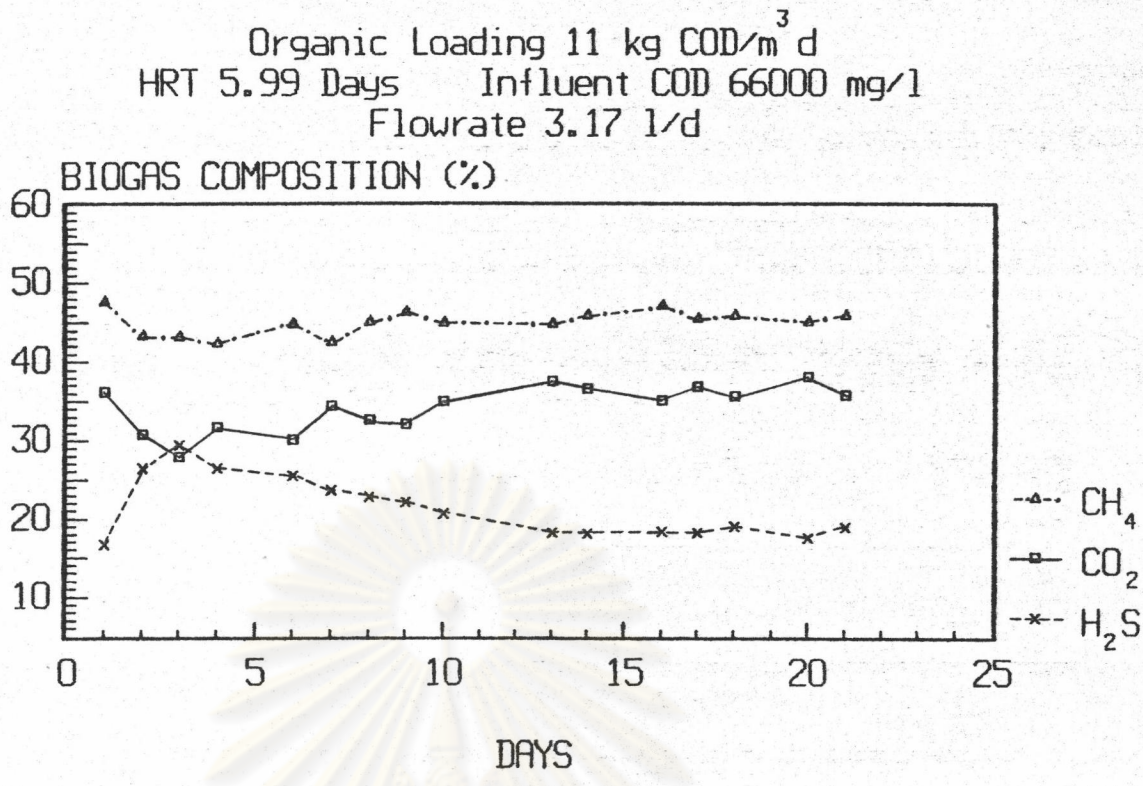


รูปที่ ข.58 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง

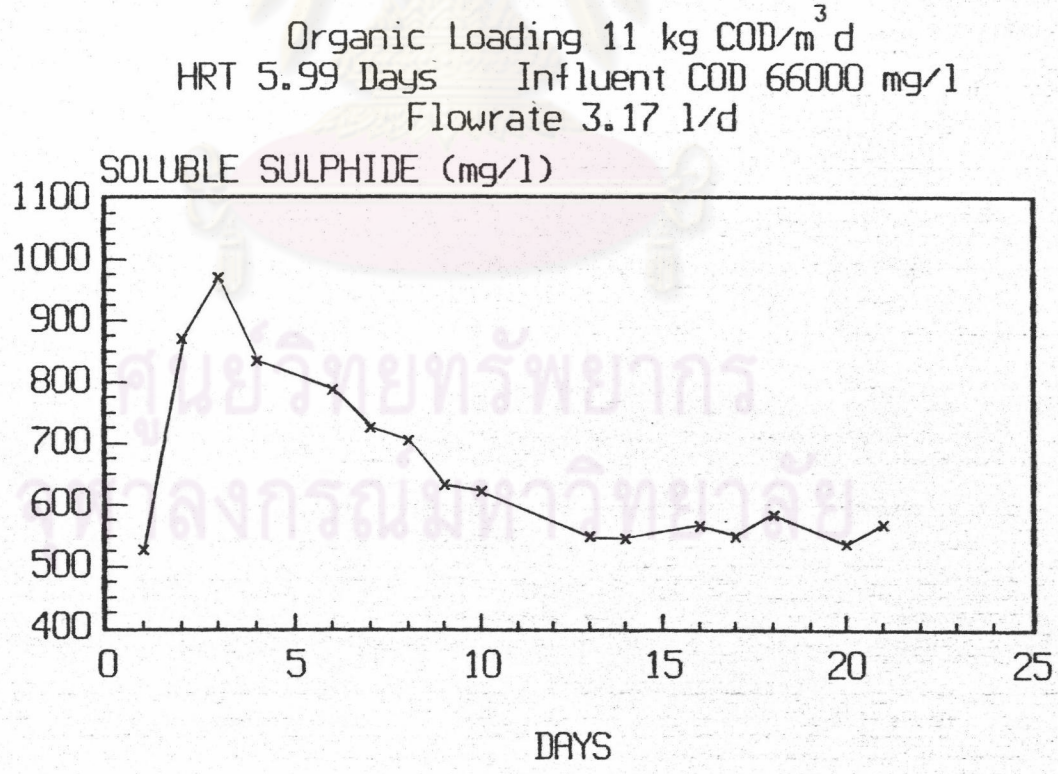


รูปที่ ข.59 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง

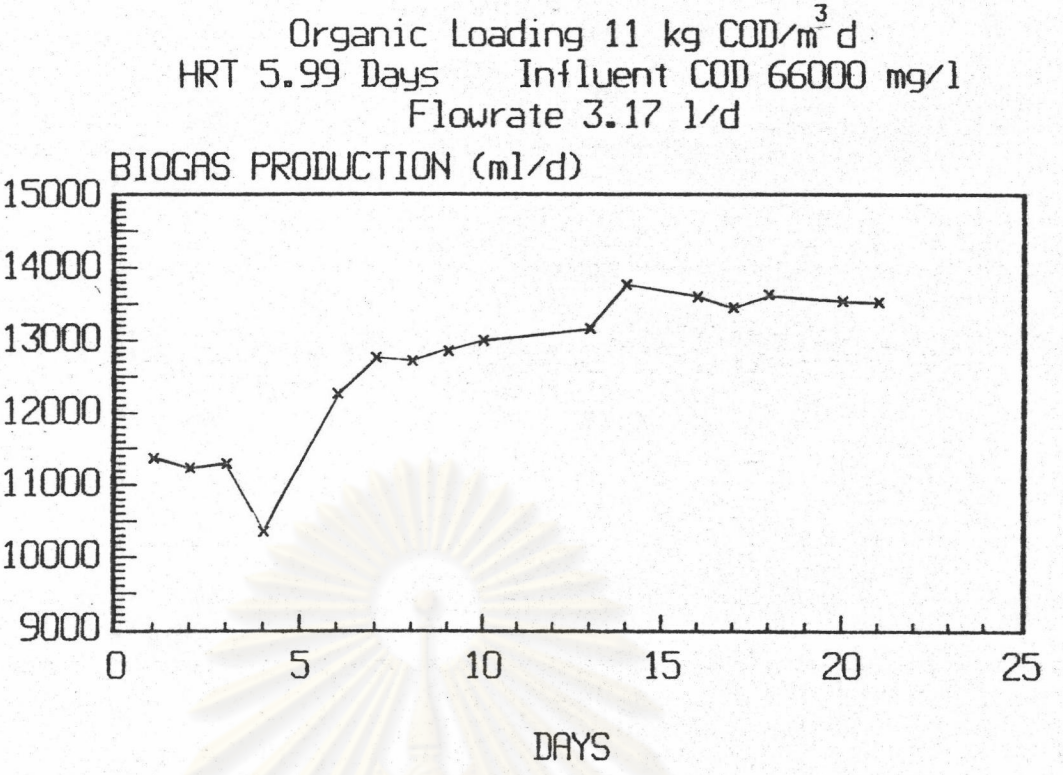
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



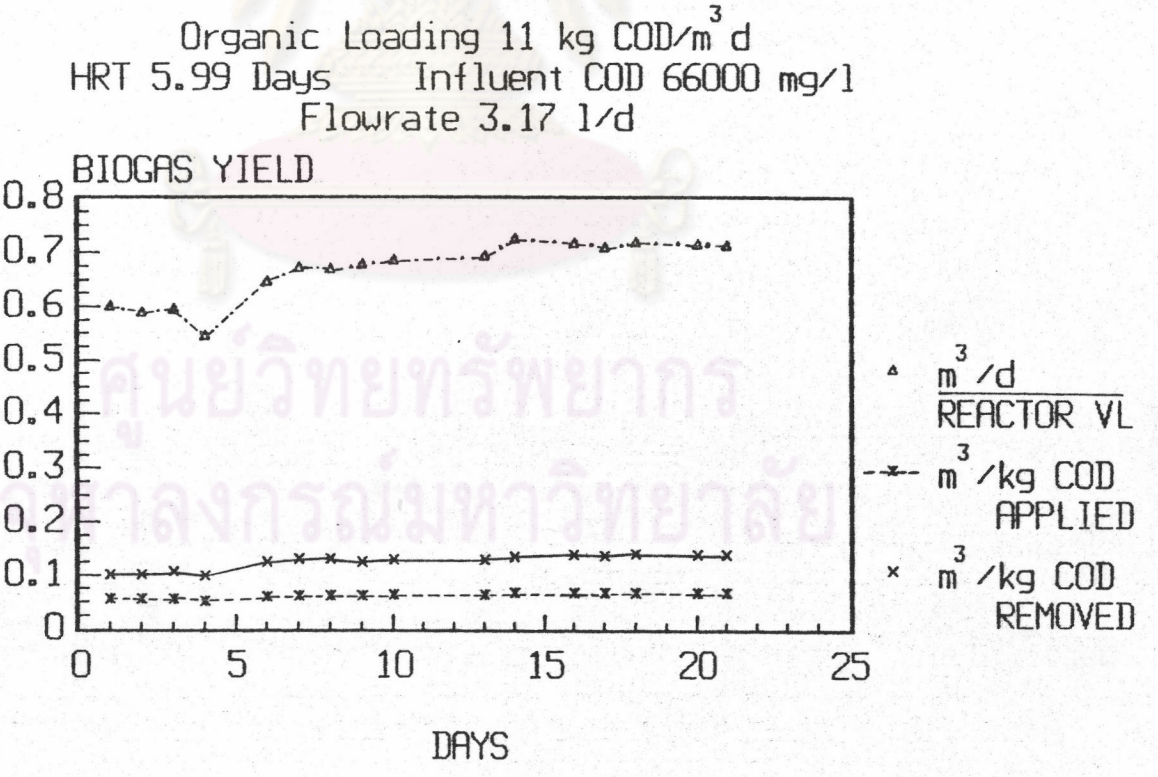
รูปที่ ข.60 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบแก๊สของระบบตลอดการทดลอง



รูปที่ ข.61 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลไฟด์ส่วนที่ละลายของระบบตลอดการทดลอง

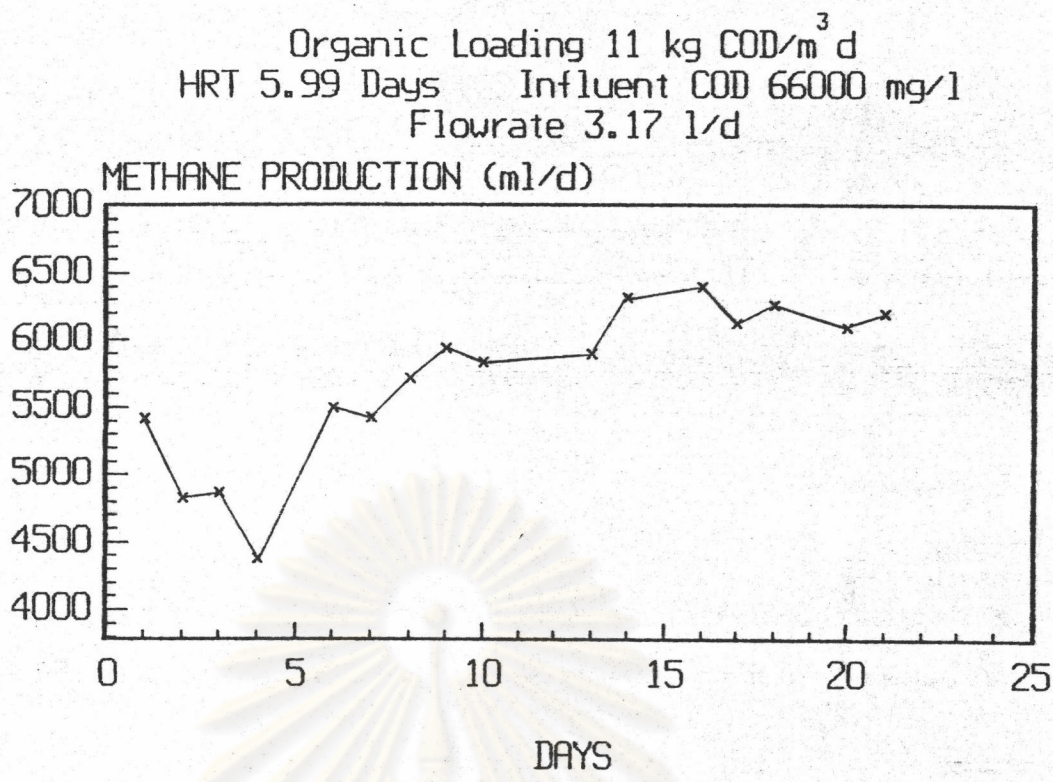


รูปที่ ข.62 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นของระบบตลอดการทดลอง

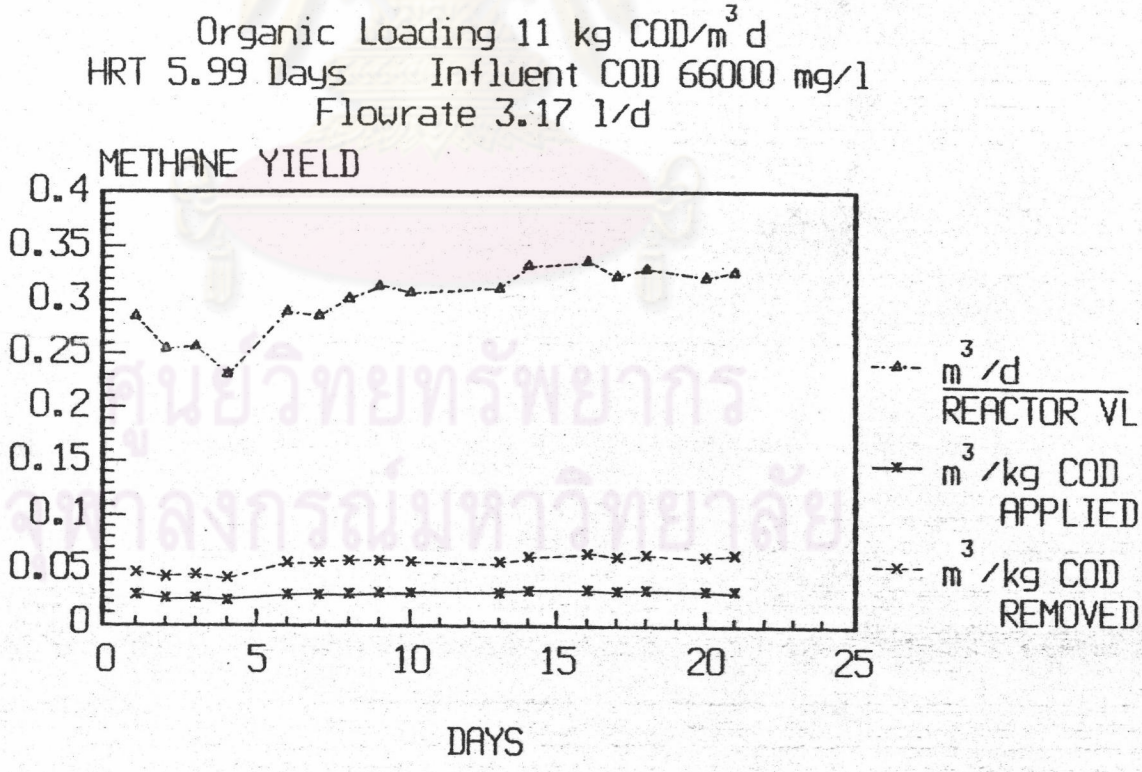


รูปที่ ข.63 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตแก๊สชีวภาพของระบบตลอดการทดลอง

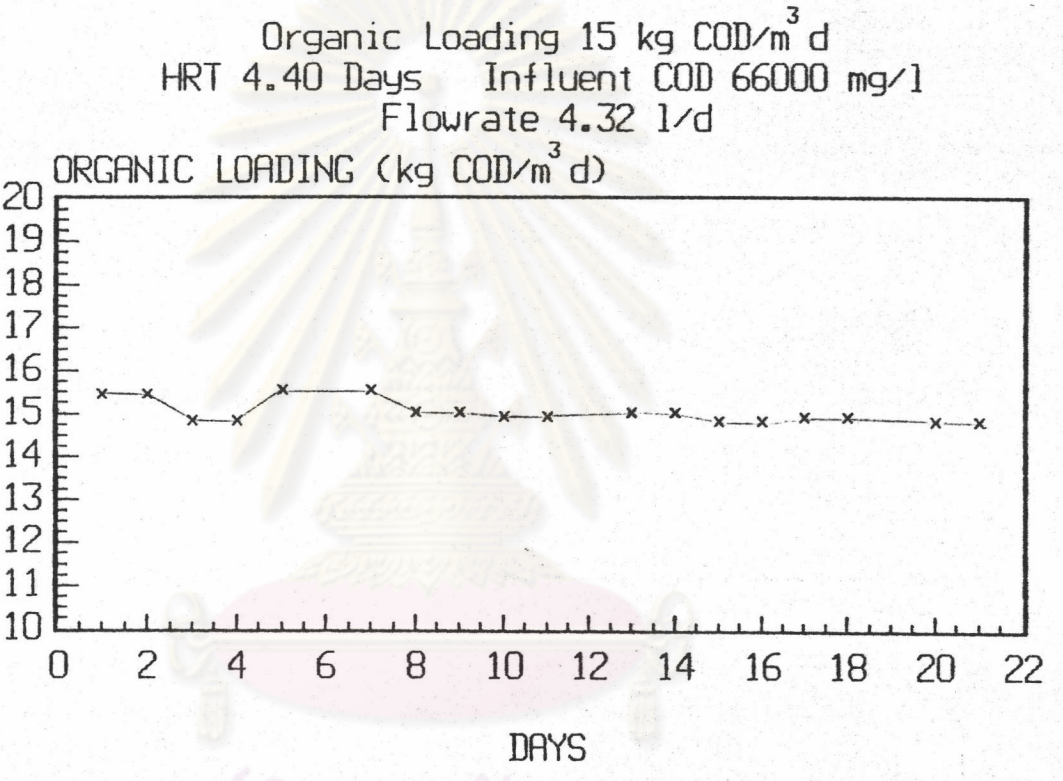
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ข.64 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สมีเทนที่เกิดขึ้นของระบบตลอดการทดลอง

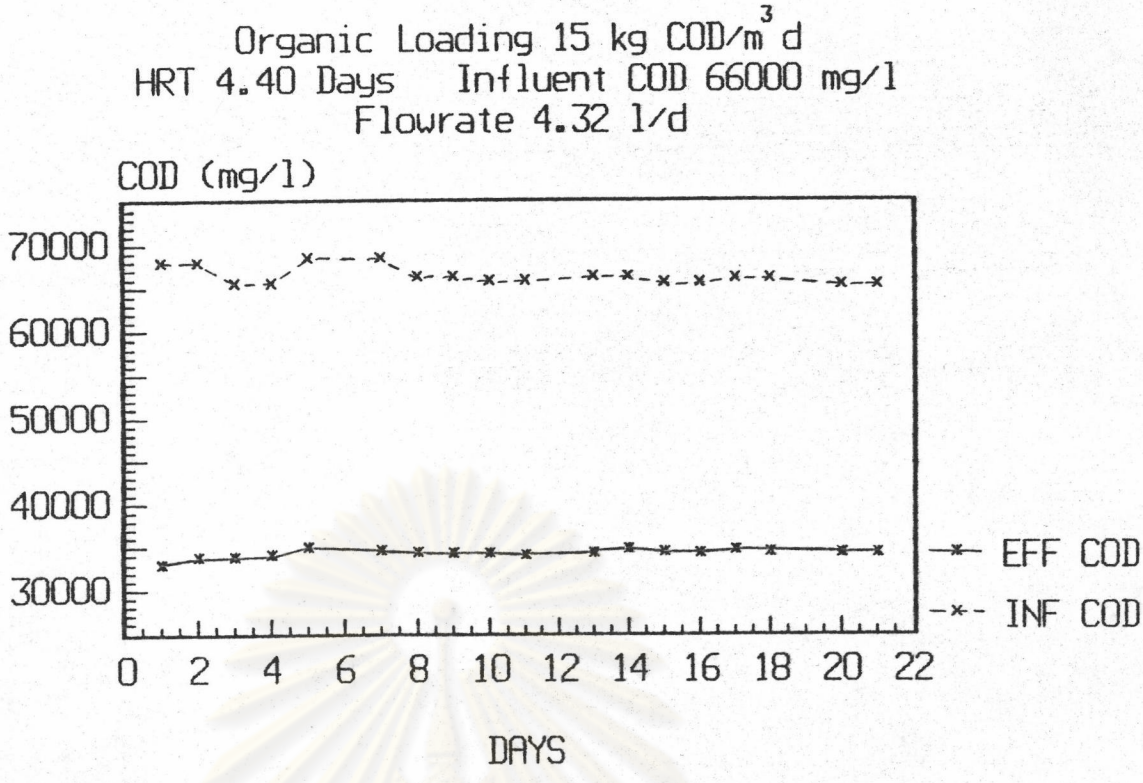


รูปที่ ข.65 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตแก๊สมีเทนของระบบตลอดการทดลอง

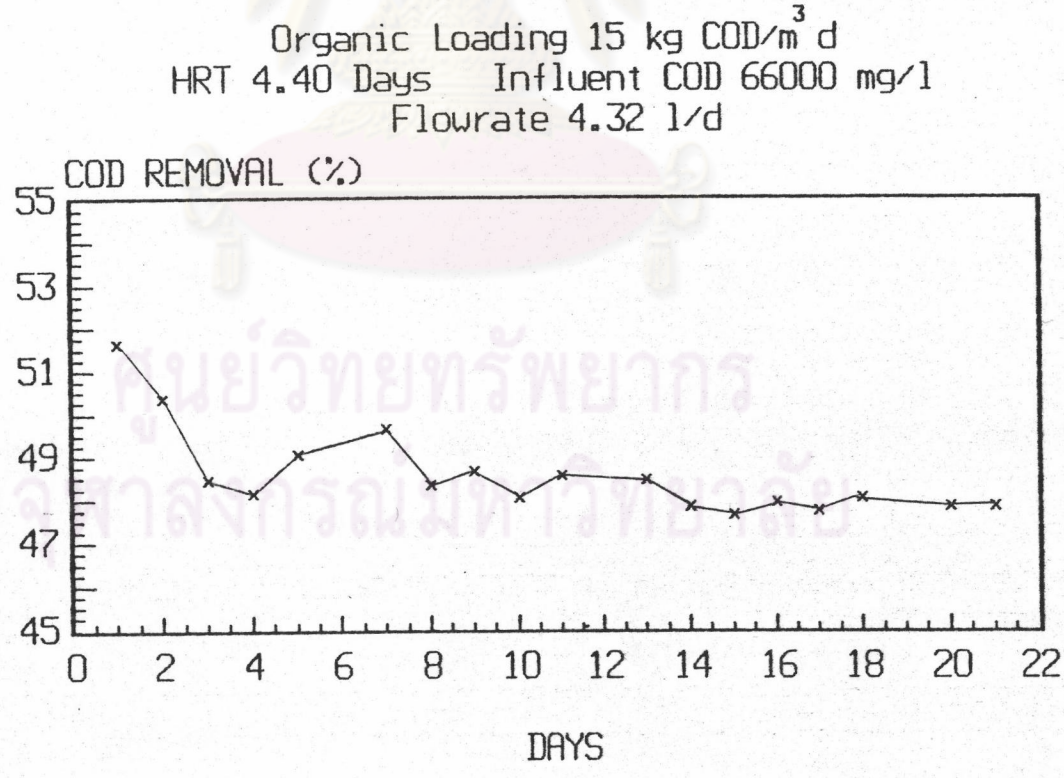


รูปที่ ข. 66 การเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการรับสารอินทรีย์ตลอดการทดลอง

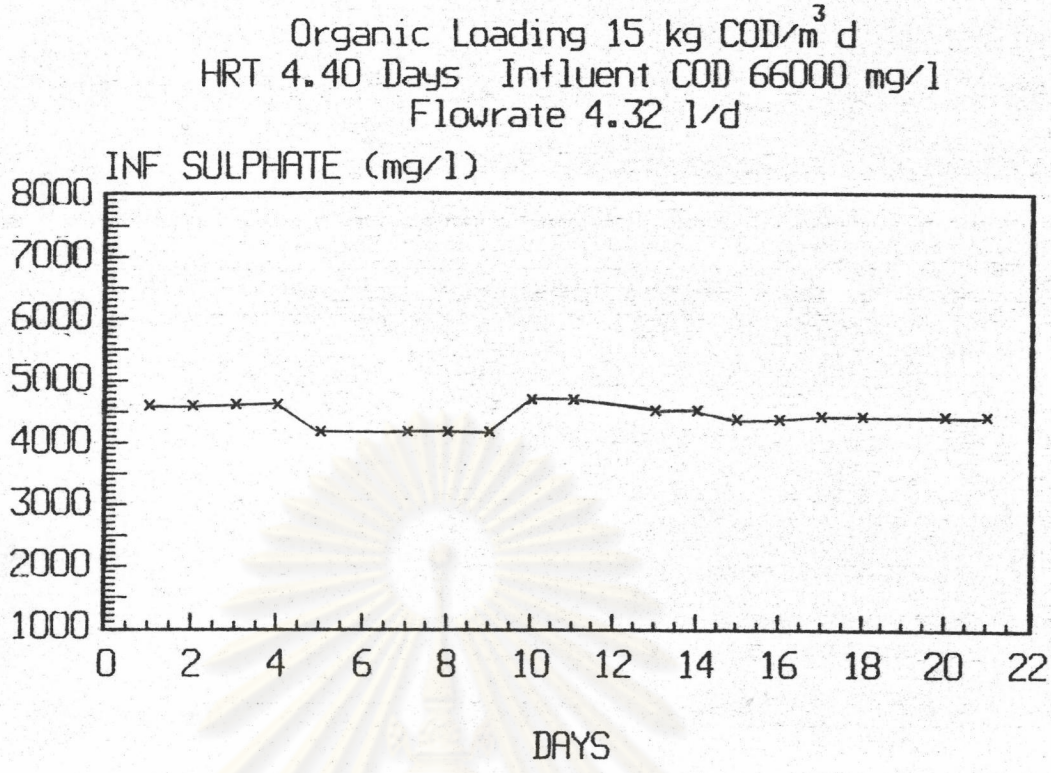
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



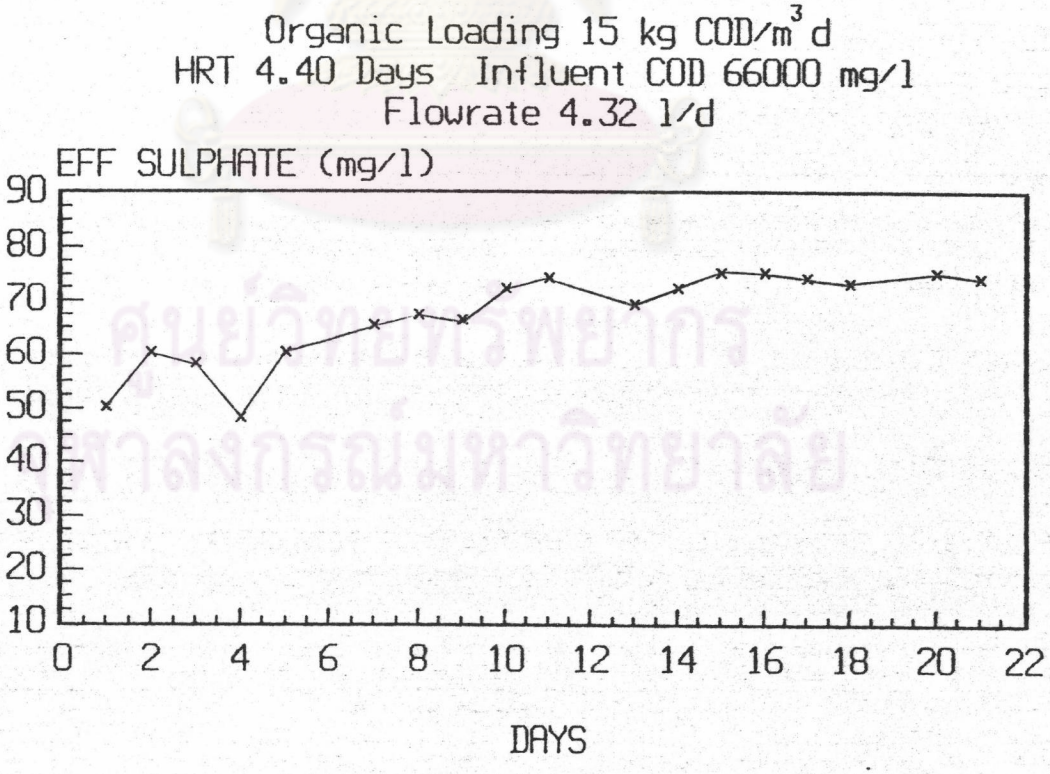
รูปที่ ข.67 การเปลี่ยนแปลงค่า COD ของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



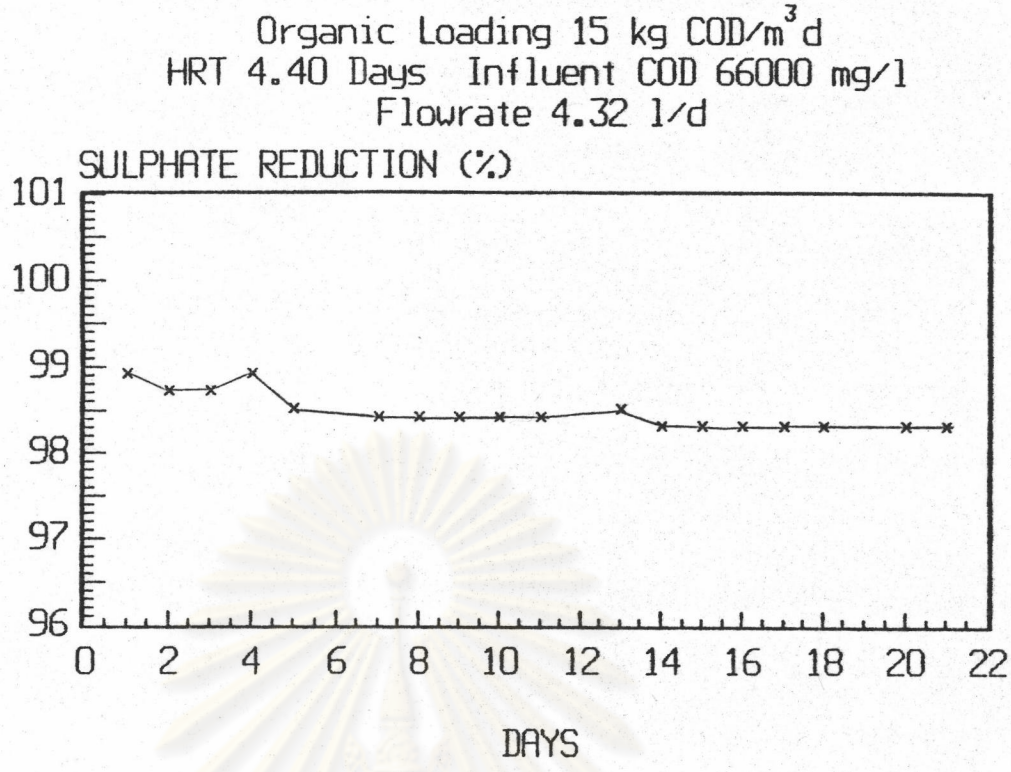
รูปที่ ข.68 การเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพการกำจัด COD ตลอดการทดลอง



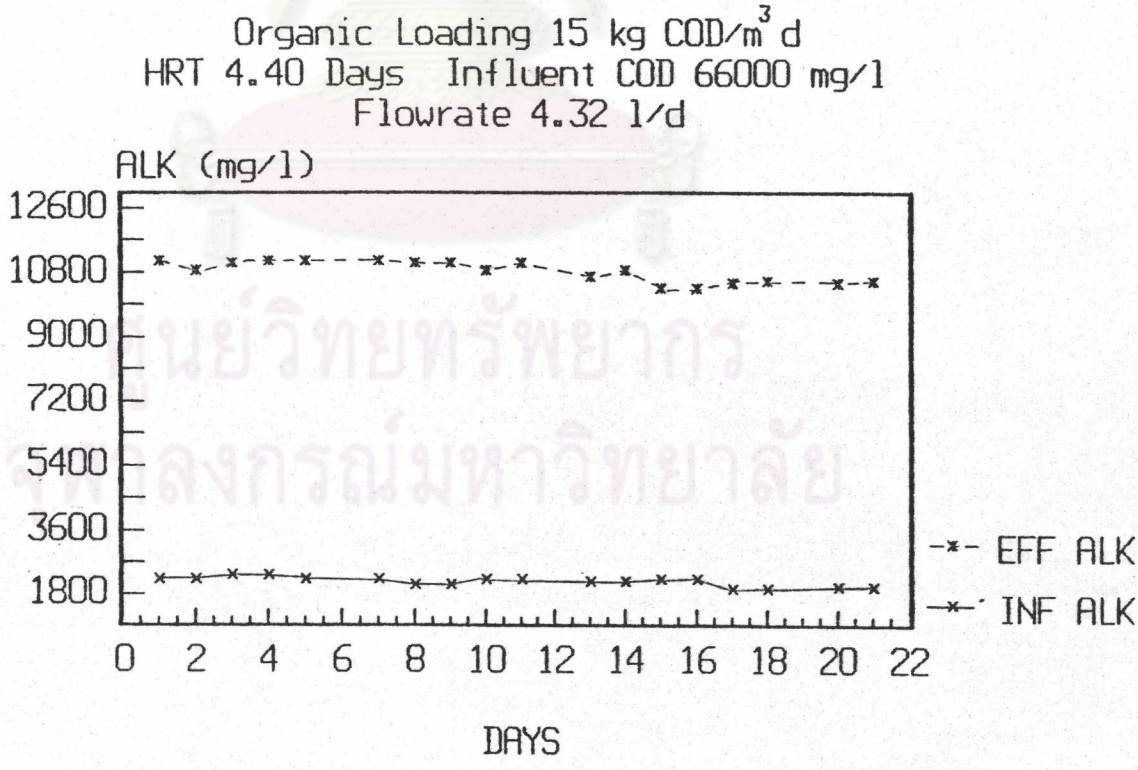
รูปที่ ข. 69 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารซัลเฟตของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ ระบบตลอดการทดลอง



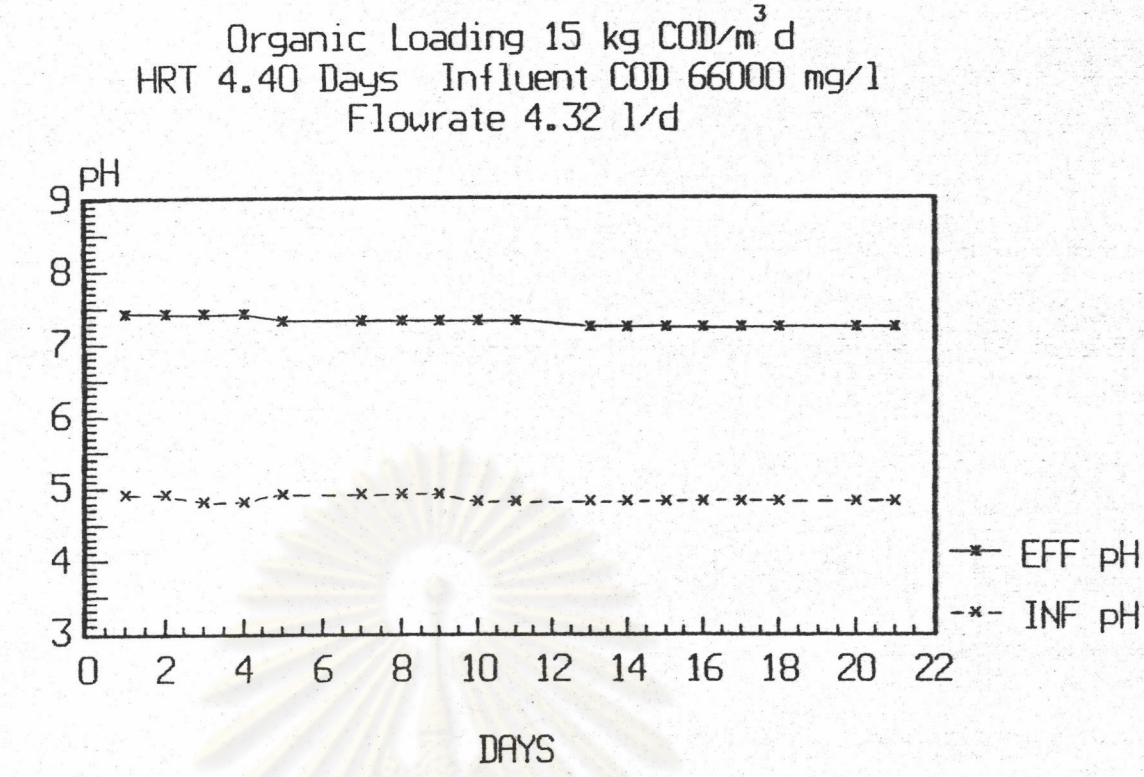
รูปที่ ข. 70 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารซัลเฟตของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



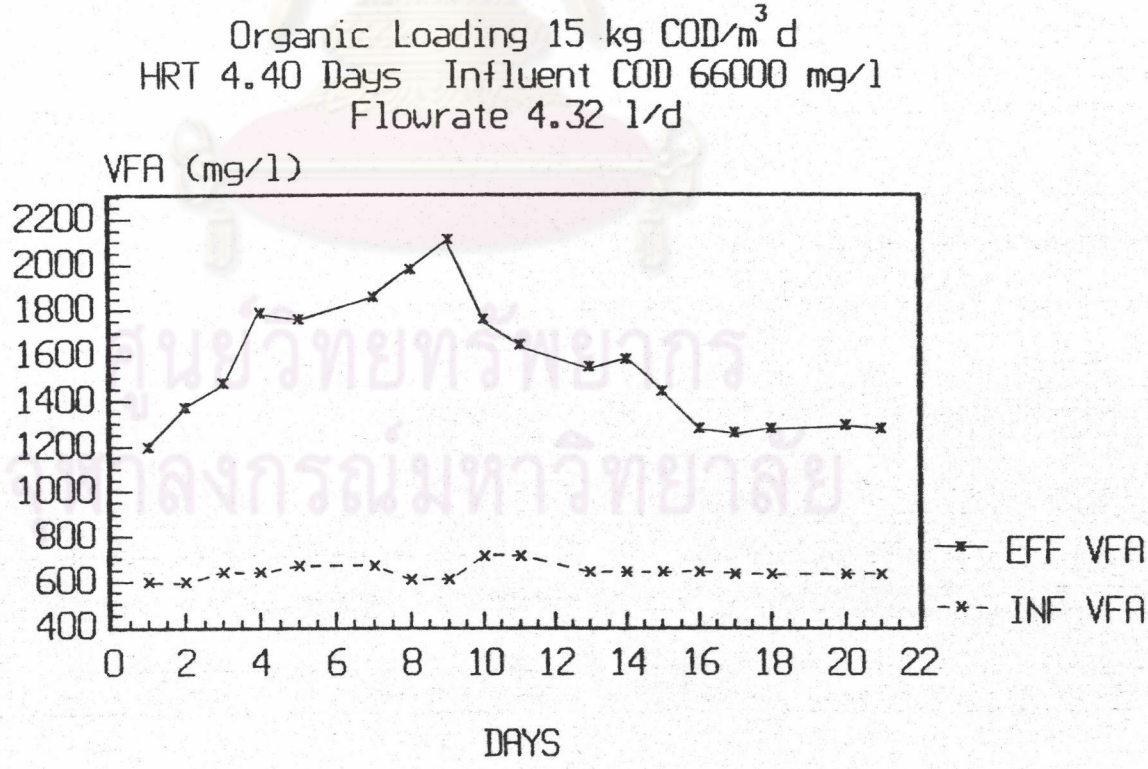
รูปที่ ข. 71 การเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพการกำจัดสารซัลเฟตตลอดการทดลอง



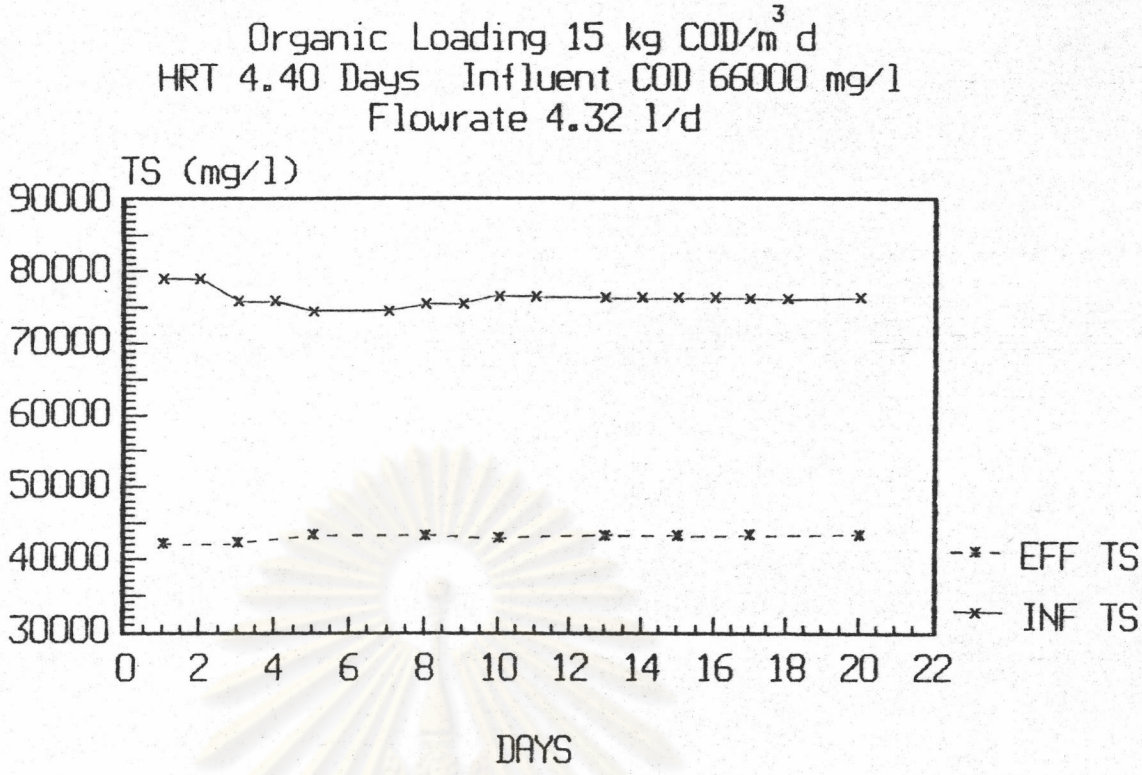
รูปที่ ข. 72 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



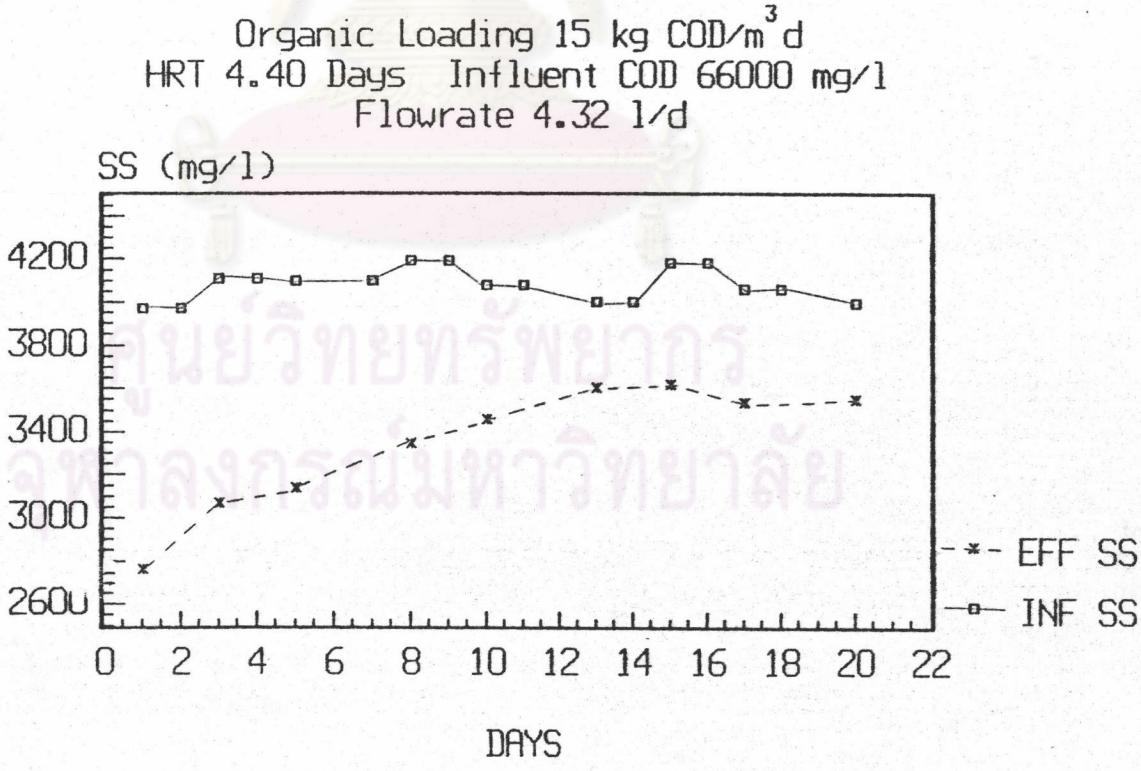
รูปที่ ข.73 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



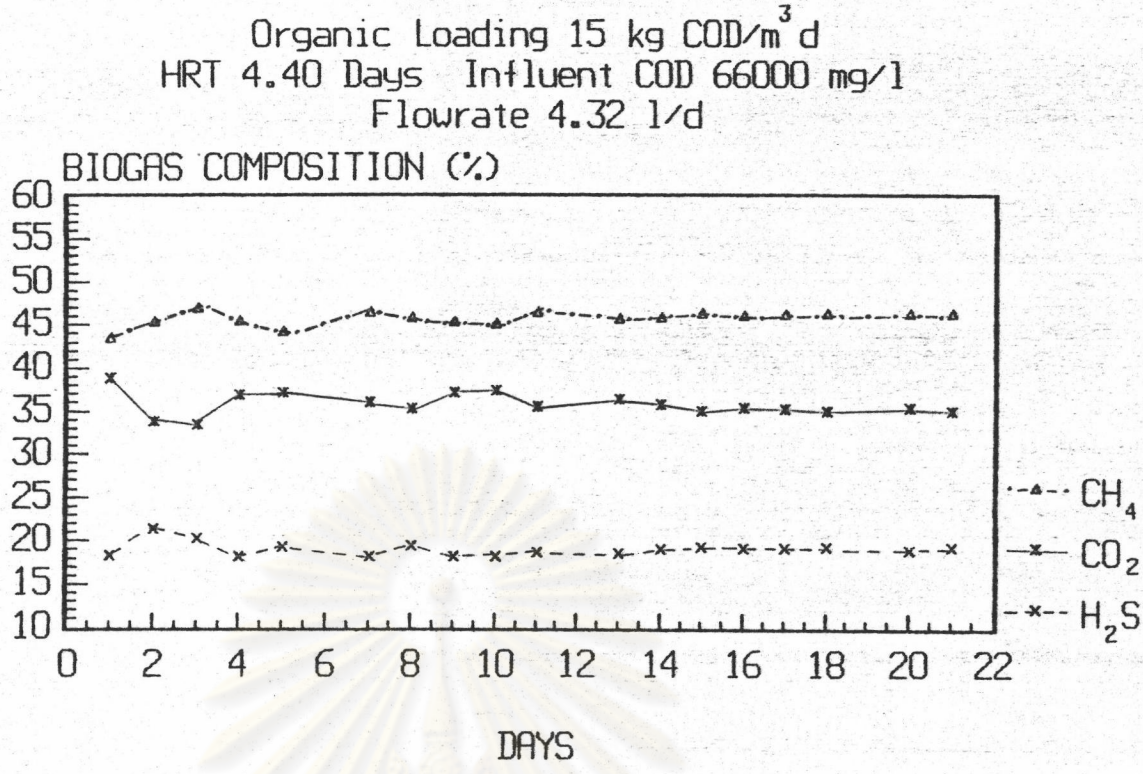
รูปที่ ข.74 การเปลี่ยนแปลงค่ากรดไขมันระเหยของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



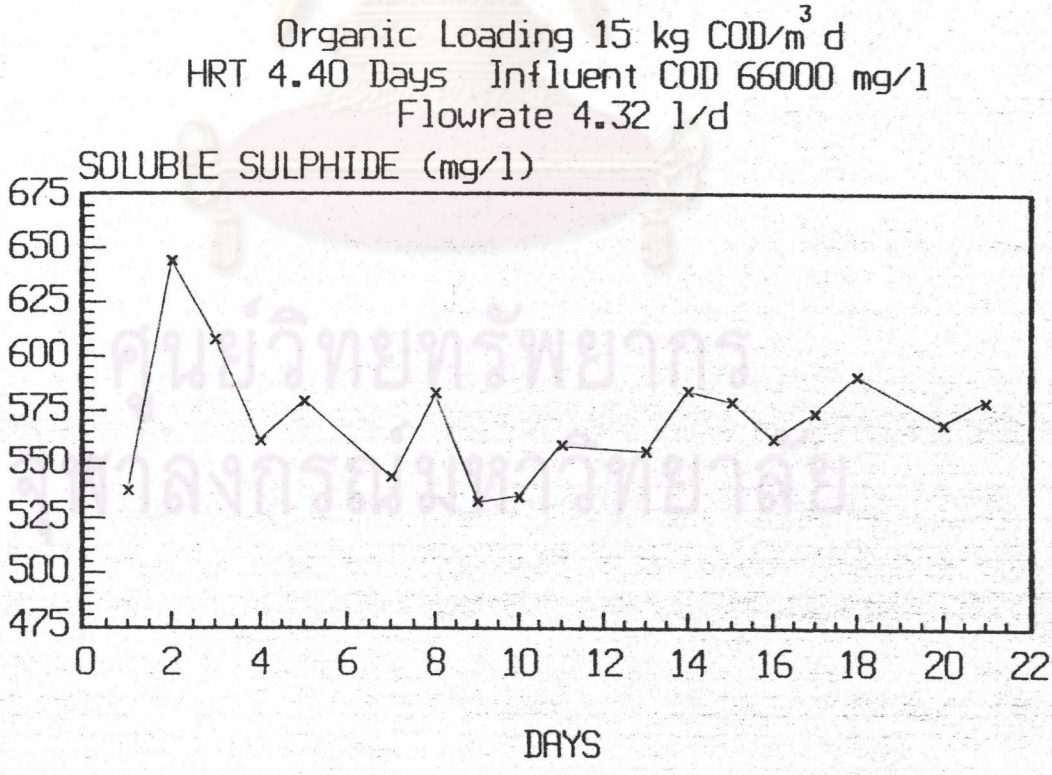
รูปที่ ข.75 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



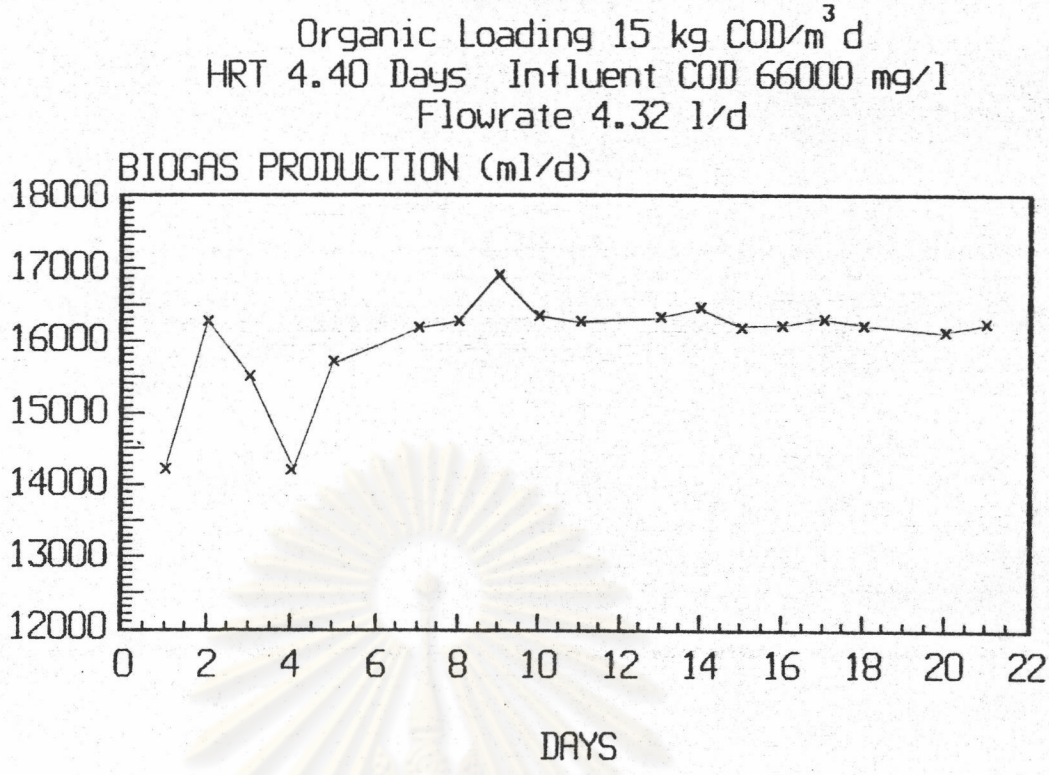
รูปที่ ข.76 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



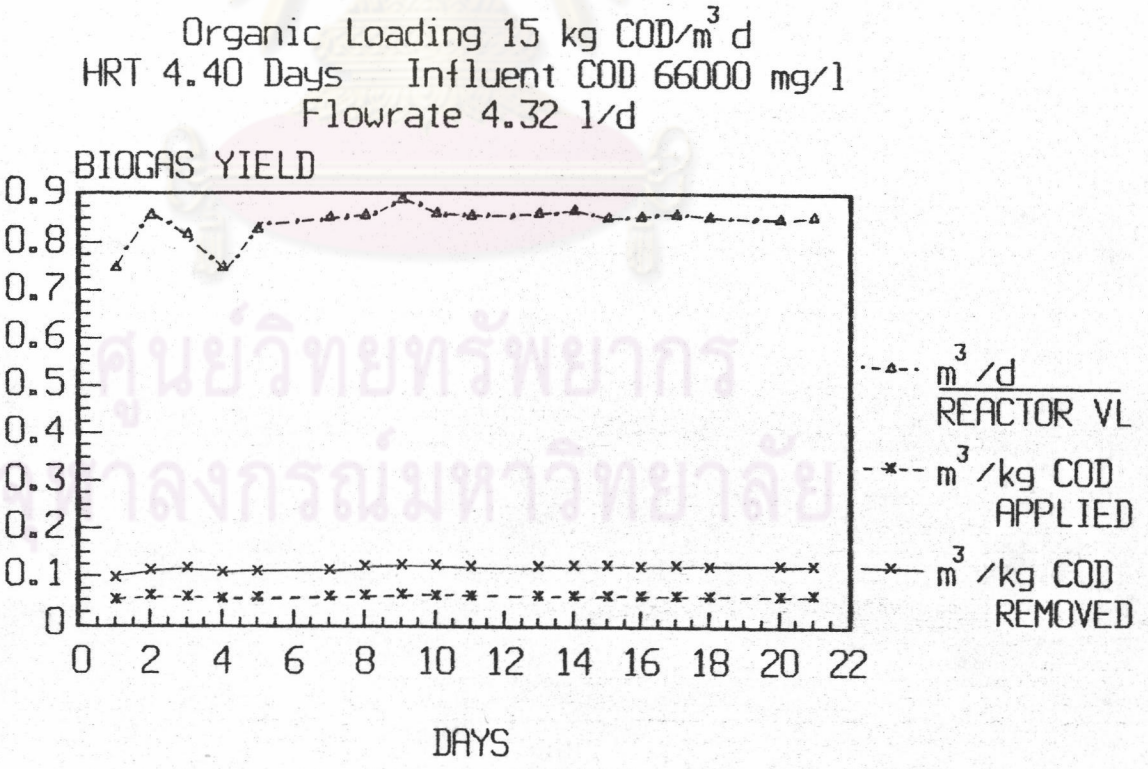
รูปที่ ข.77 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบแก๊สของระบบตลอดการทดลอง



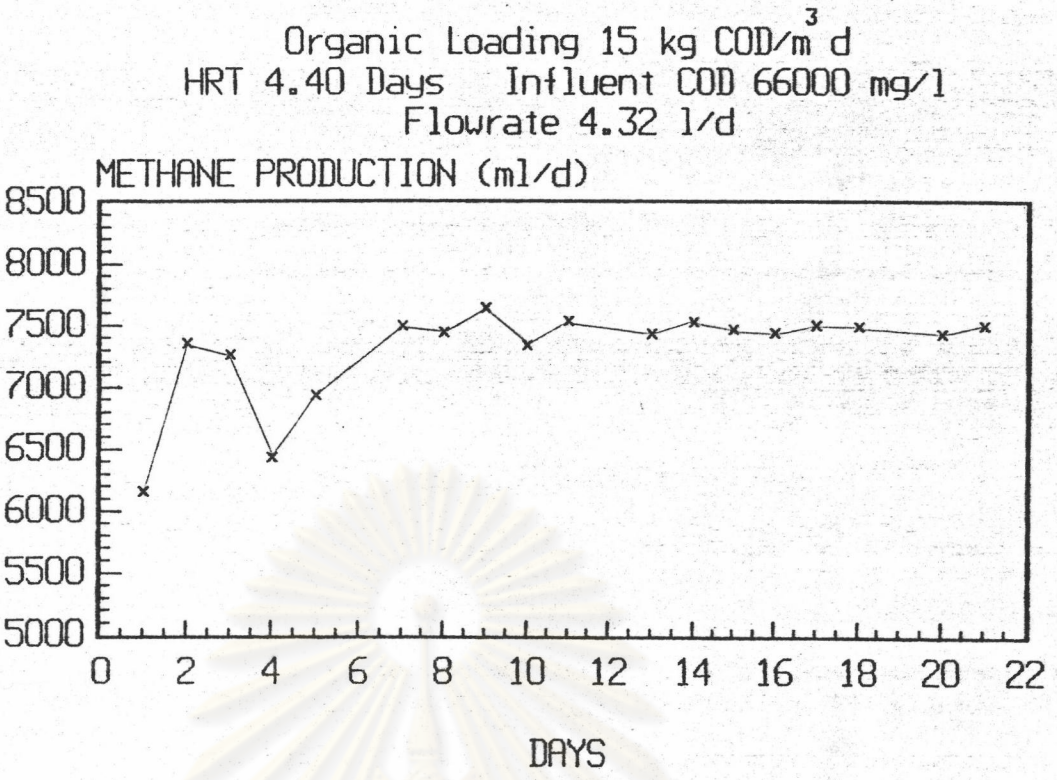
รูปที่ ข.78 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลไฟด์ส่วนที่ละลายของระบบตลอดการทดลอง



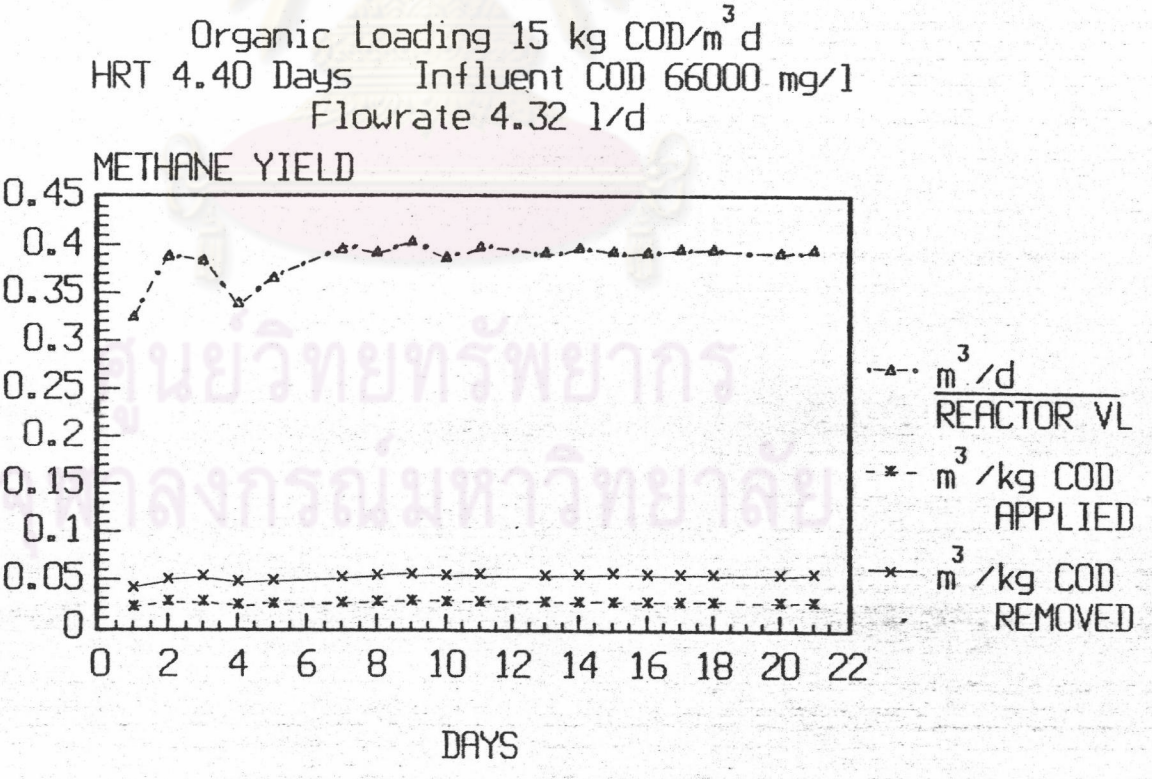
รูปที่ ข.79 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นของระบบตลอดการทดลอง



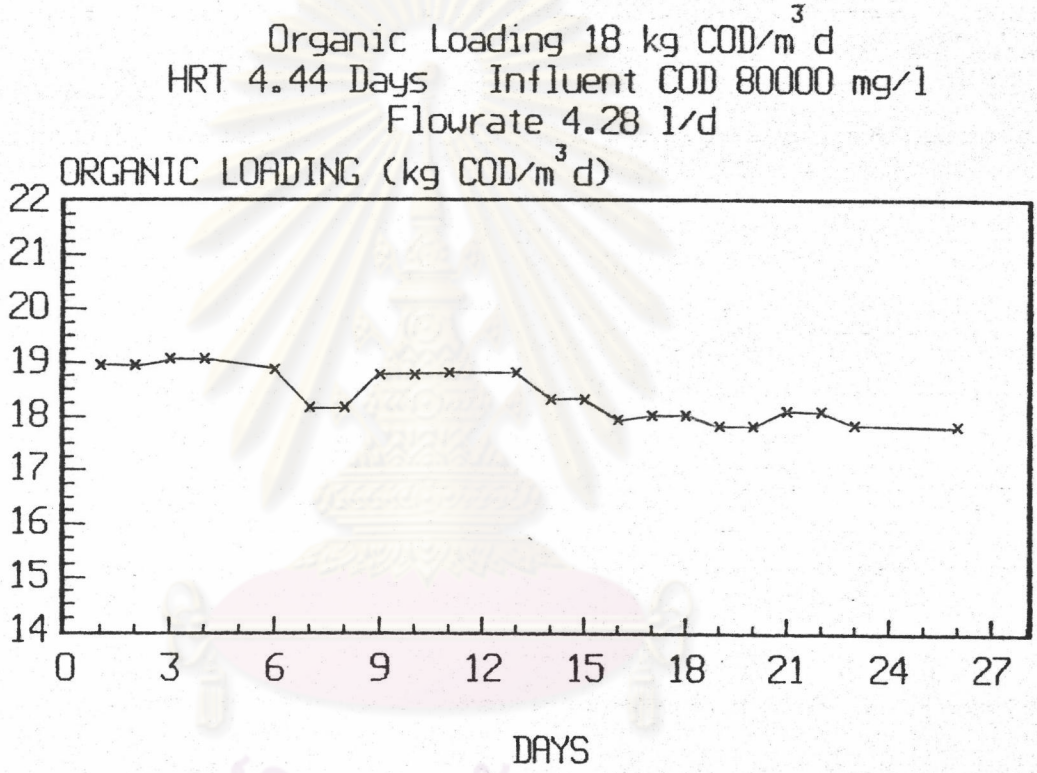
รูปที่ ข.80 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตแก๊สชีวภาพของระบบตลอดการทดลอง



รูปที่ ข.81 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สมีเทนที่เกิดขึ้นของระบบตลอดการทดลอง

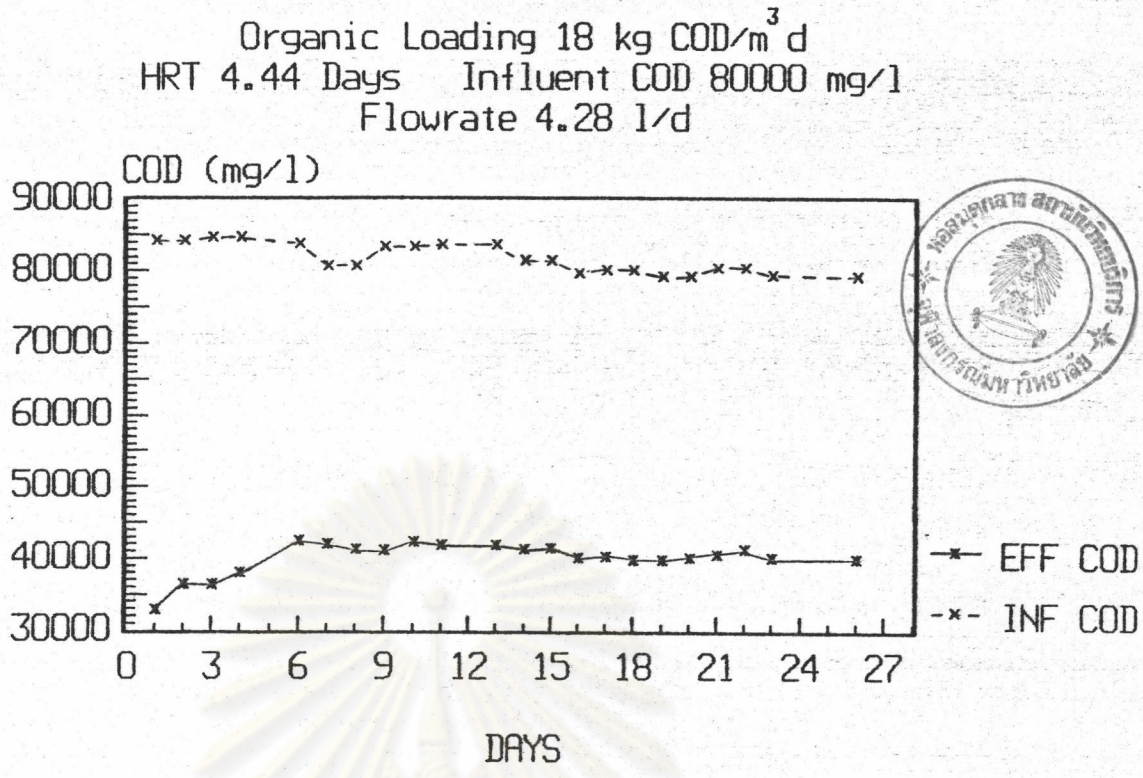


รูปที่ ข.82 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตแก๊สมีเทนของระบบตลอดการทดลอง

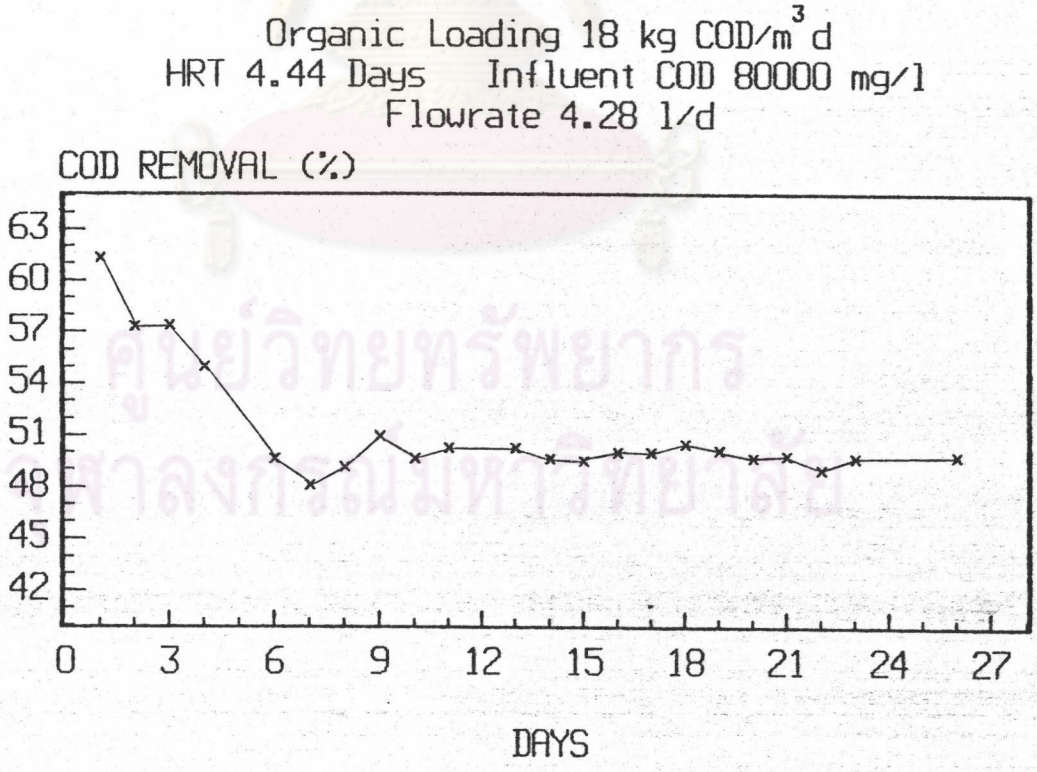


รูปที่ ข.83 การเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการรับสารอินทรีย์ตลอดการทดลอง

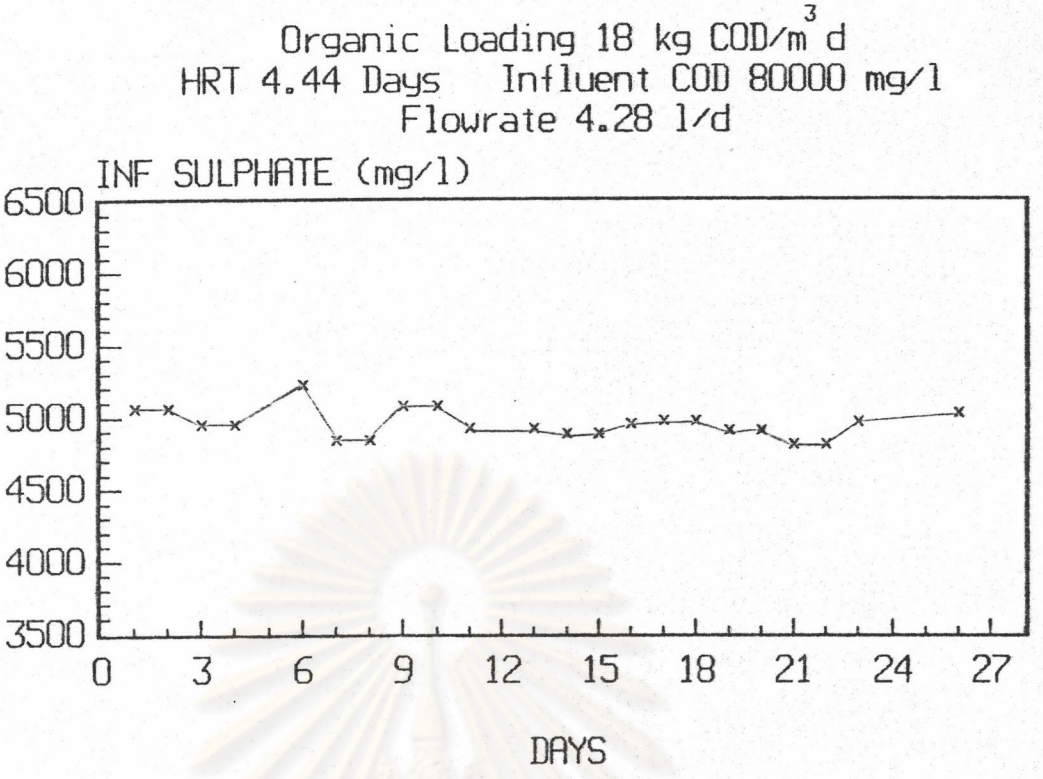
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



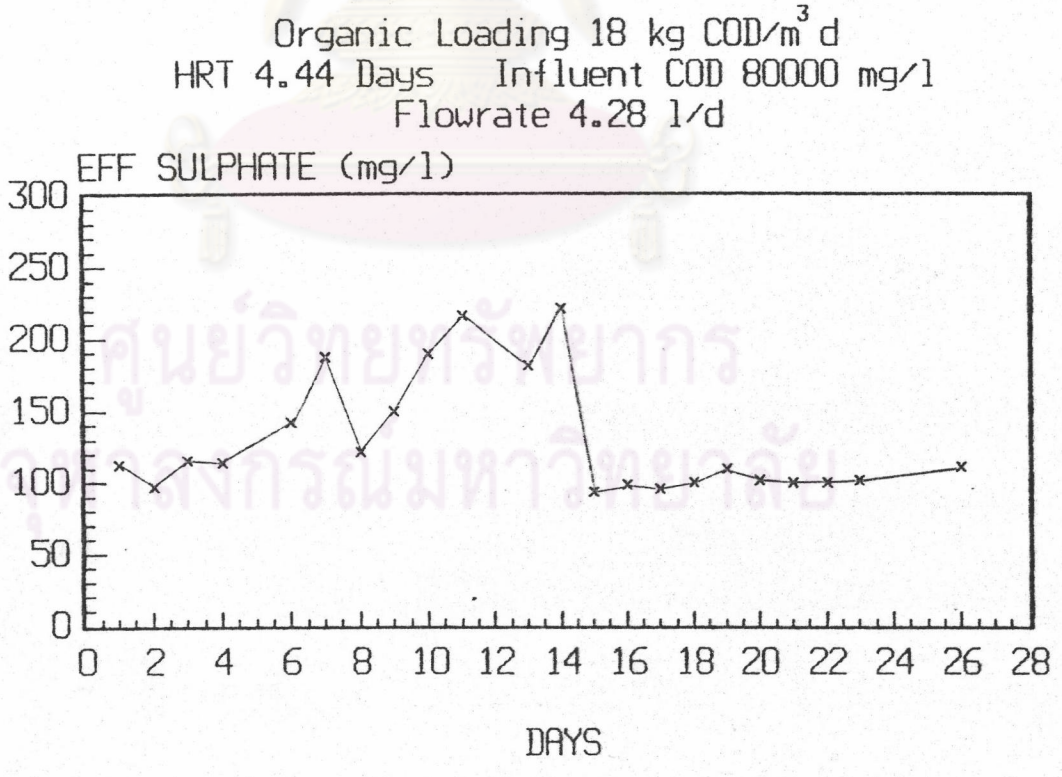
รูปที่ ข.84 การเปลี่ยนแปลงค่า COD ของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



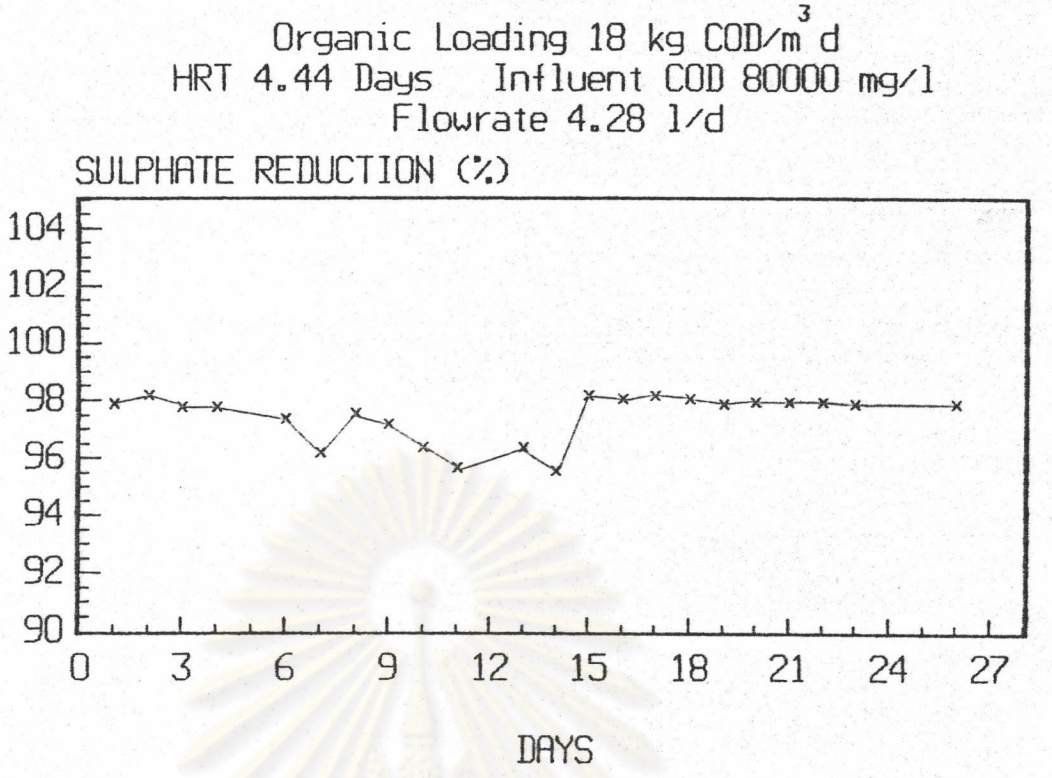
รูปที่ ข.85 การเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพการกำจัด COD ตลอดการทดลอง



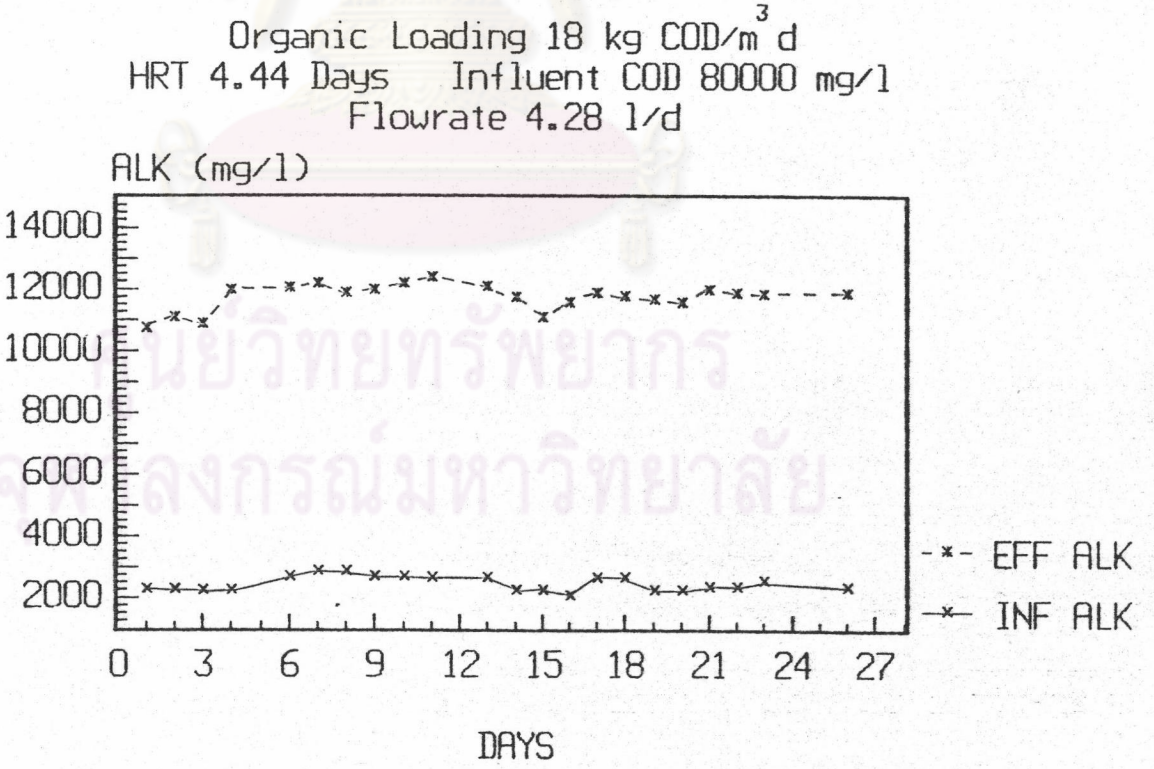
รูปที่ ข.86 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารซัลเฟตของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ ระบบตลอดการทดลอง



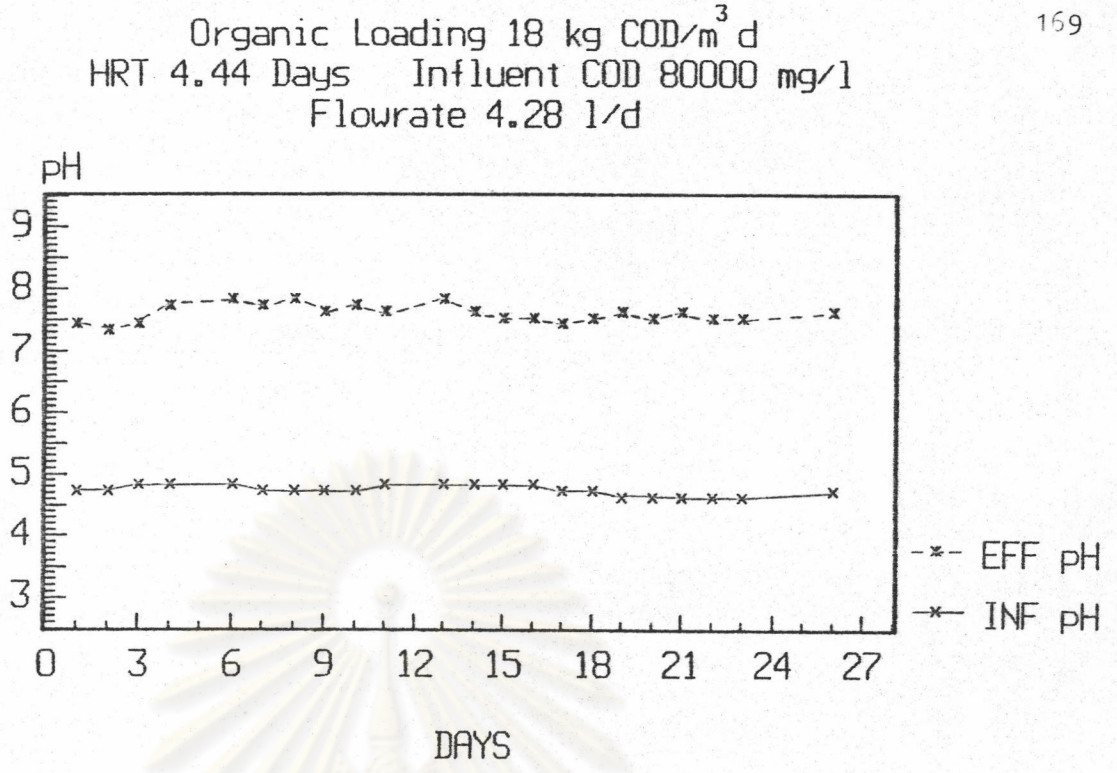
รูปที่ ข.87 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารซัลเฟตของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



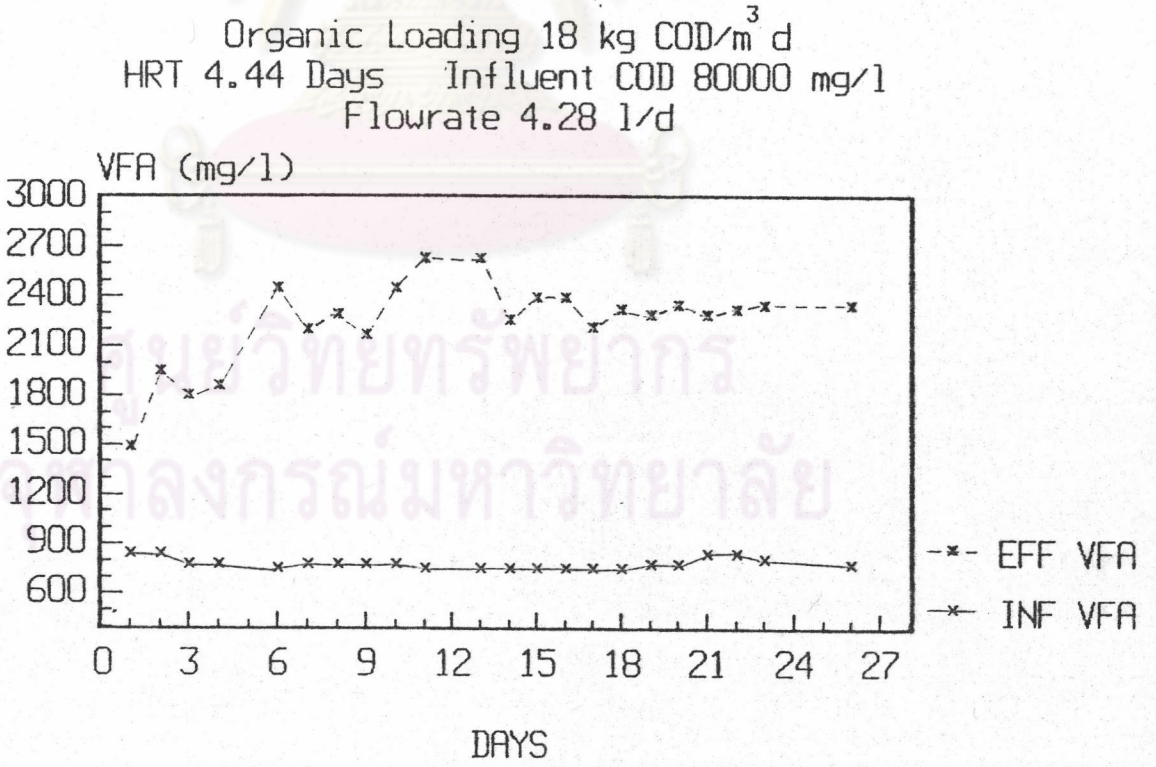
รูปที่ ข.88 การเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพการกำจัดสารซัลเฟตตลอดการทดลอง



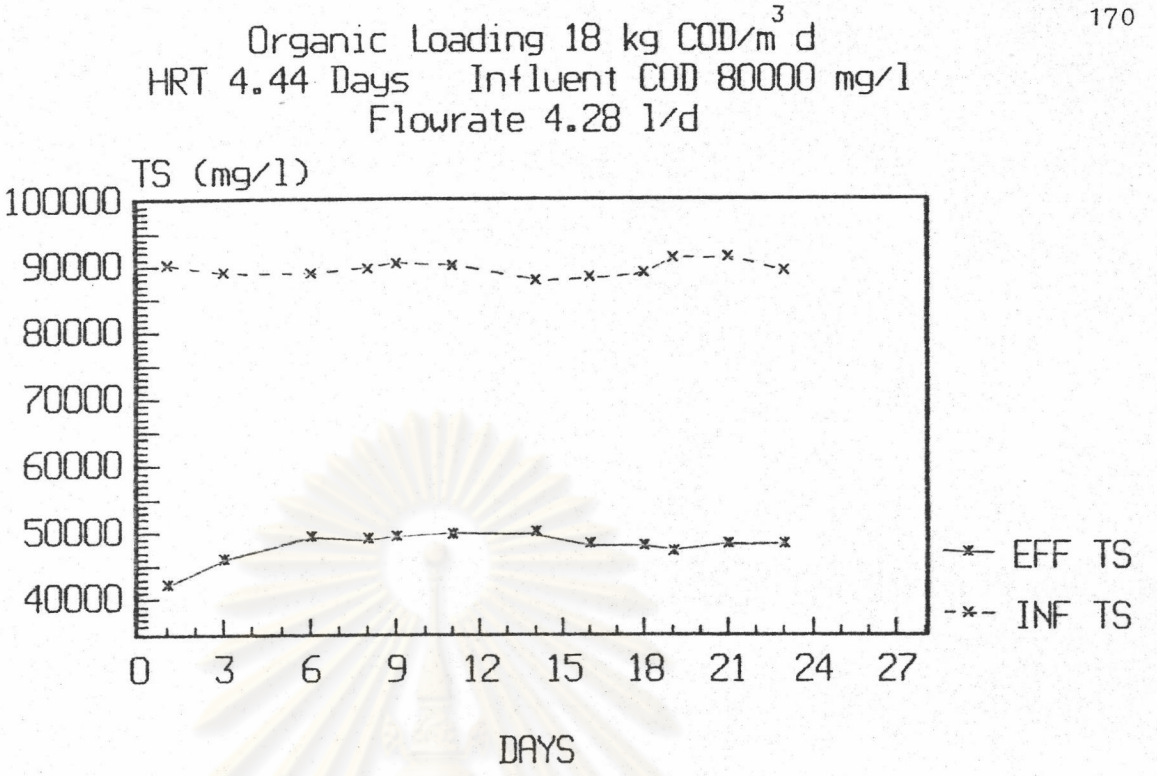
รูปที่ ข.89 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



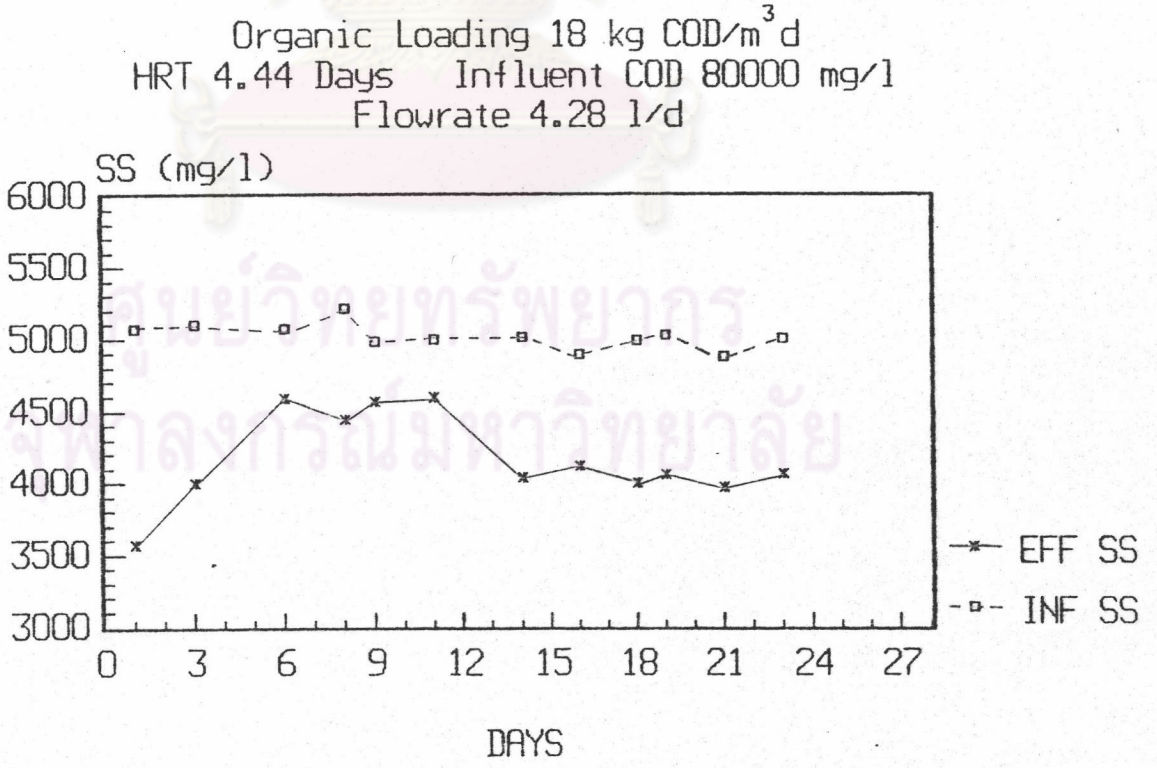
รูปที่ ข.90 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



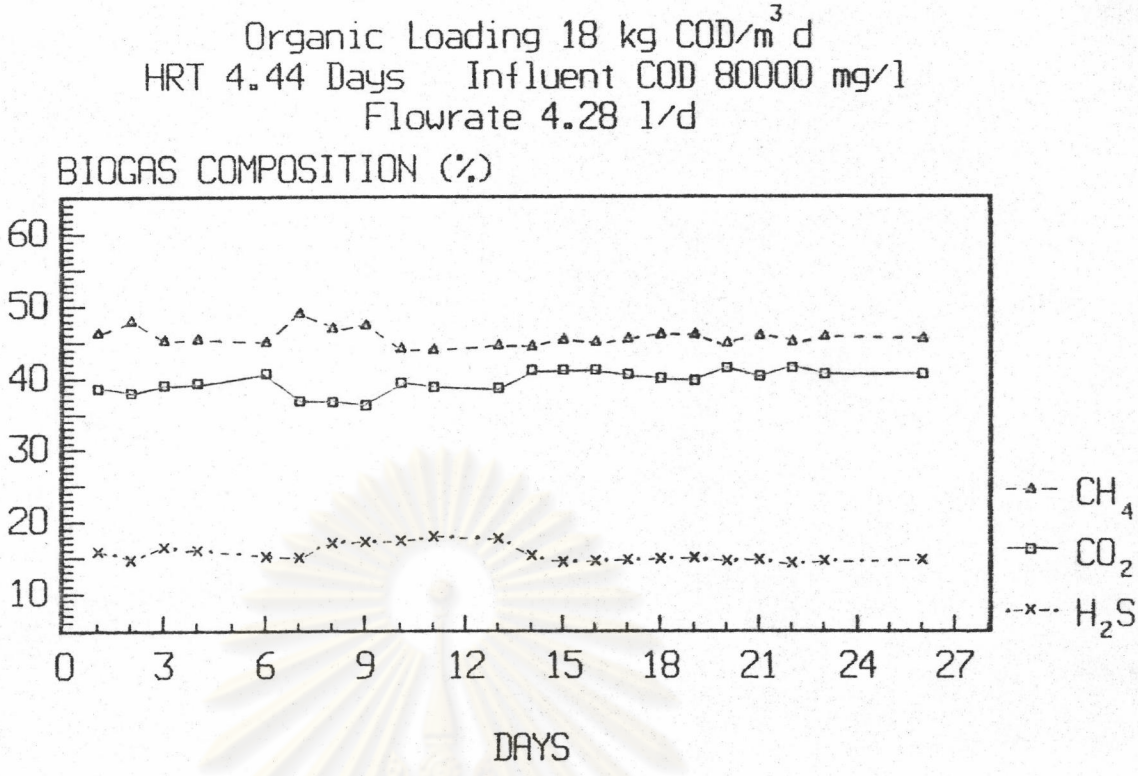
รูปที่ ข.91 การเปลี่ยนแปลงค่ากรดไขมันระเหยของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



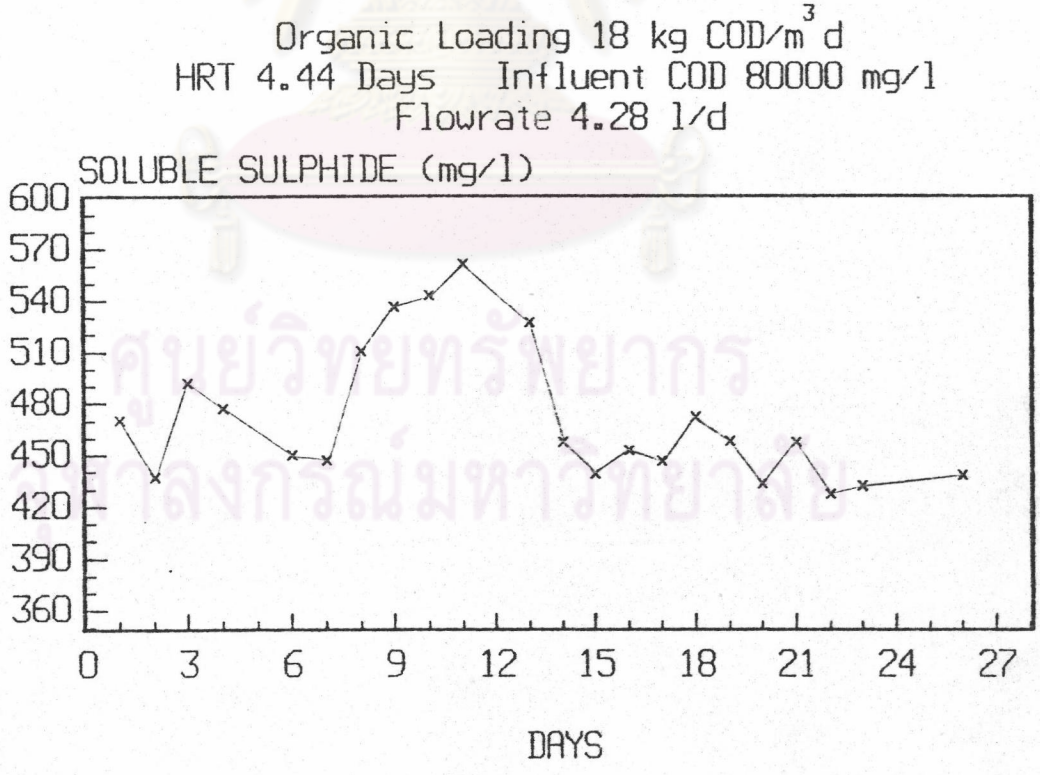
รูปที่ ข.92 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



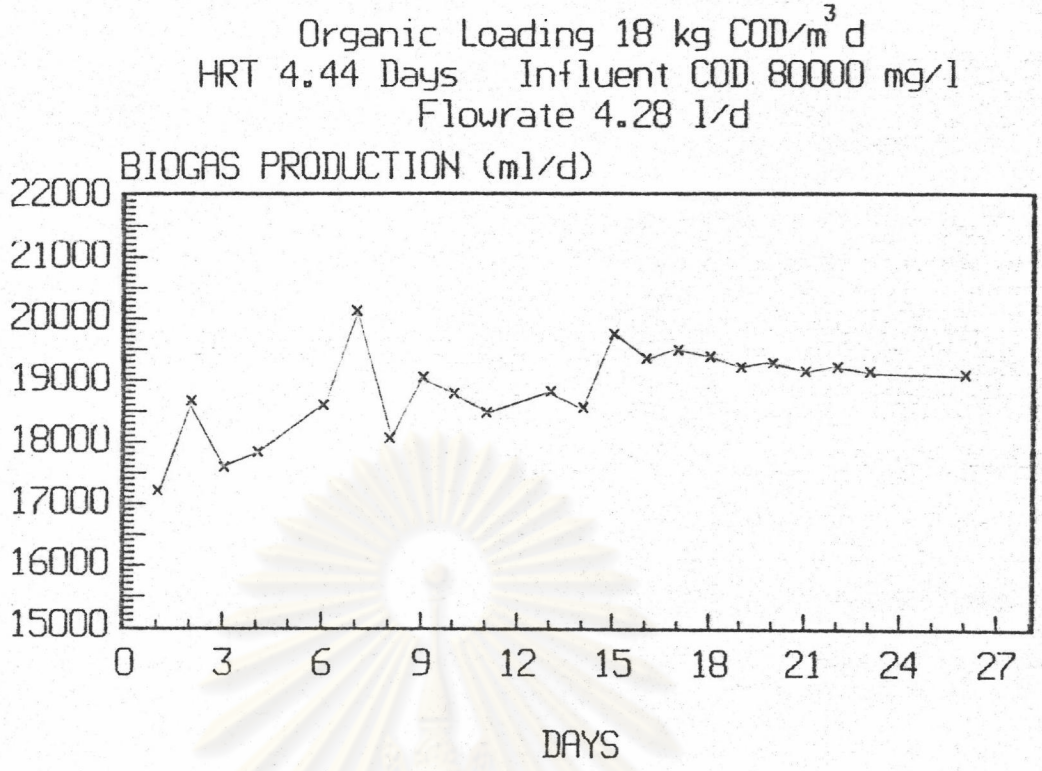
รูปที่ ข.93 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



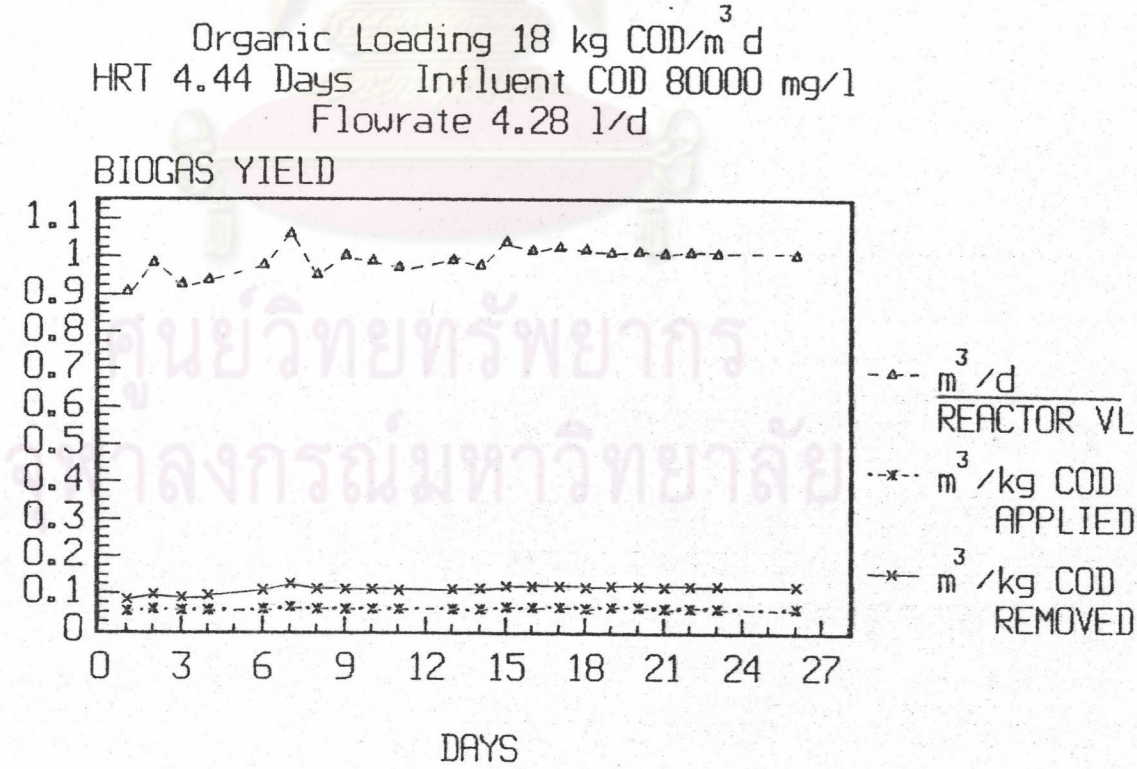
รูปที่ ข.94 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบแก๊สของระบบตลอดการทดลอง



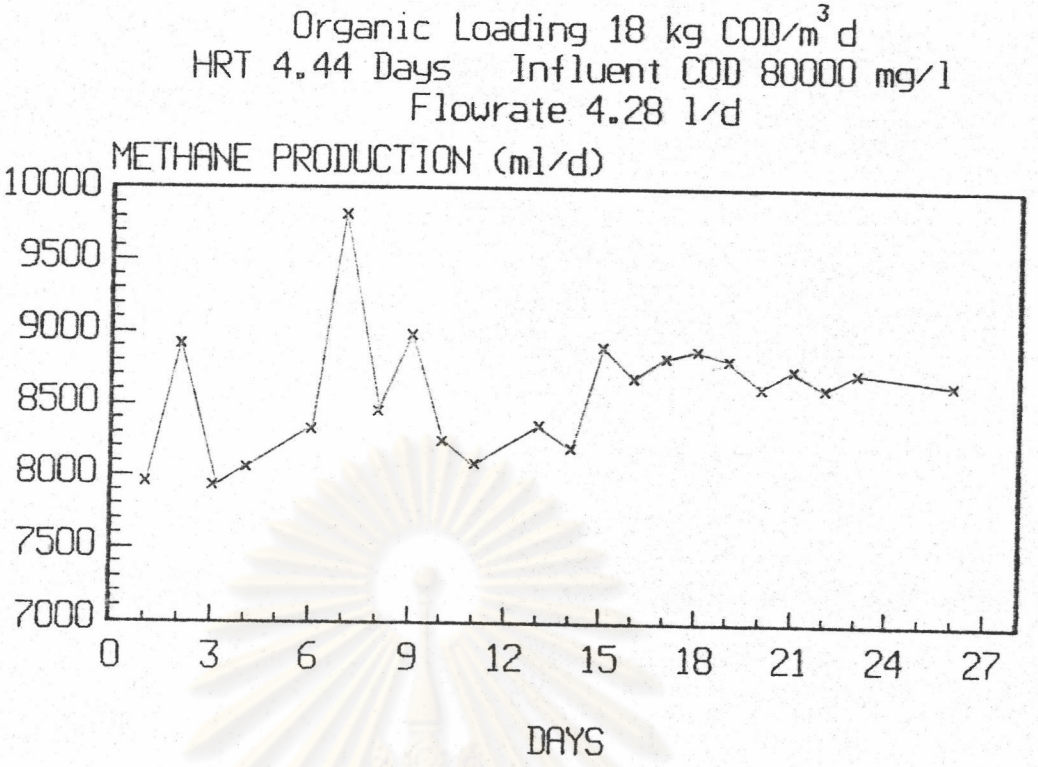
รูปที่ ข.95 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลไฟด์ส่วนที่ละลายของระบบตลอดการทดลอง



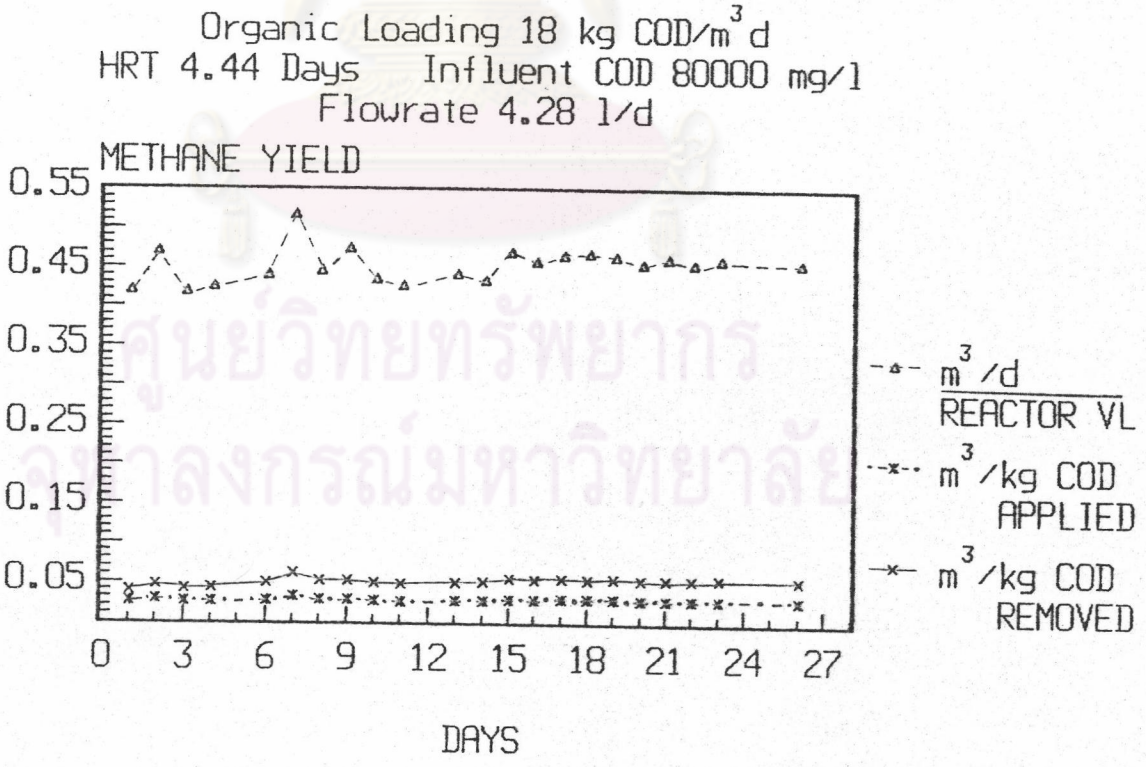
รูปที่ ข.96 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นของระบบตลอดการทดลอง



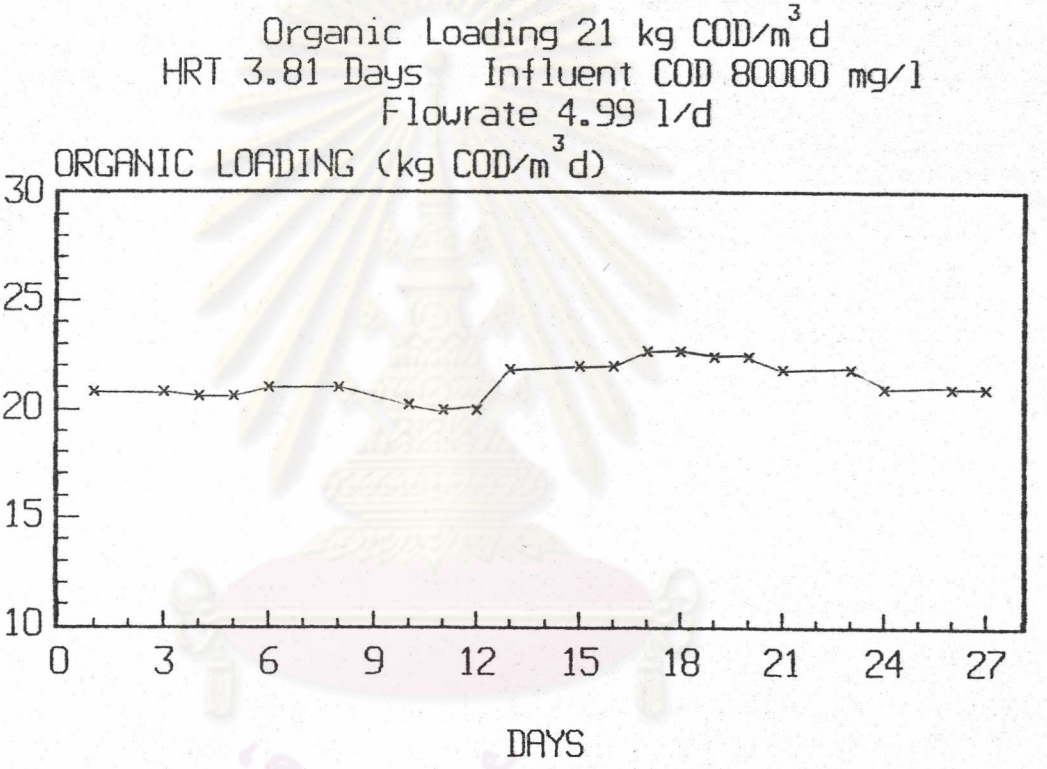
รูปที่ ข.97 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตแก๊สชีวภาพของระบบตลอดการทดลอง



รูปที่ ข.98 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สมีเทนที่เกิดขึ้นของระบบตลอดการทดลอง

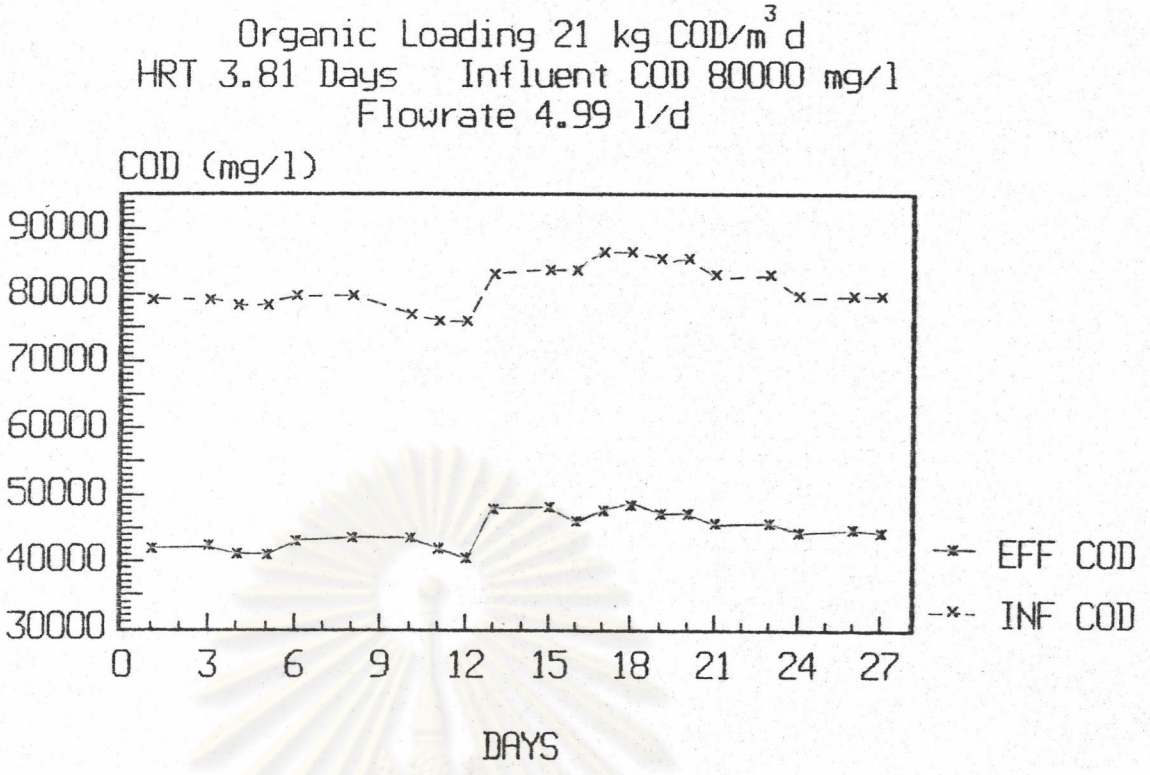


รูปที่ ข.99 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตแก๊สมีเทนของระบบตลอดการทดลอง

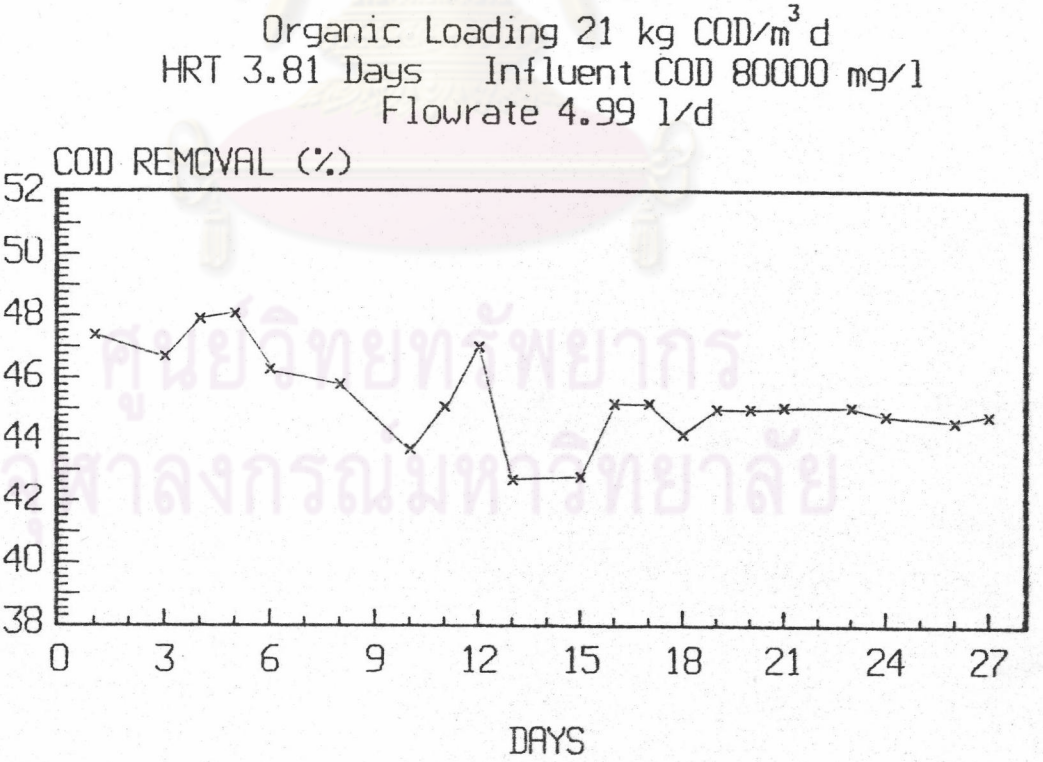


รูปที่ ข.100 การเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการรับสารอินทรีย์ตลอดการทดลอง

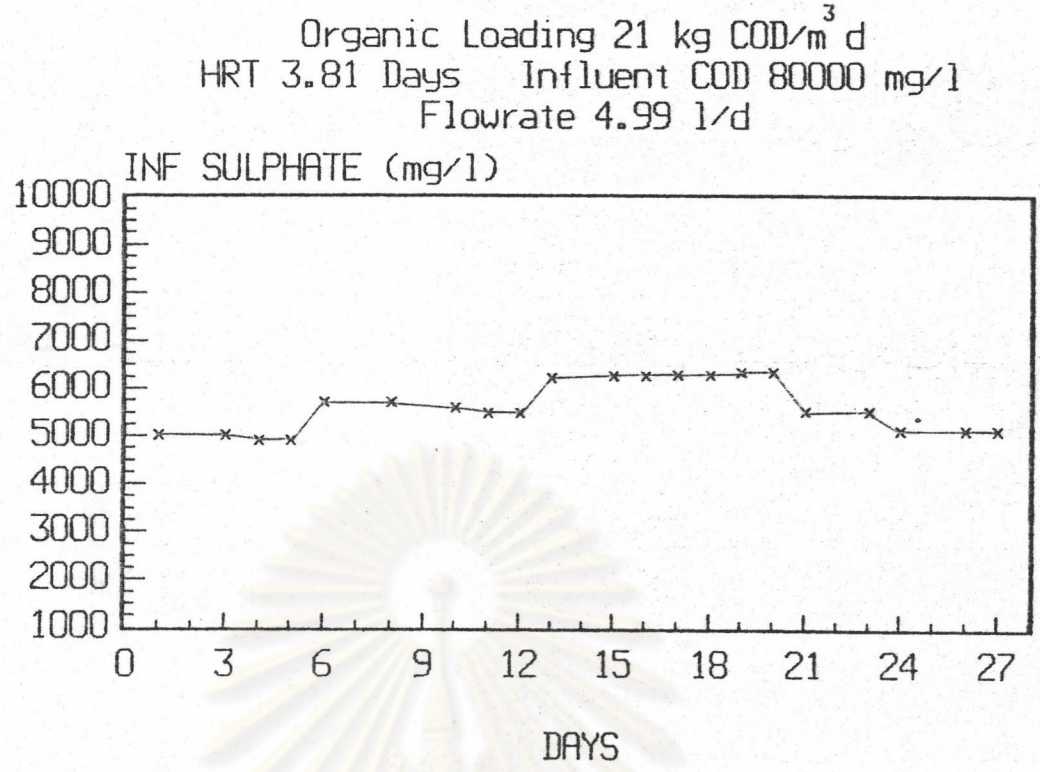
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



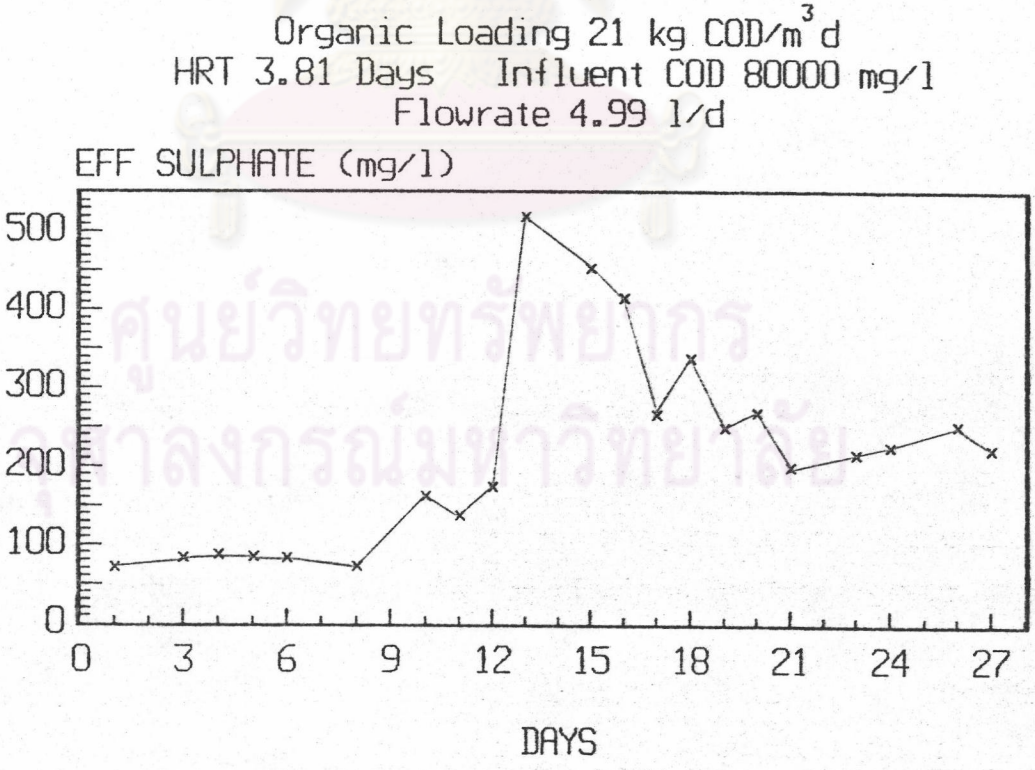
รูปที่ ข.101 การเปลี่ยนแปลงค่า COD ของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



รูปที่ ข.102 การเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพการกำจัด COD ตลอดการทดลอง

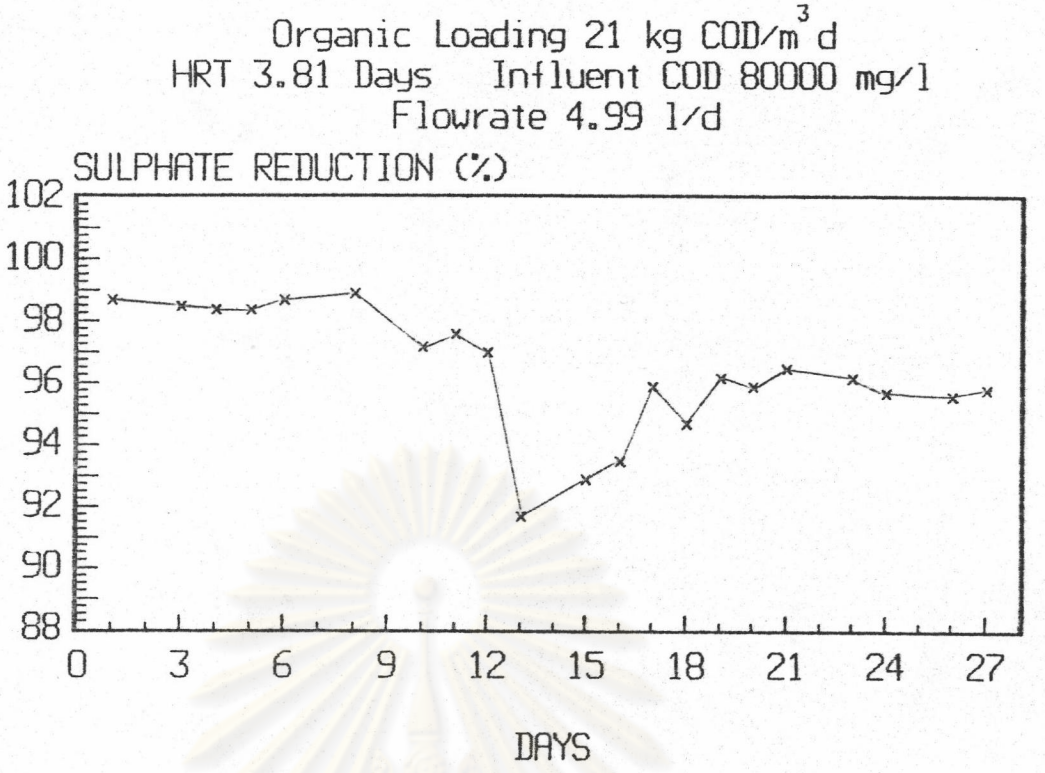


รูปที่ ข.103 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารซัลเฟตของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ ระบบตลอดการทดลอง

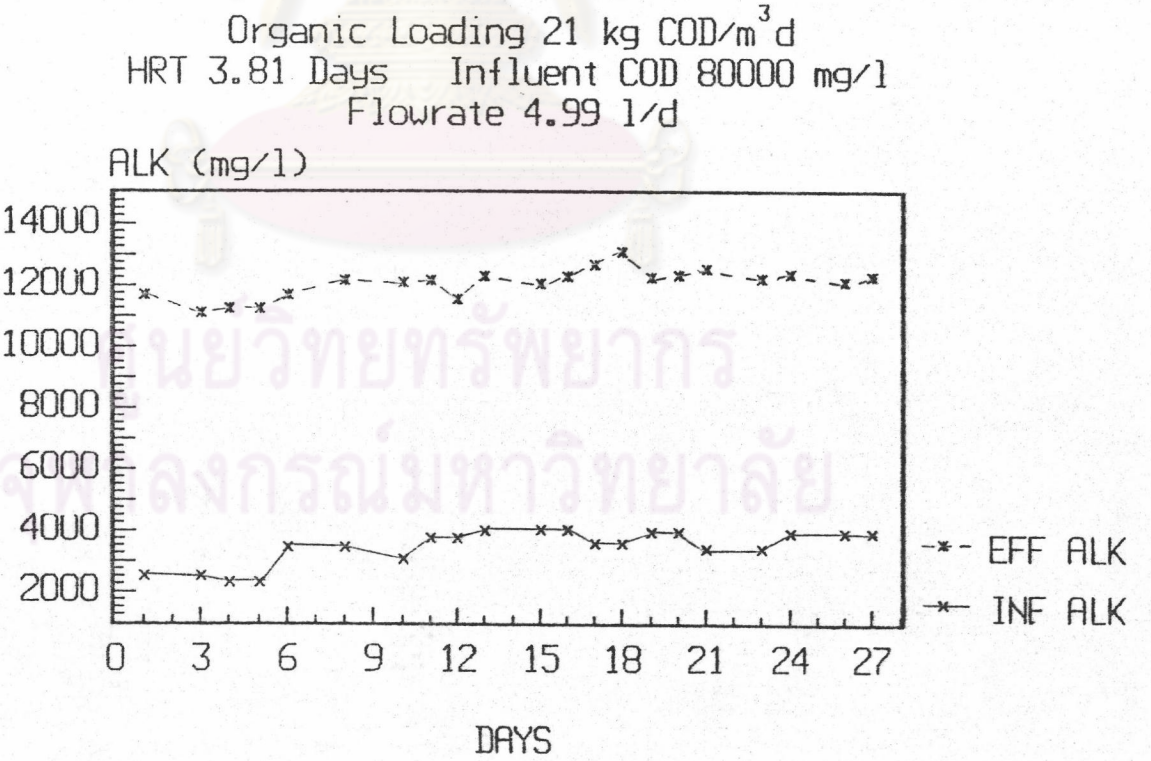


รูปที่ ข.104 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารซัลเฟตของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง

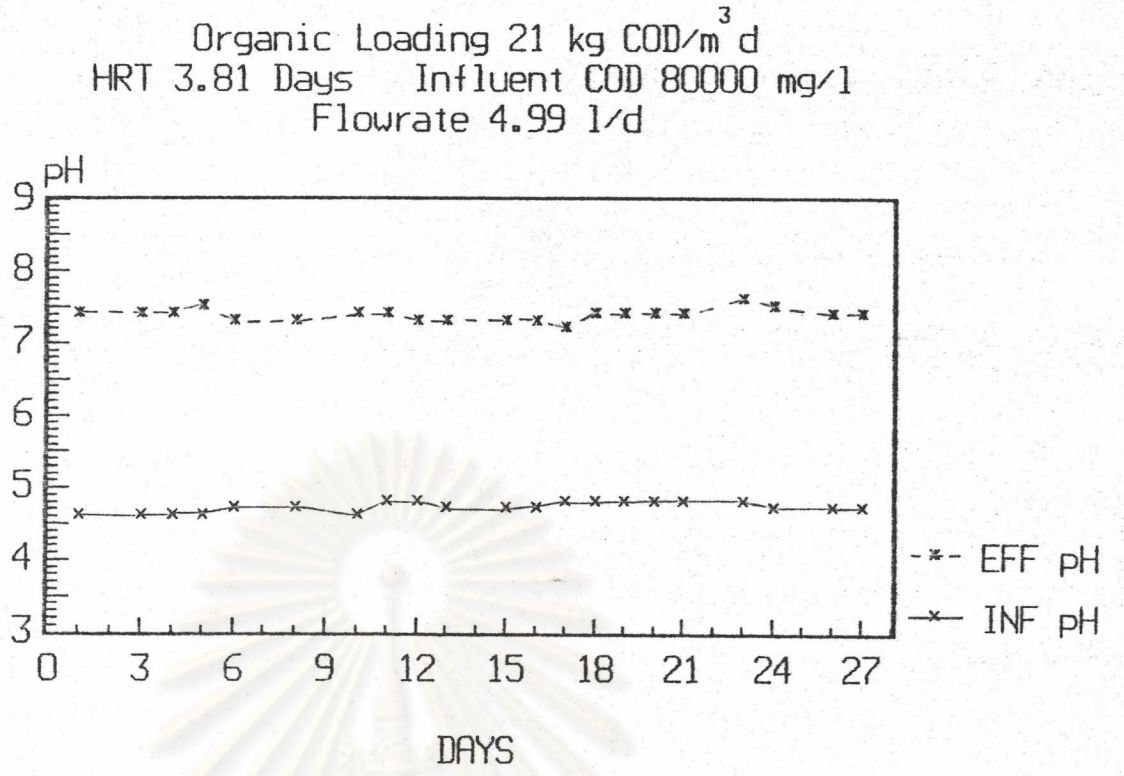
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



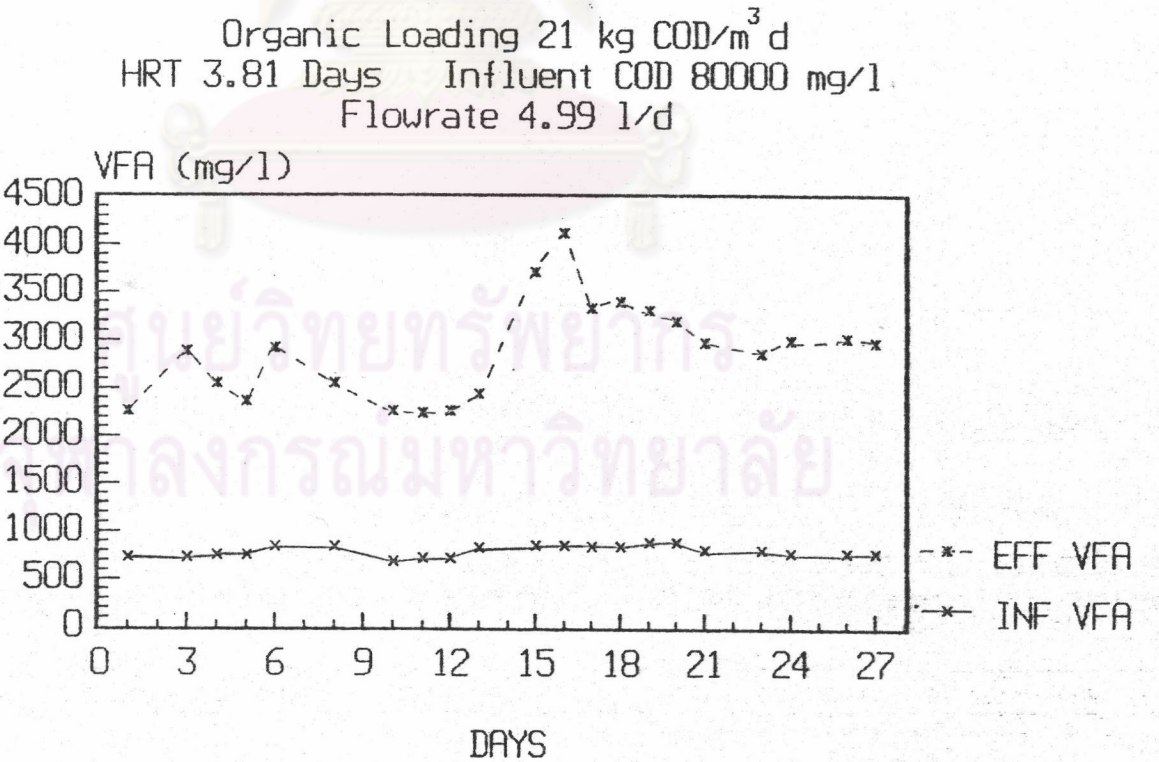
รูปที่ ข.105 การเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพการกำจัดสารซัลเฟตตลอดการทดลอง



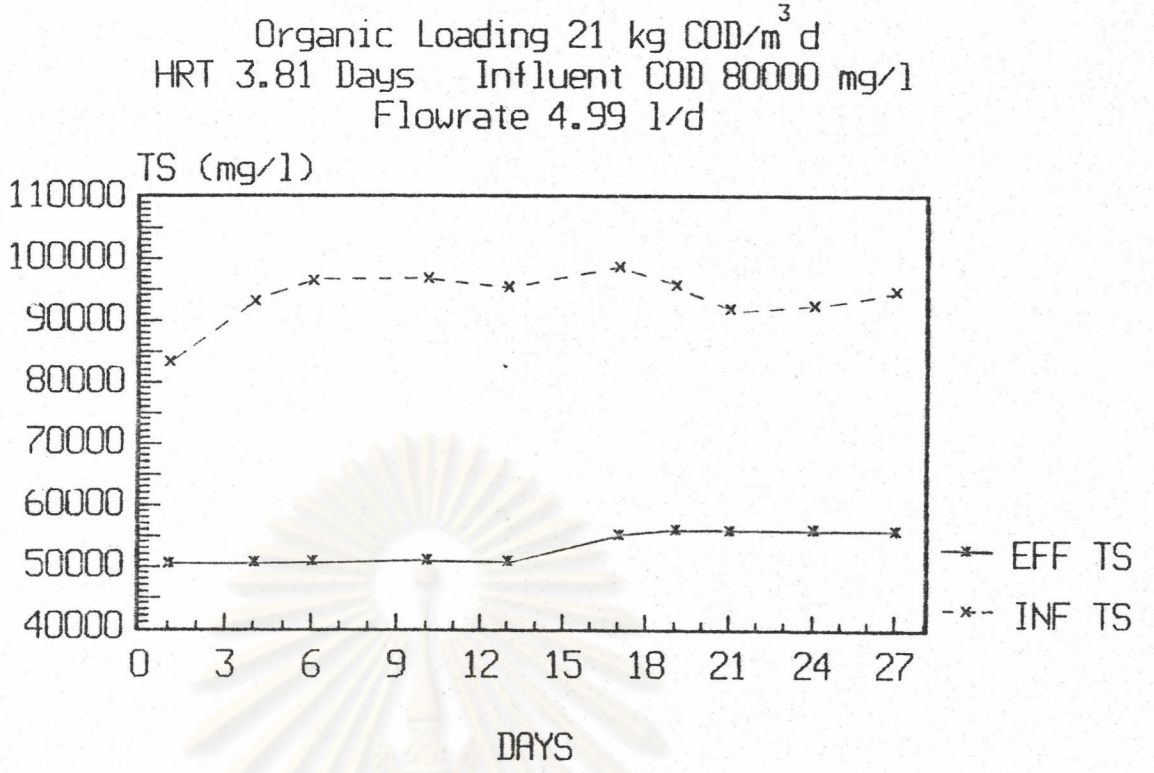
รูปที่ ข.106 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



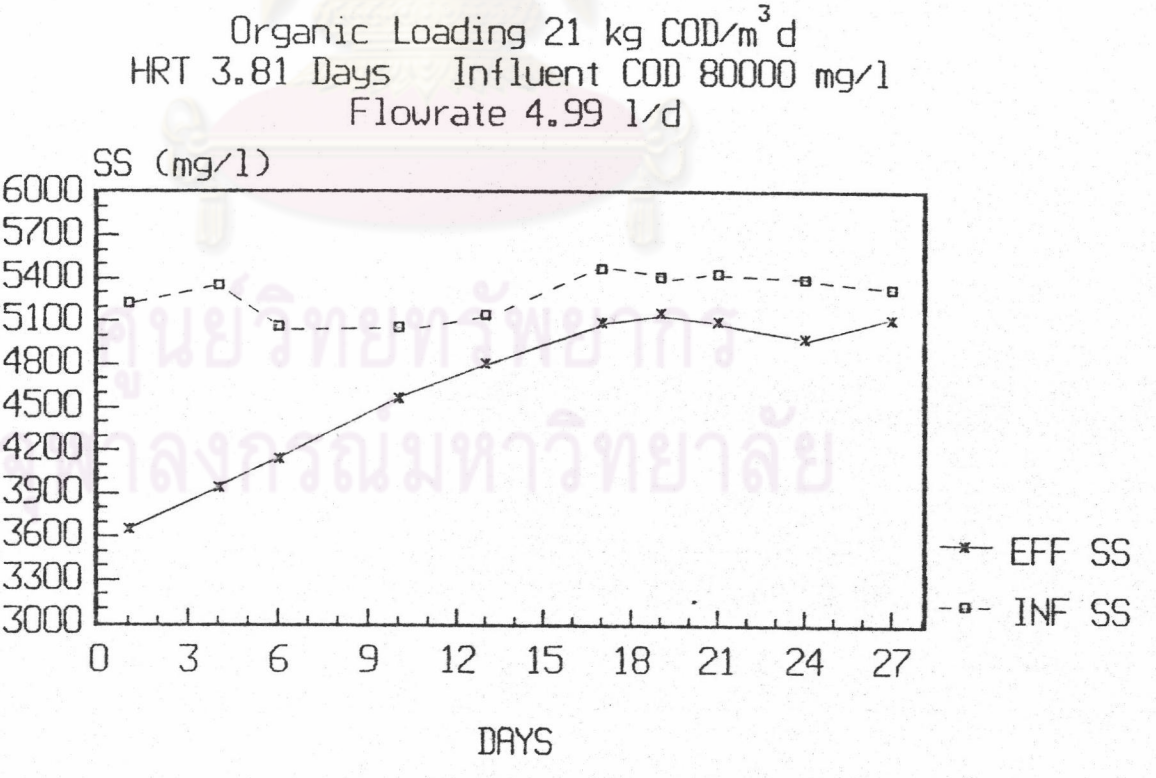
รูปที่ ข.107 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



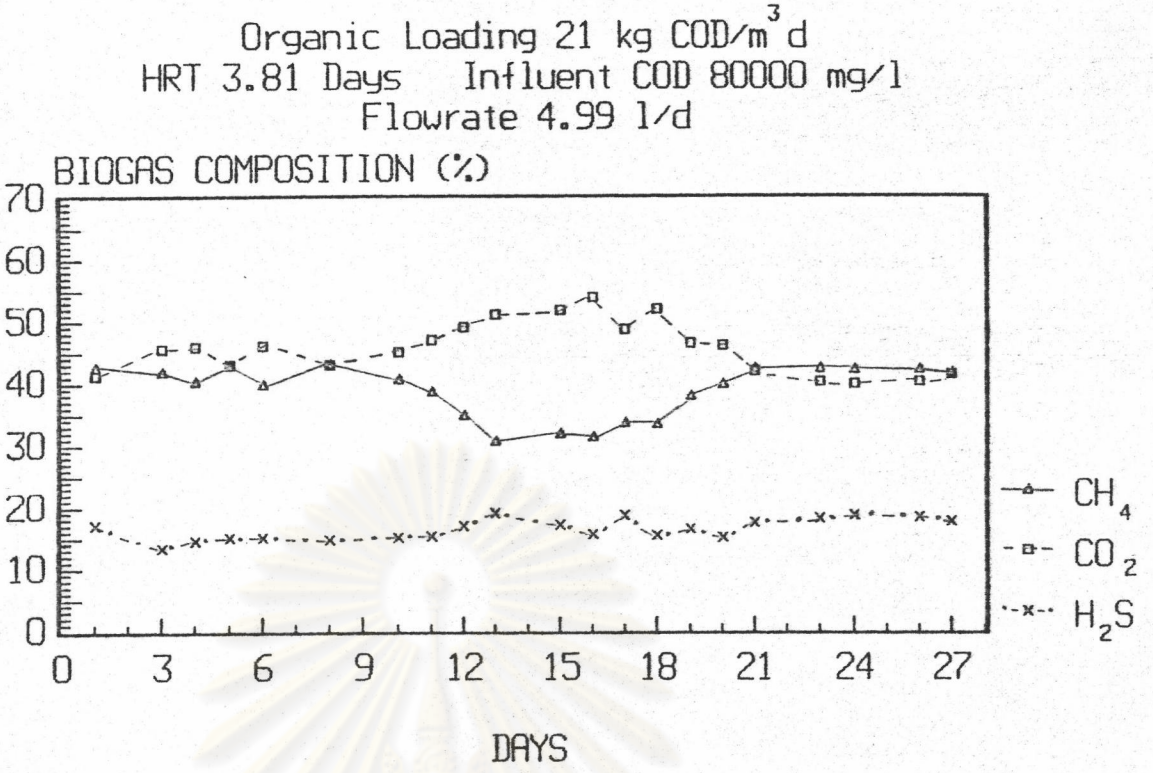
รูปที่ ข.108 การเปลี่ยนแปลงค่ากรดไขมันระเหยของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



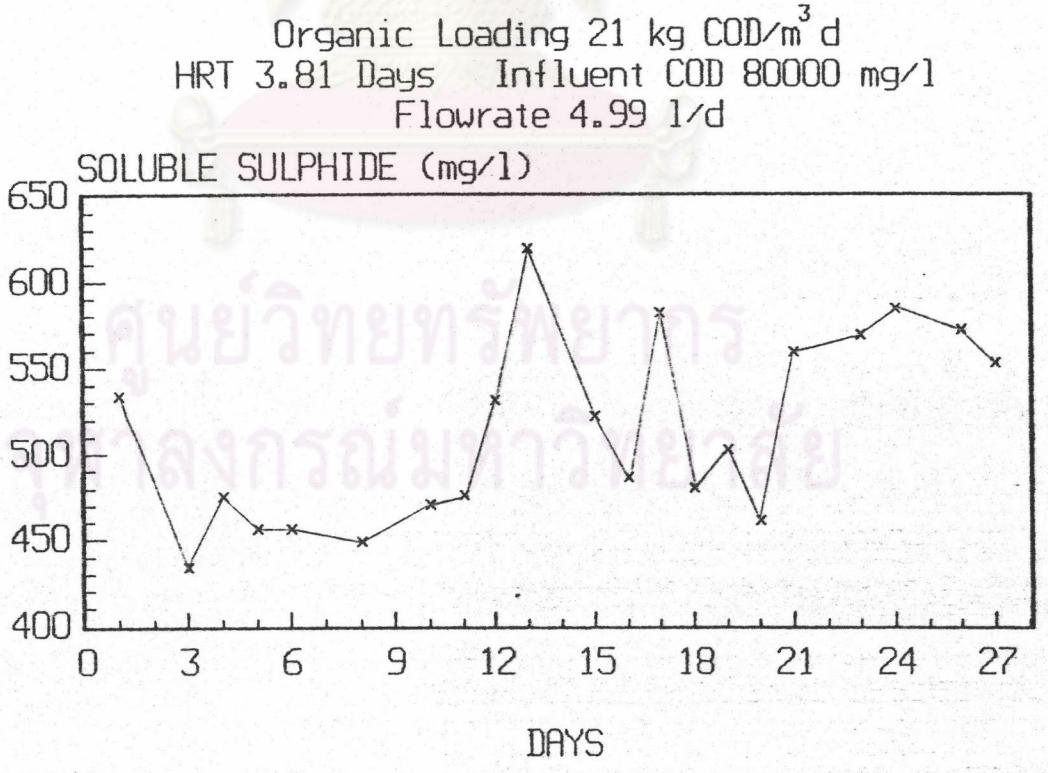
รูปที่ ข.109 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



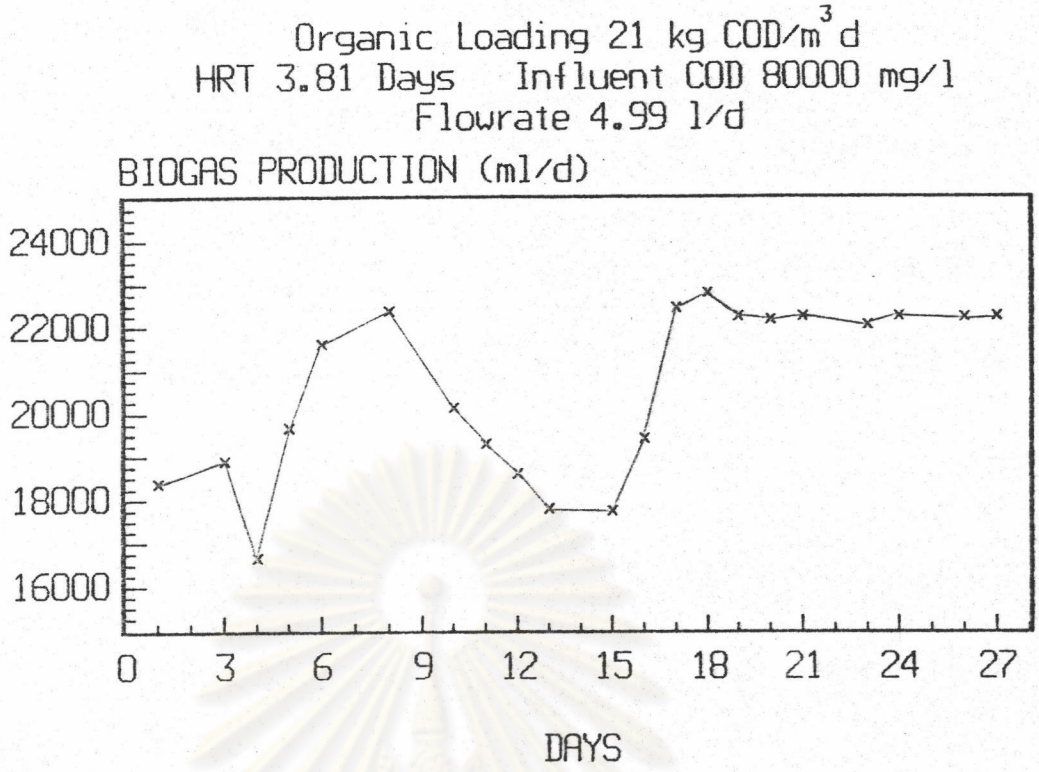
รูปที่ ข,110 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



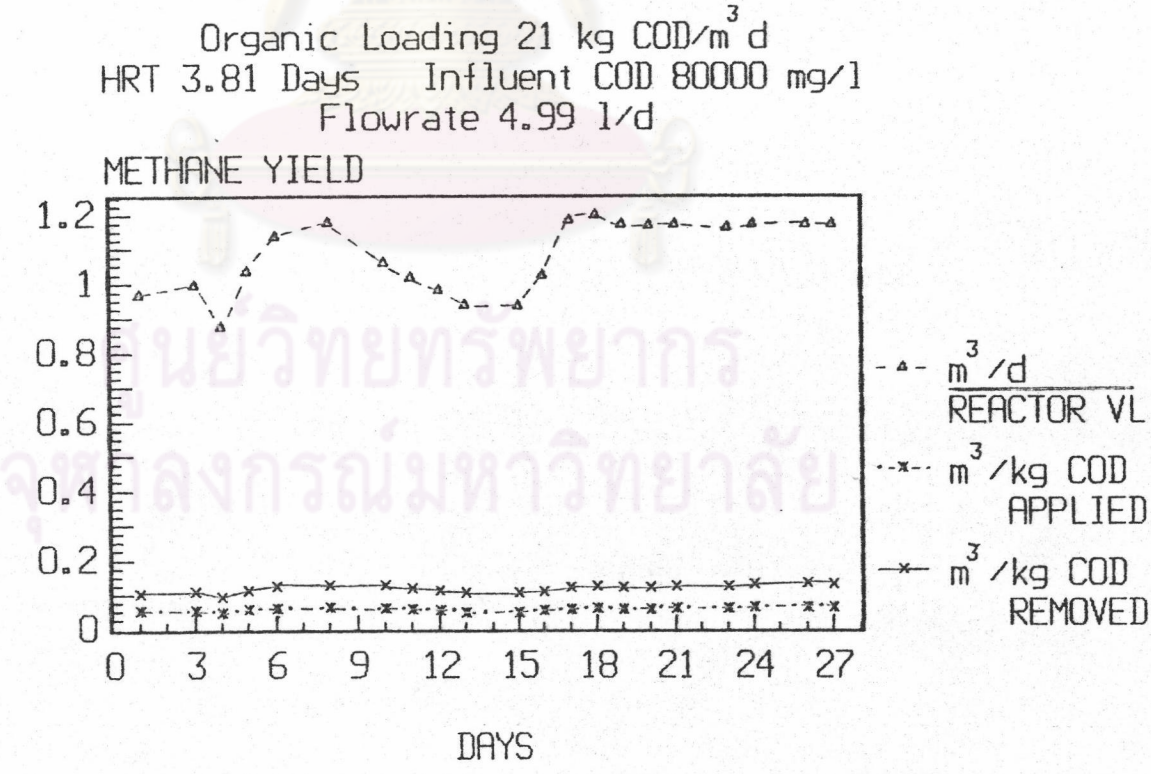
รูปที่ ข.111 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบแก๊สของระบบตลอดการทดลอง



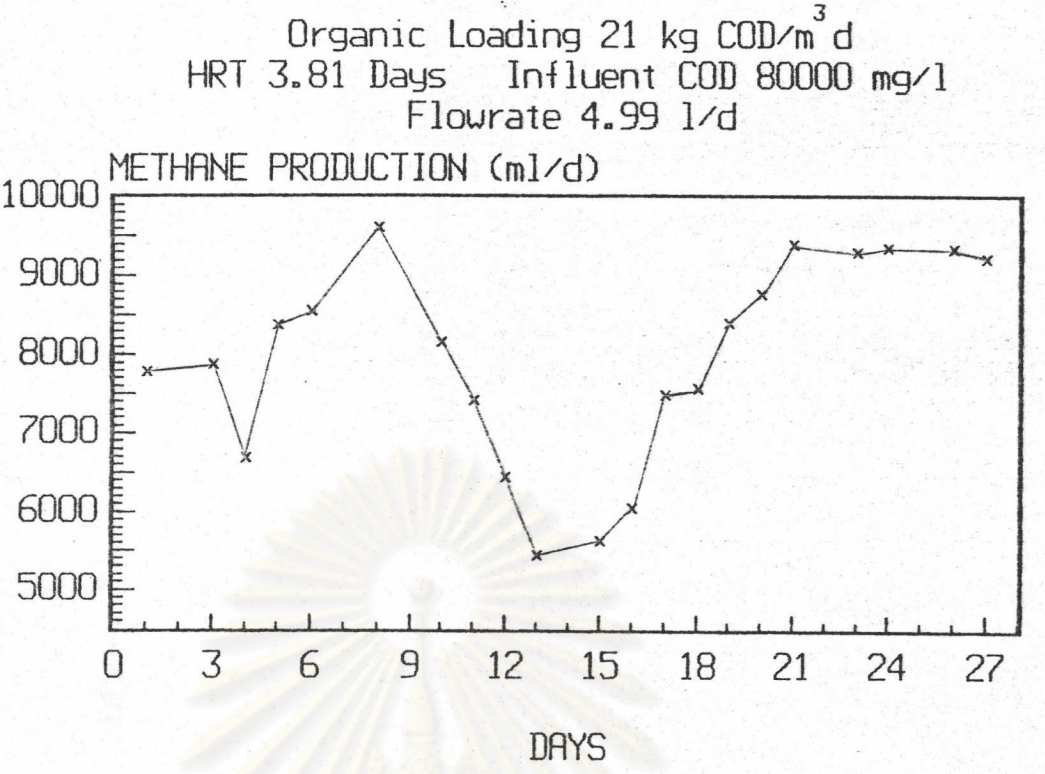
รูปที่ ข.112 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลไฟด์ส่วนที่ละลายของระบบตลอดการทดลอง



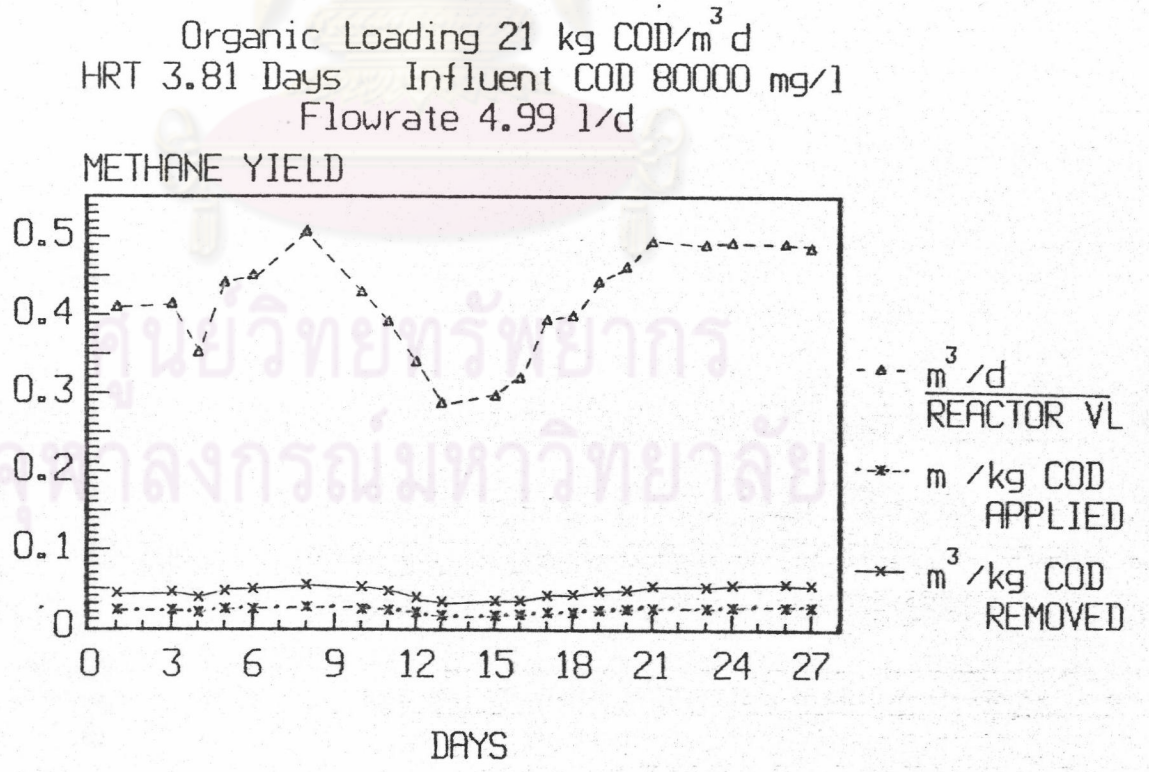
รูปที่ ข.113 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นของระบบตลอดการทดลอง



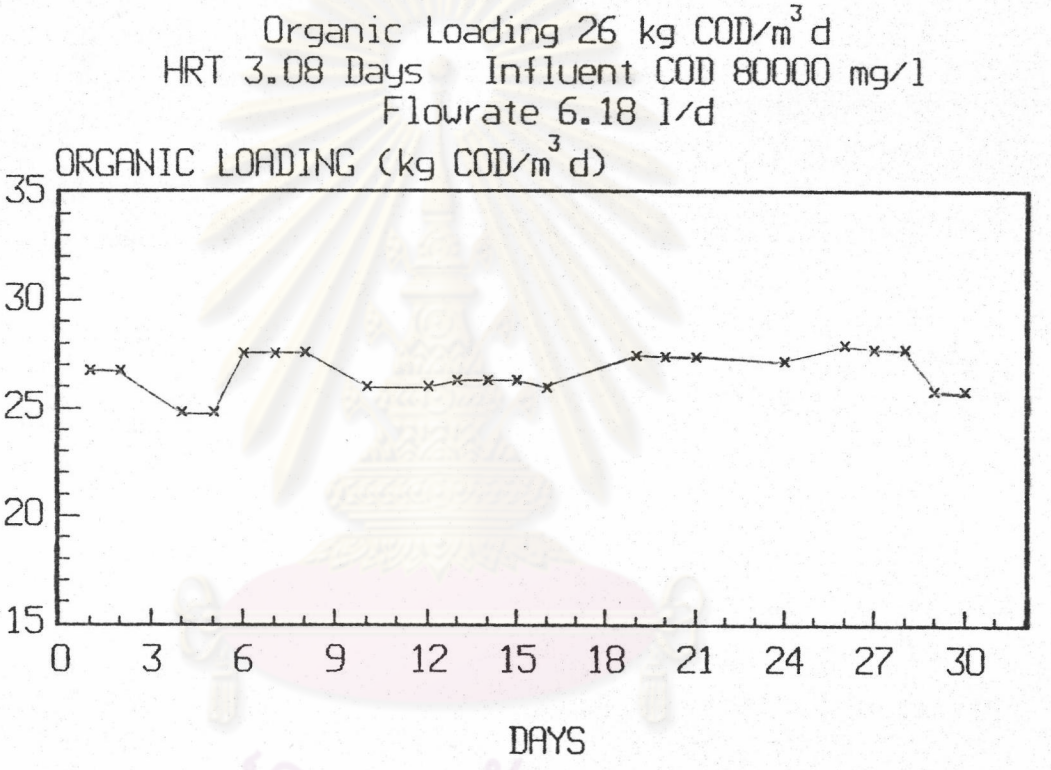
รูปที่ ข.114 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตแก๊สชีวภาพของระบบตลอดการทดลอง



รูปที่ ข.115 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สมีเทนที่เกิดขึ้นของระบบตลอดการทดลอง

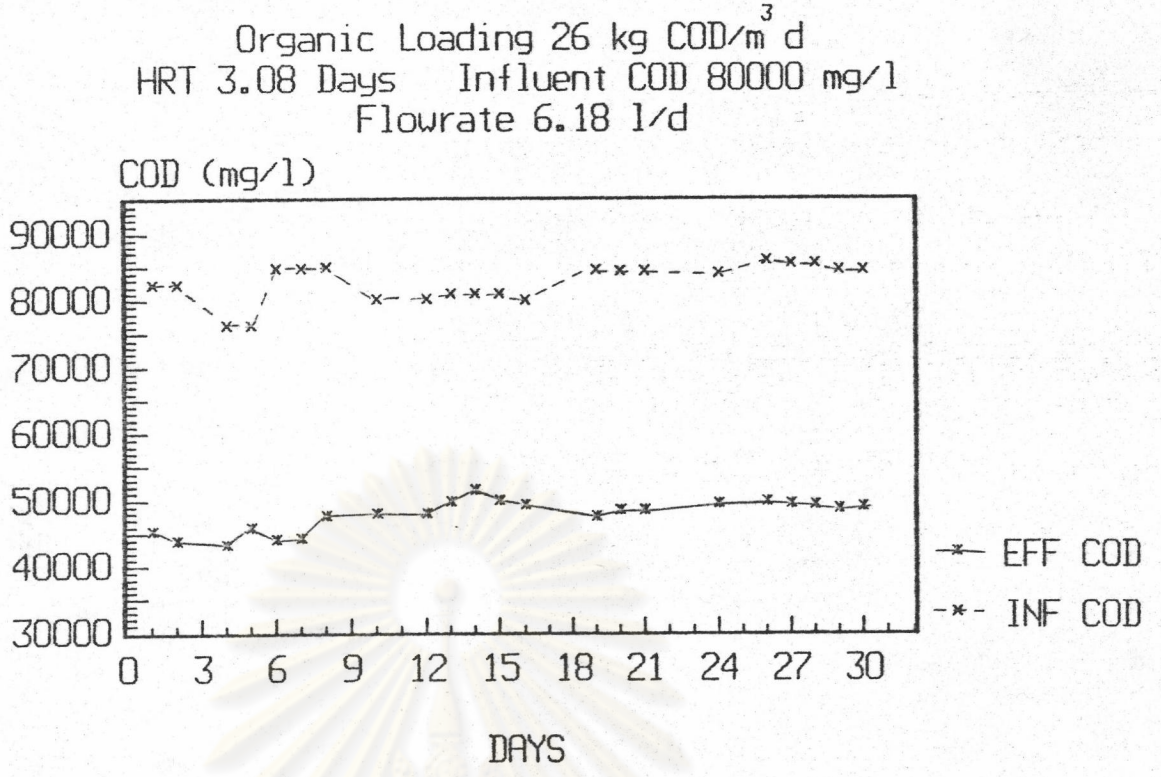


รูปที่ ข.116 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตแก๊สมีเทนของระบบตลอดการทดลอง

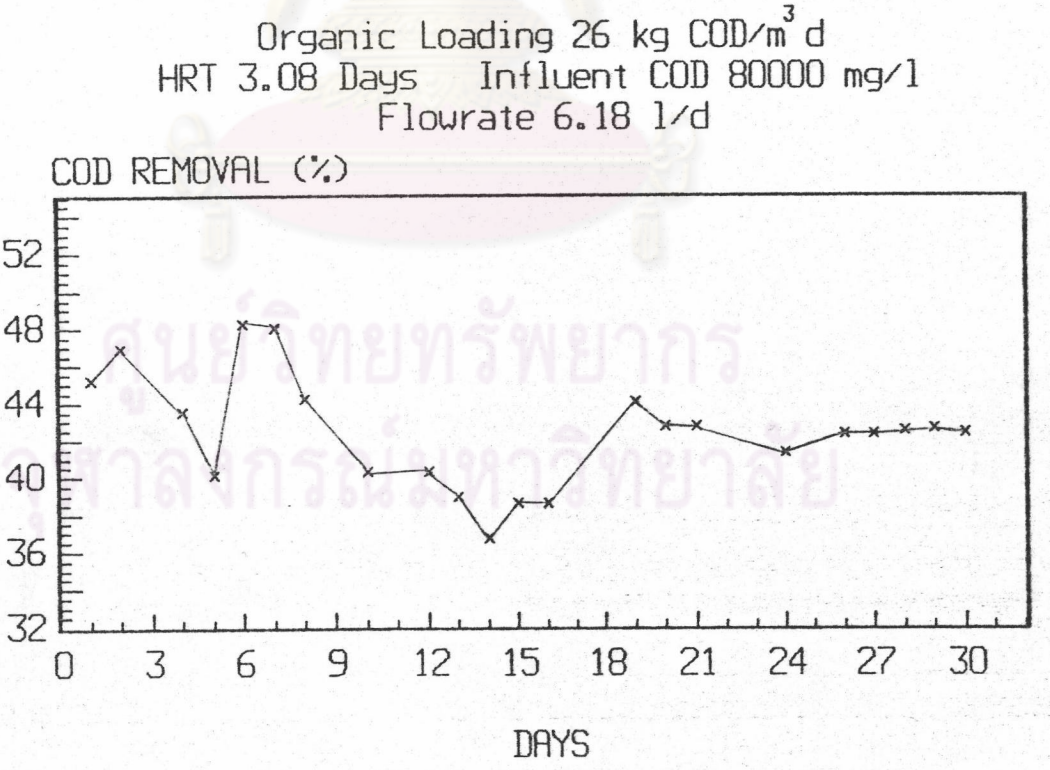


รูปที่ ข.117 การเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการรับสารอินทรีย์ตลอดการทดลอง

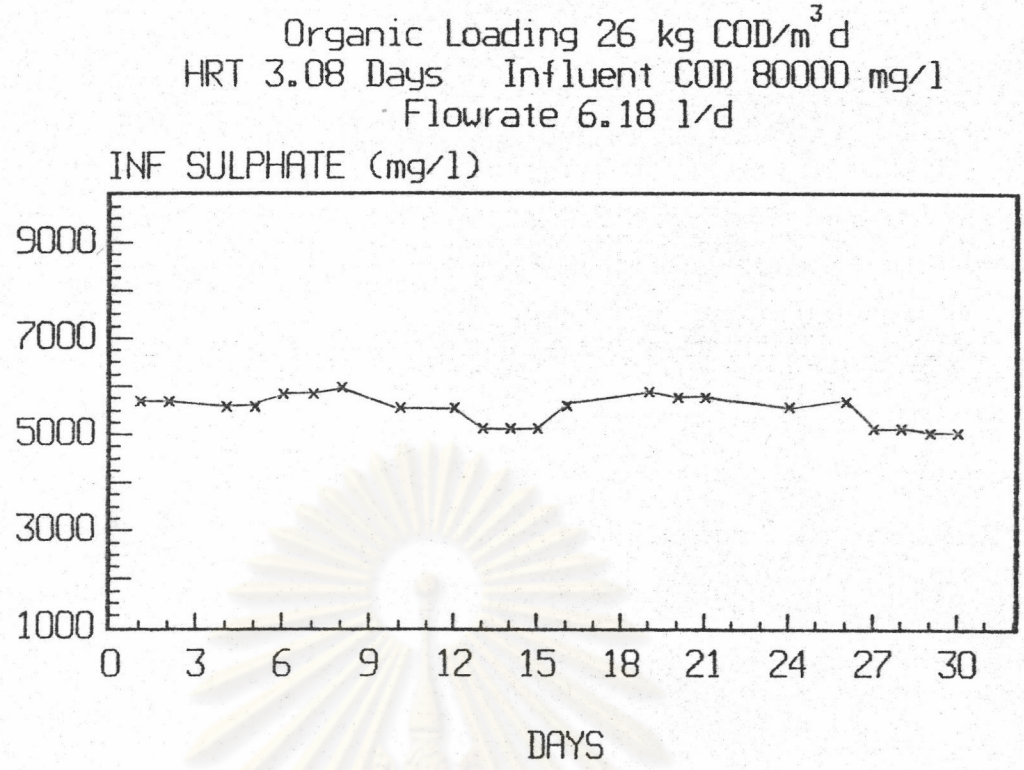
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



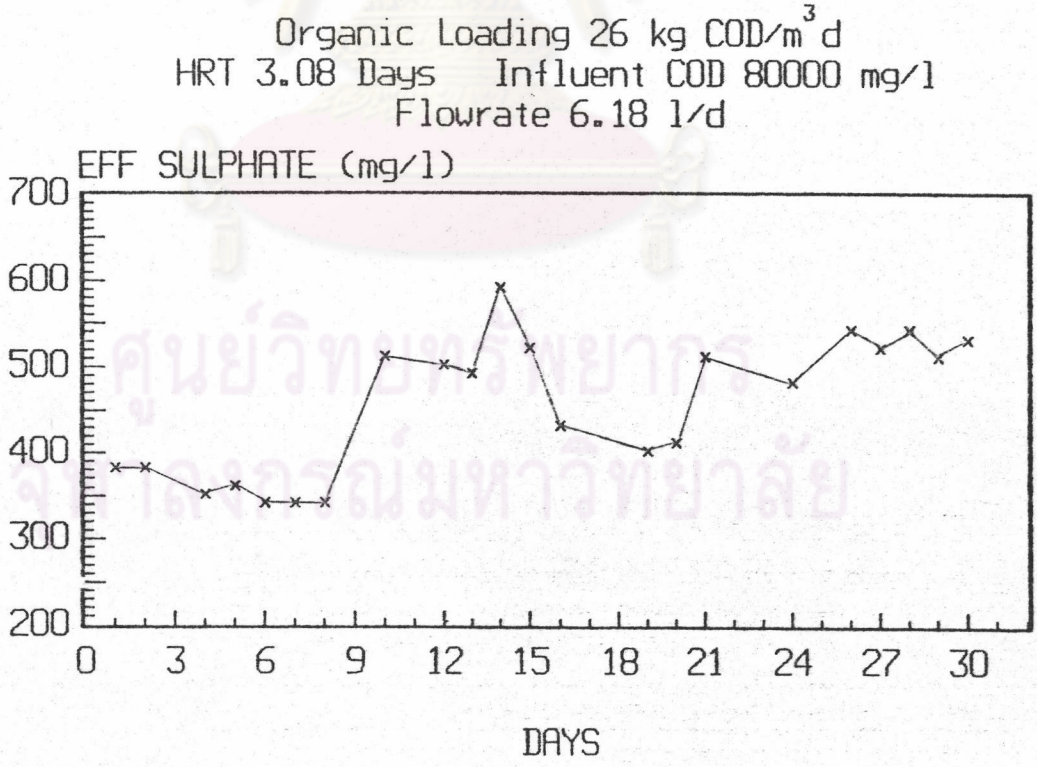
รูปที่ ข.118 การเปลี่ยนแปลงค่า COD ของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



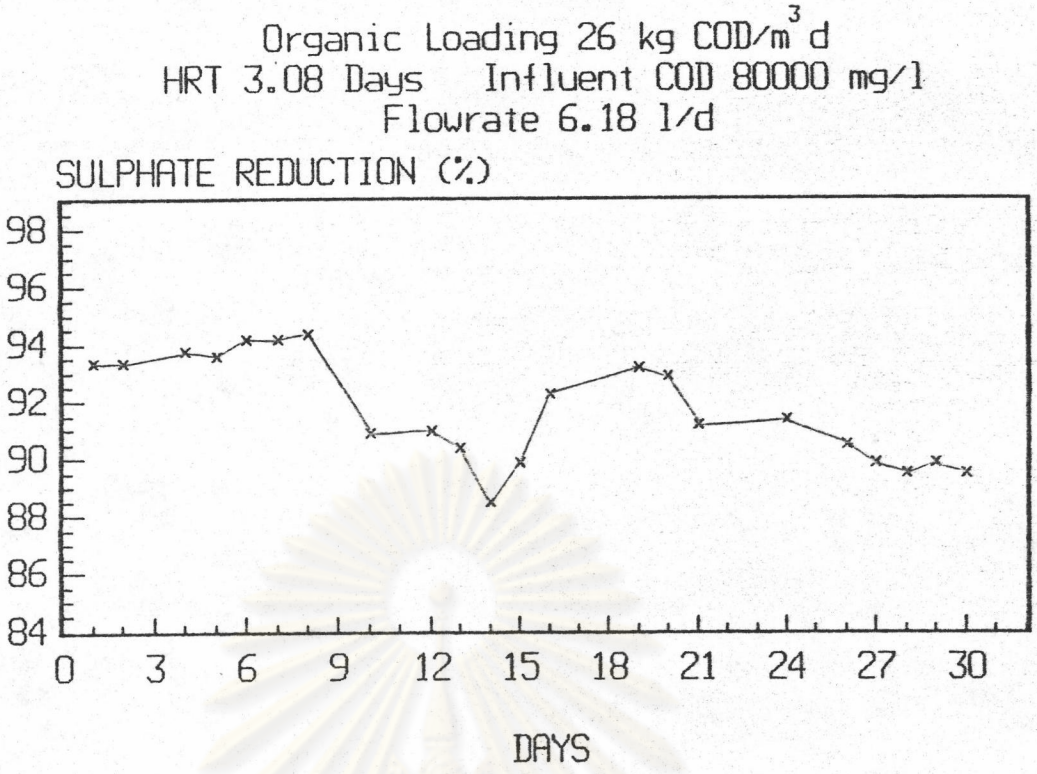
รูปที่ ข.119 การเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพการกำจัด COD ตลอดการทดลอง



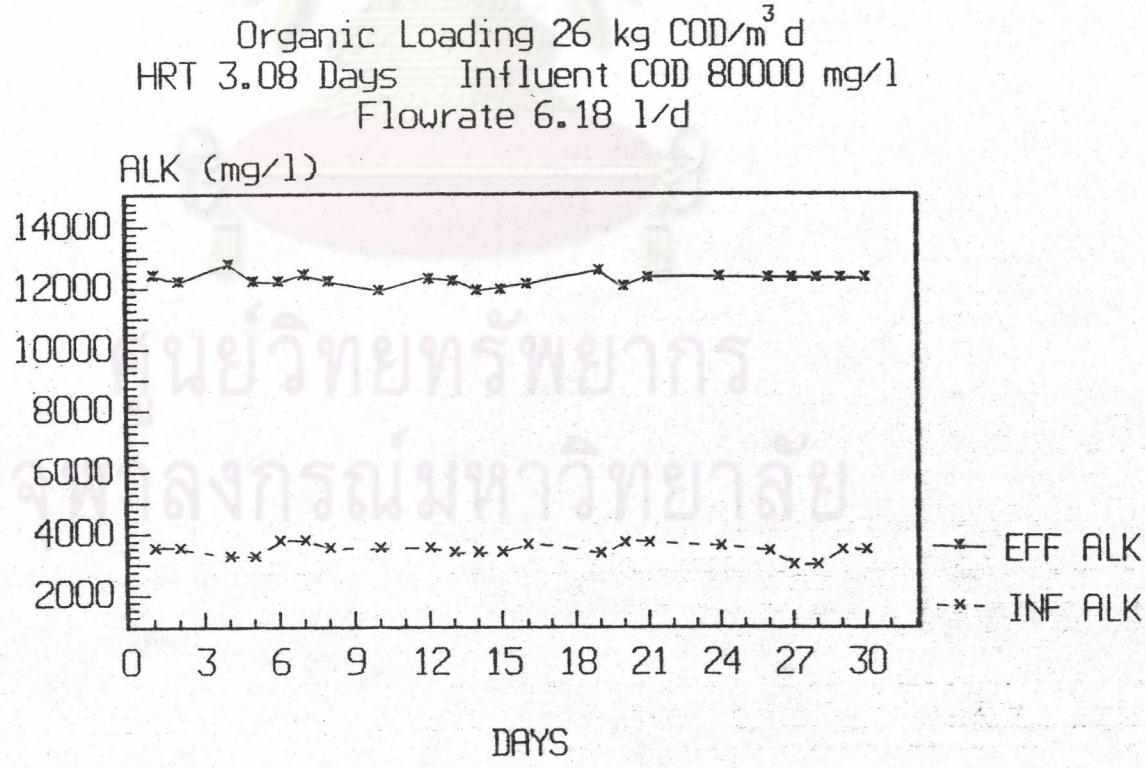
รูปที่ ข.120 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารซัลเฟตของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ ระบบตลอดการทดลอง



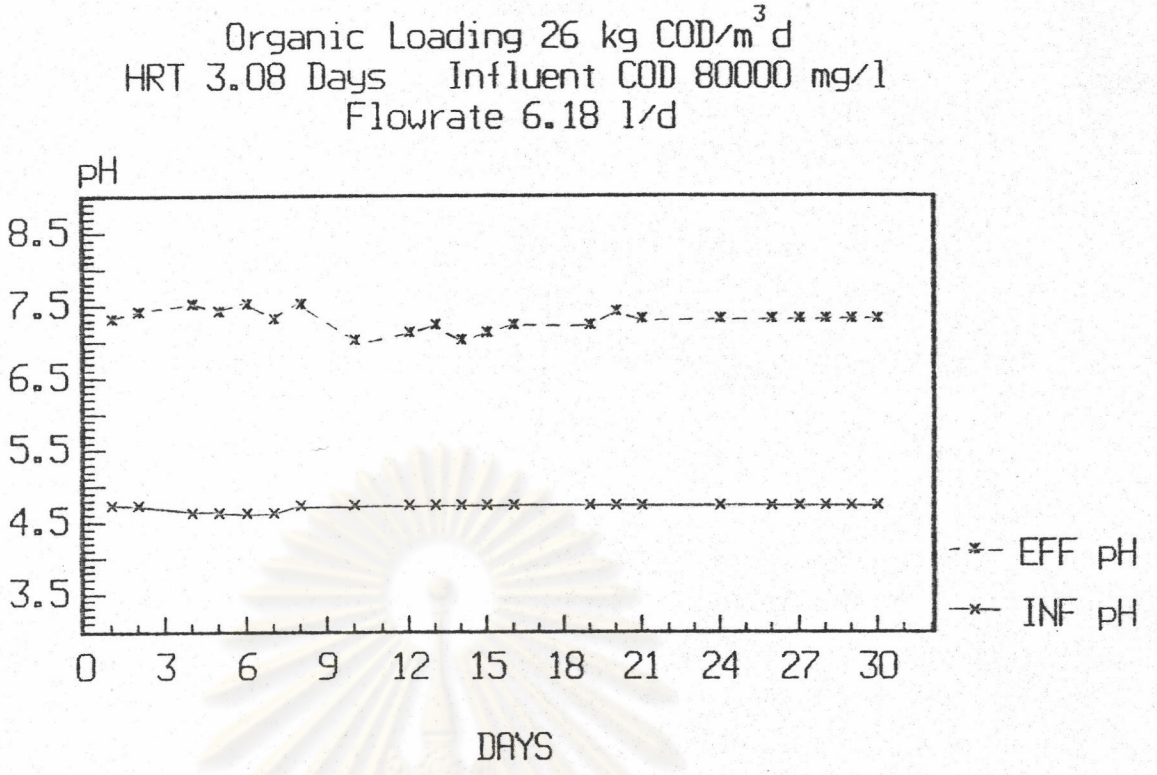
รูปที่ ข.121 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารซัลเฟตของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



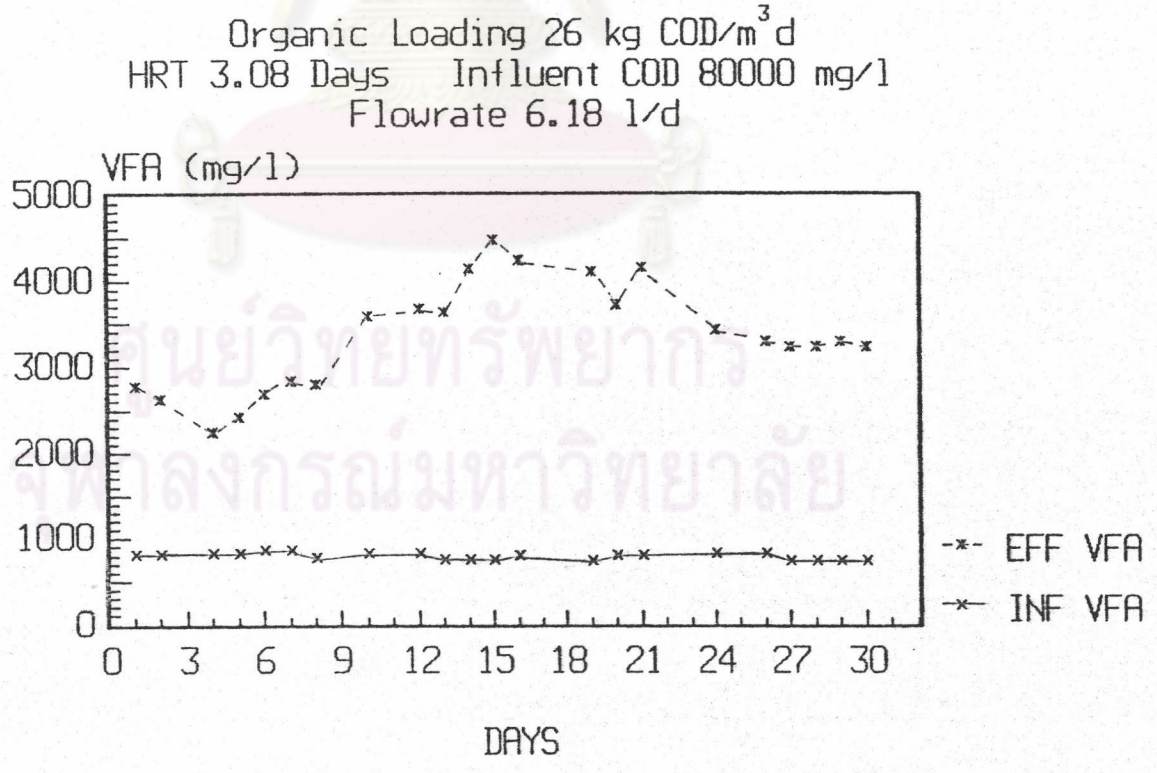
รูปที่ ข.122 การเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพการกำจัดสารซัลเฟตตลอดการทดลอง



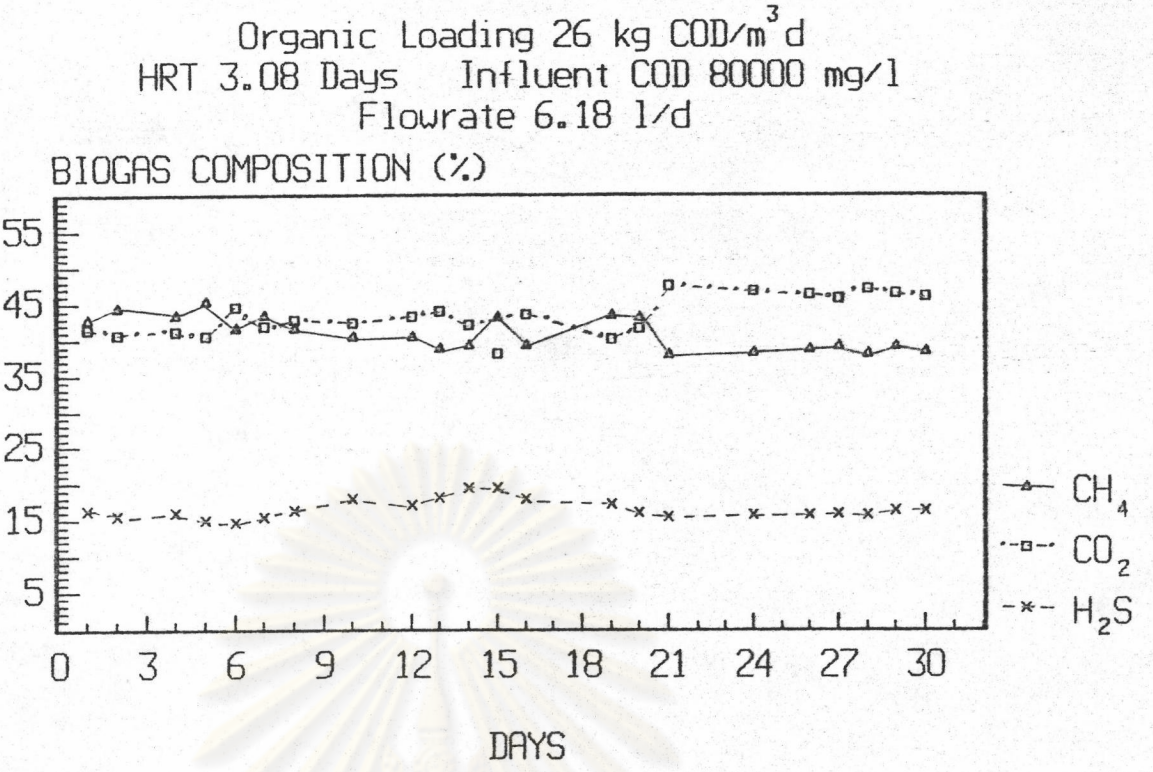
รูปที่ ข.123 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



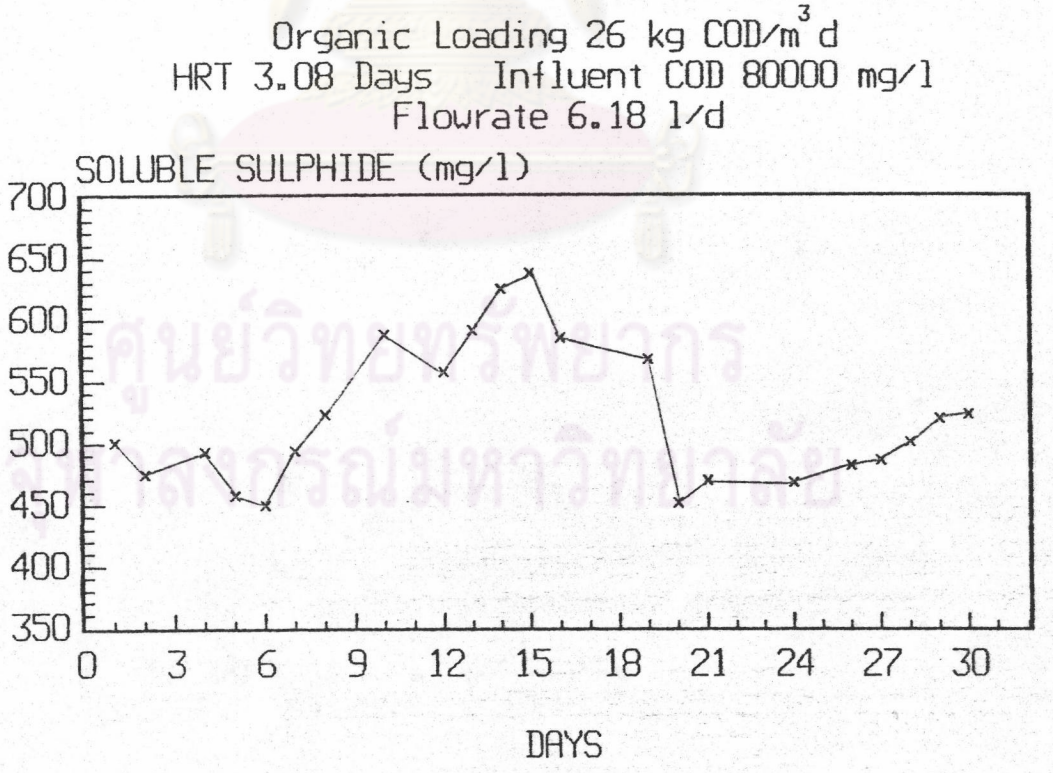
รูปที่ ข.124 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



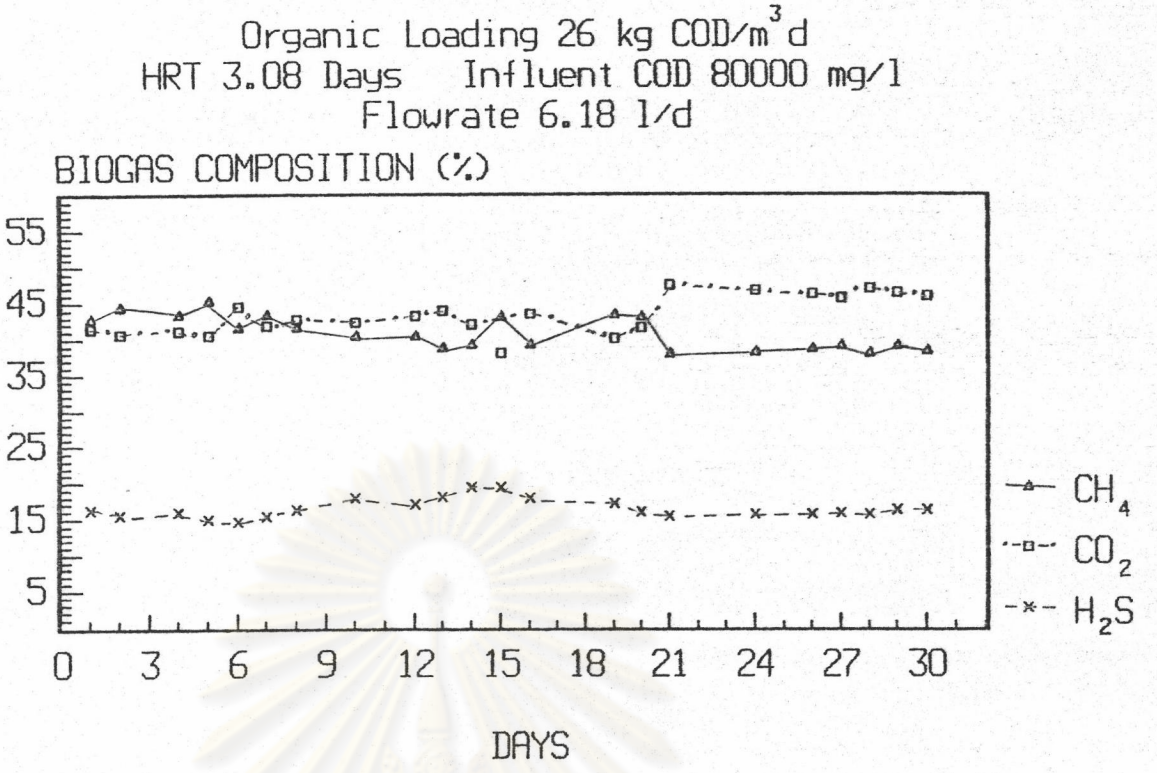
รูปที่ ข.125 การเปลี่ยนแปลงค่ากรดไขมันระเหยของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



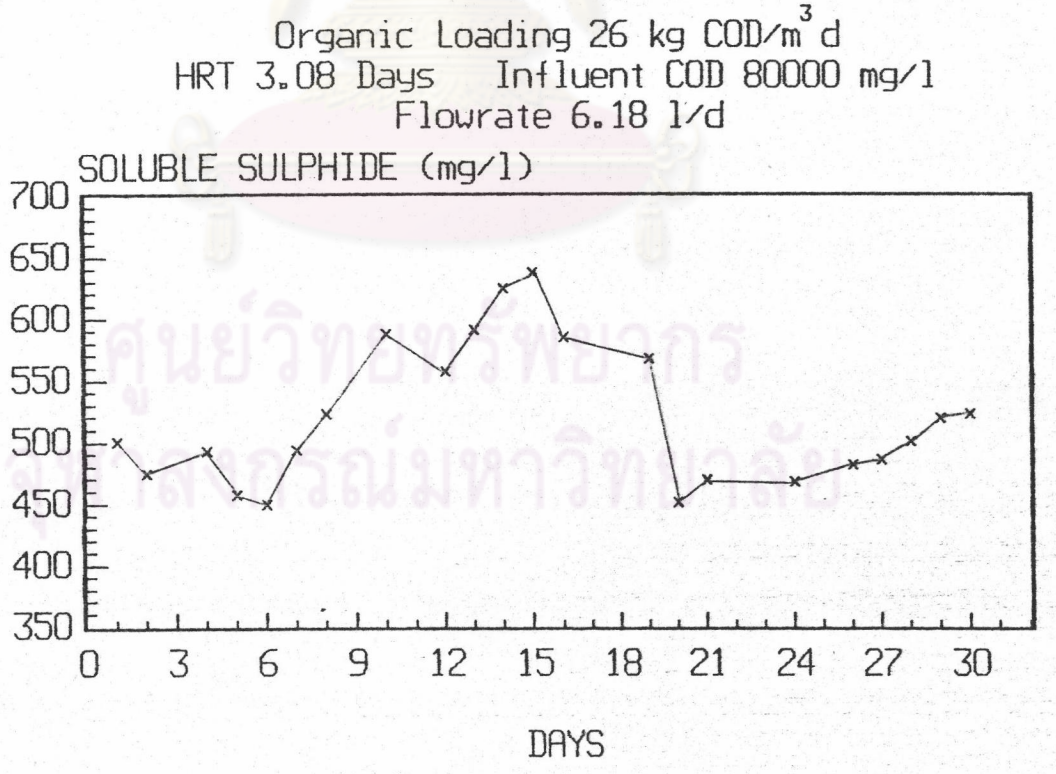
รูปที่ ข. 128 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบแก๊สของระบบตลอดการทดลอง



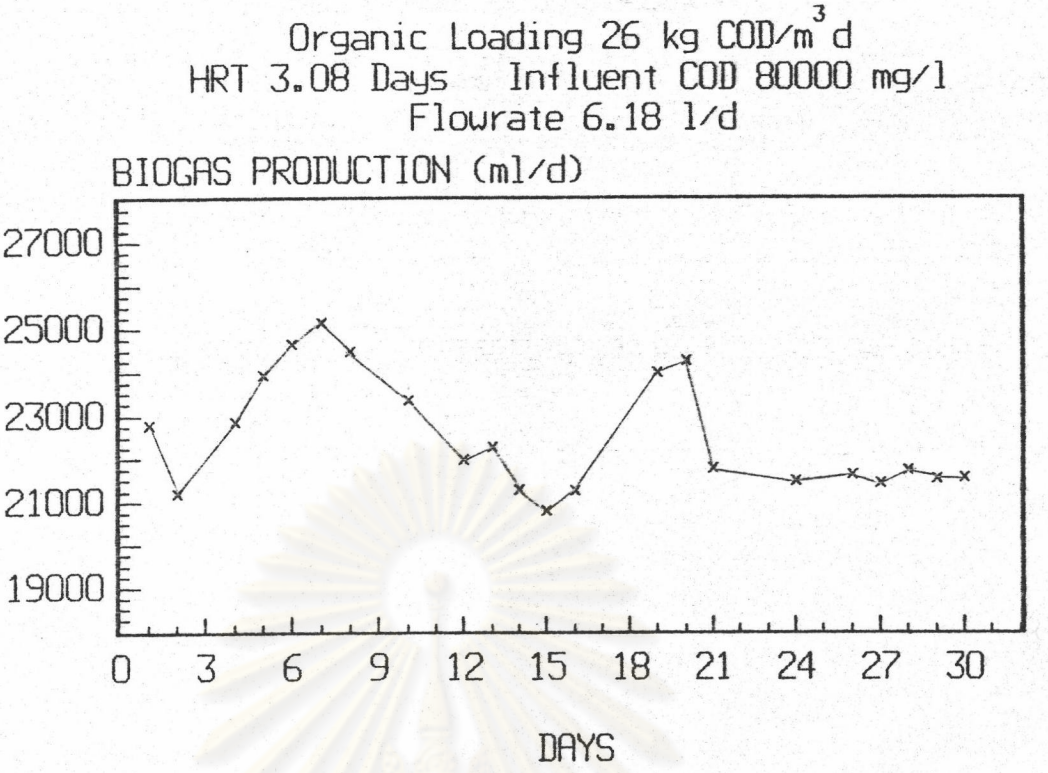
รูปที่ ข. 129 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลไฟด์ส่วนที่ละลายของระบบตลอดการทดลอง



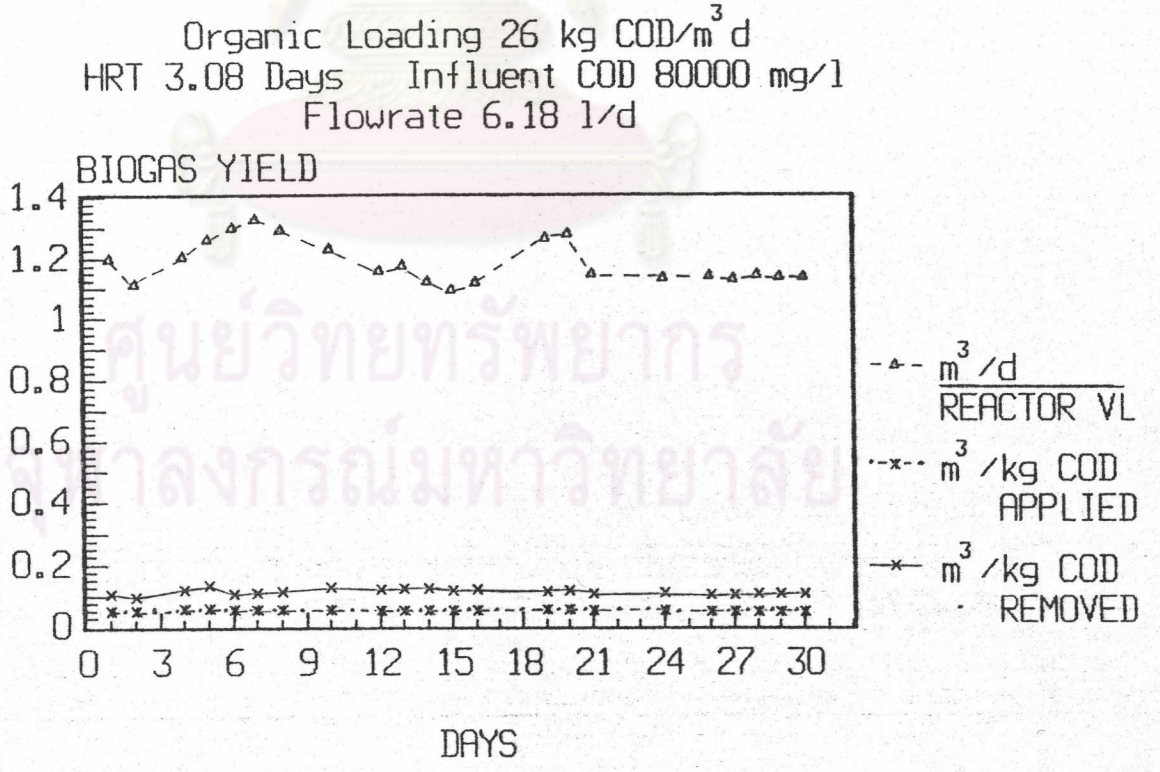
รูปที่ ข.128 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบแก๊สของระบบตลอดการทดลอง



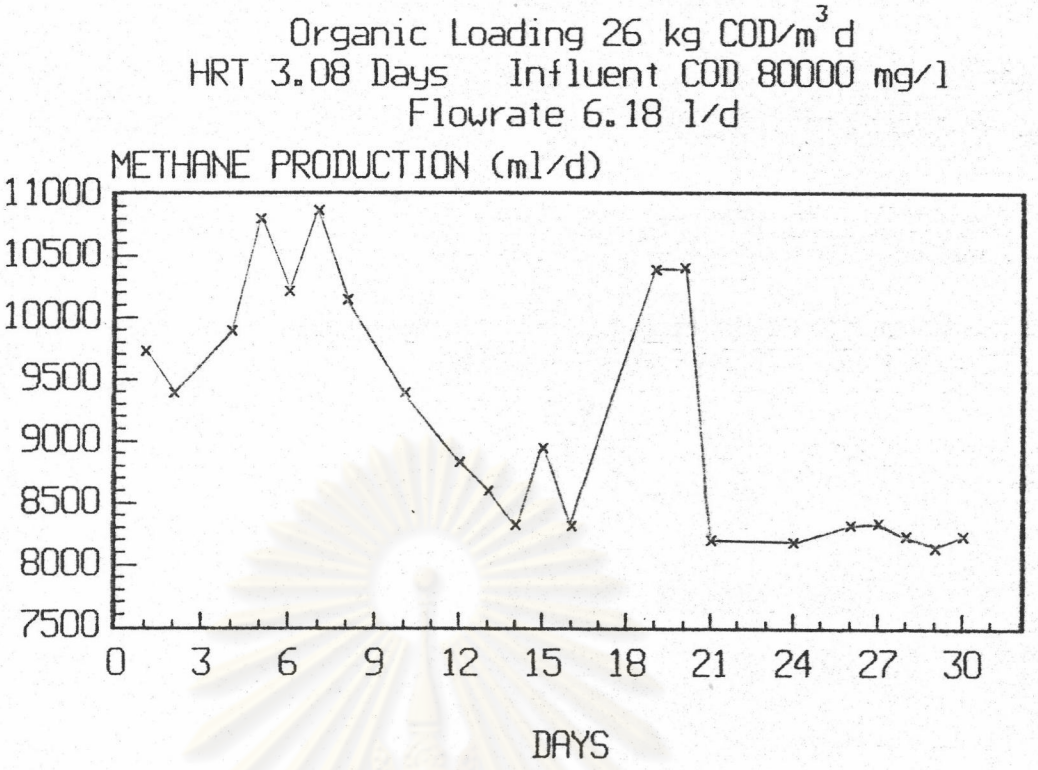
รูปที่ ข.129 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลไฟด์ส่วนที่ละลายของระบบตลอดการทดลอง



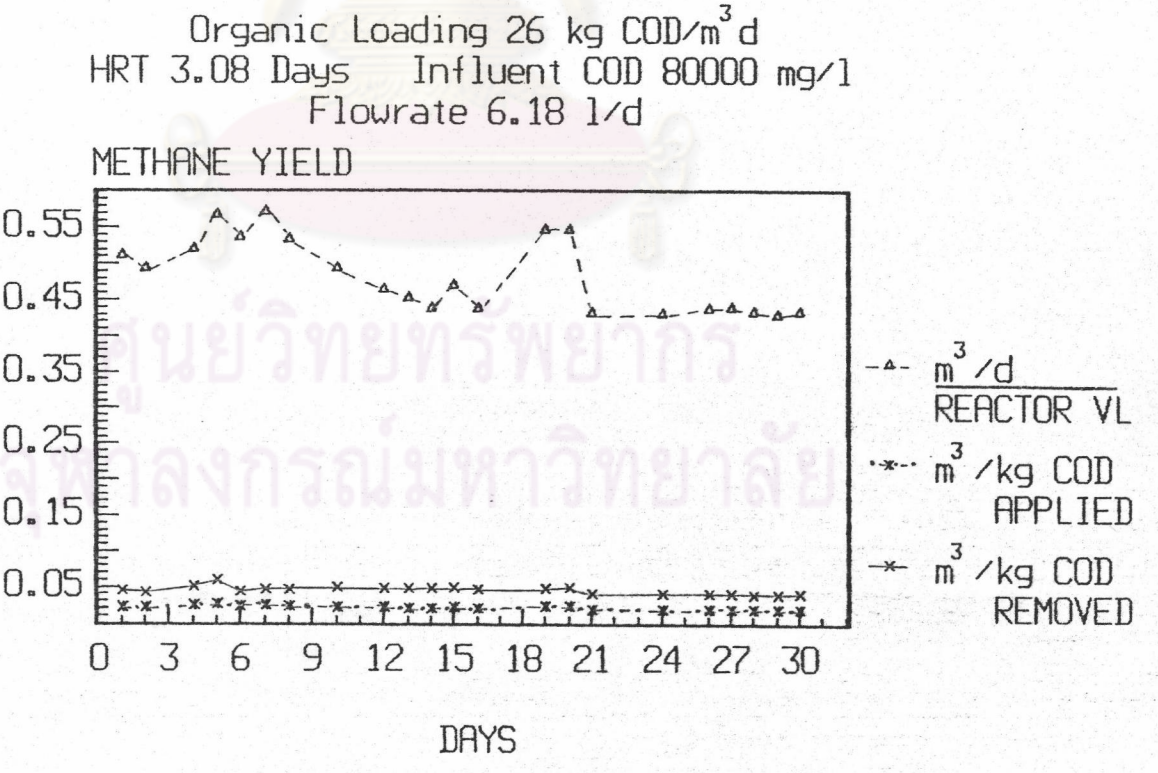
รูปที่ ข.130 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นของระบบตลอดการทดลอง



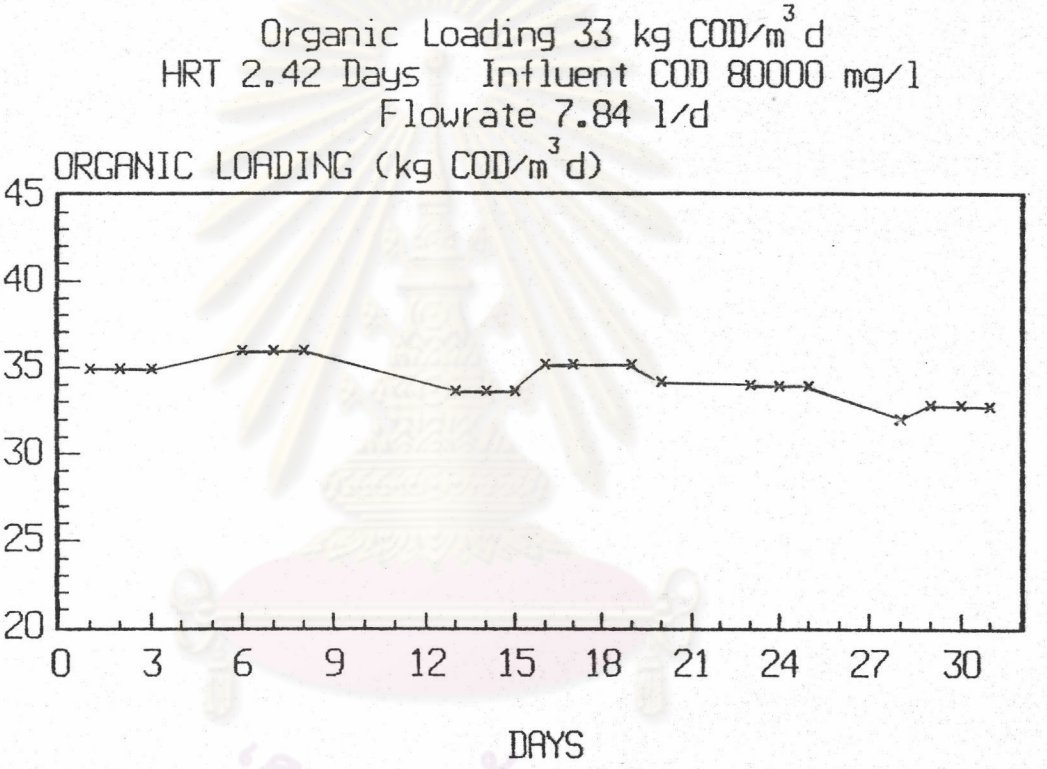
รูปที่ ข.131 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตแก๊สชีวภาพของระบบตลอดการทดลอง



รูปที่ ข.132 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สมีเทนที่เกิดขึ้นของระบบตลอดการทดลอง

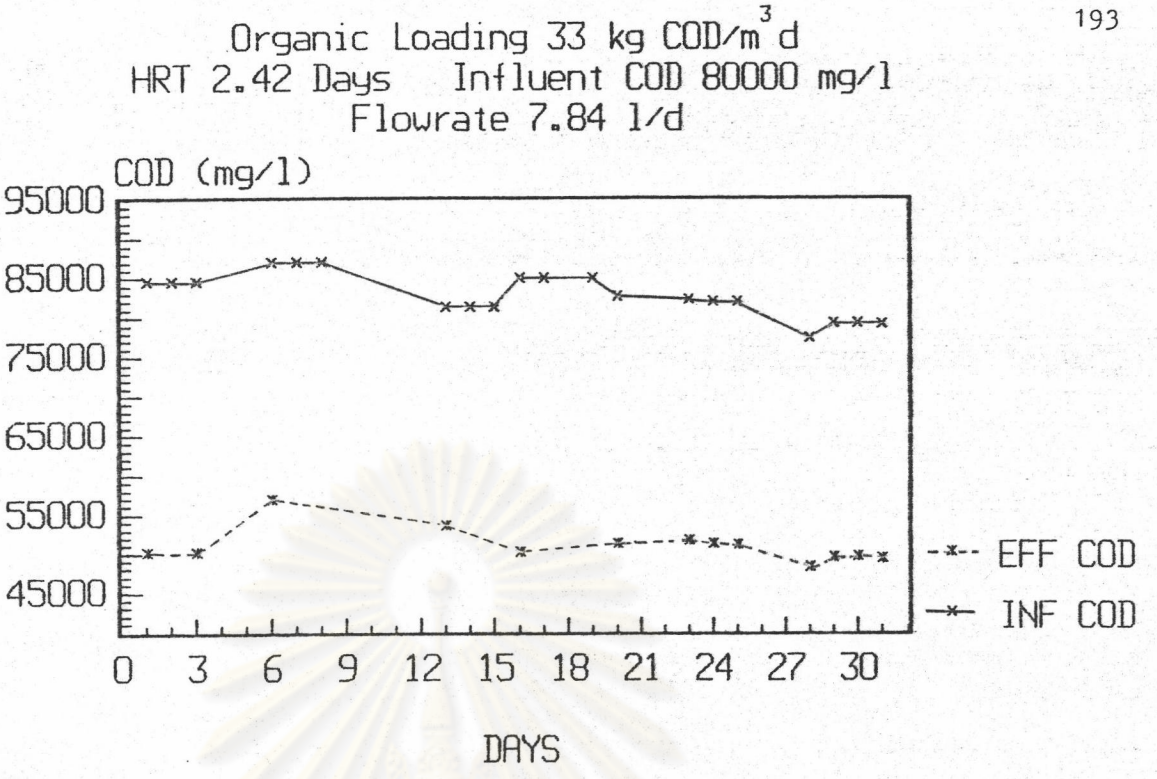


รูปที่ ข.133 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตแก๊สมีเทนของระบบตลอดการทดลอง

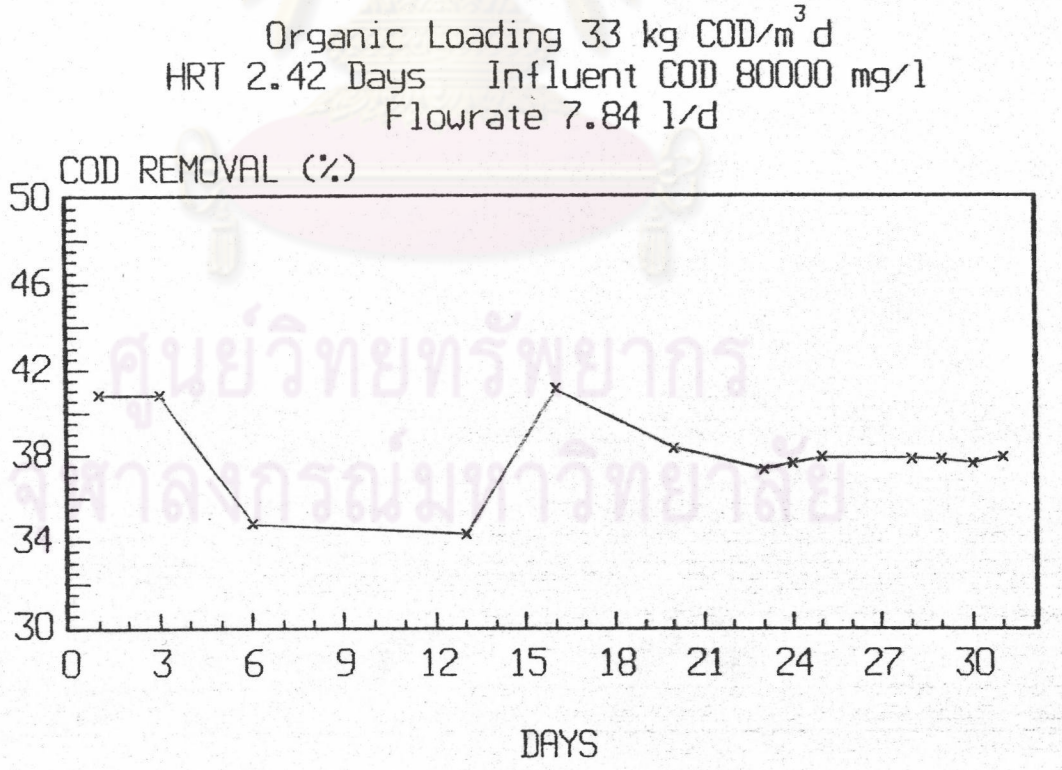


รูปที่ ข.134 การเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการรับสารอินทรีย์ตลอดการทดลอง

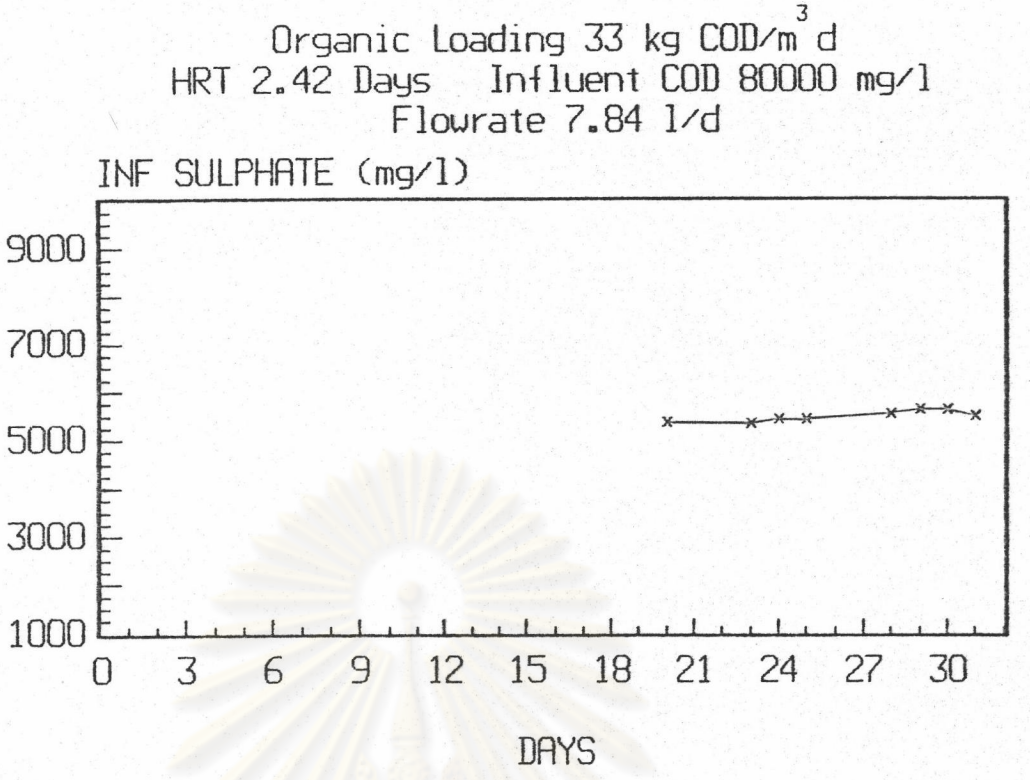
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



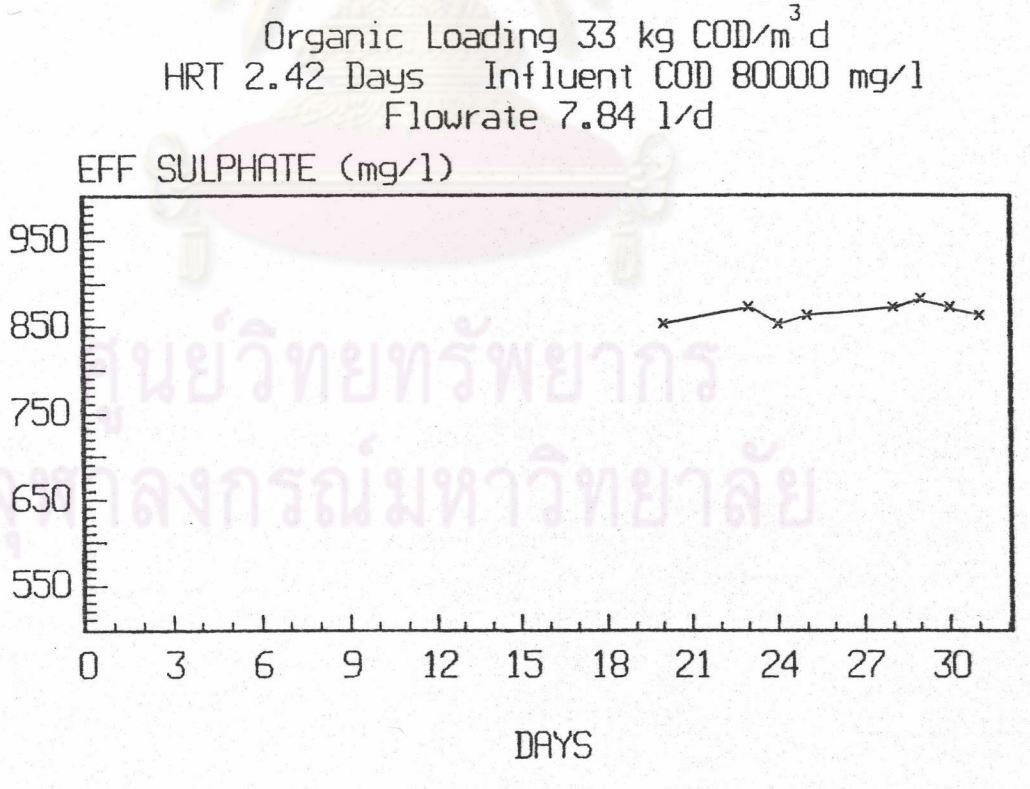
รูปที่ ข.135 การเปลี่ยนแปลงค่า COD ของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



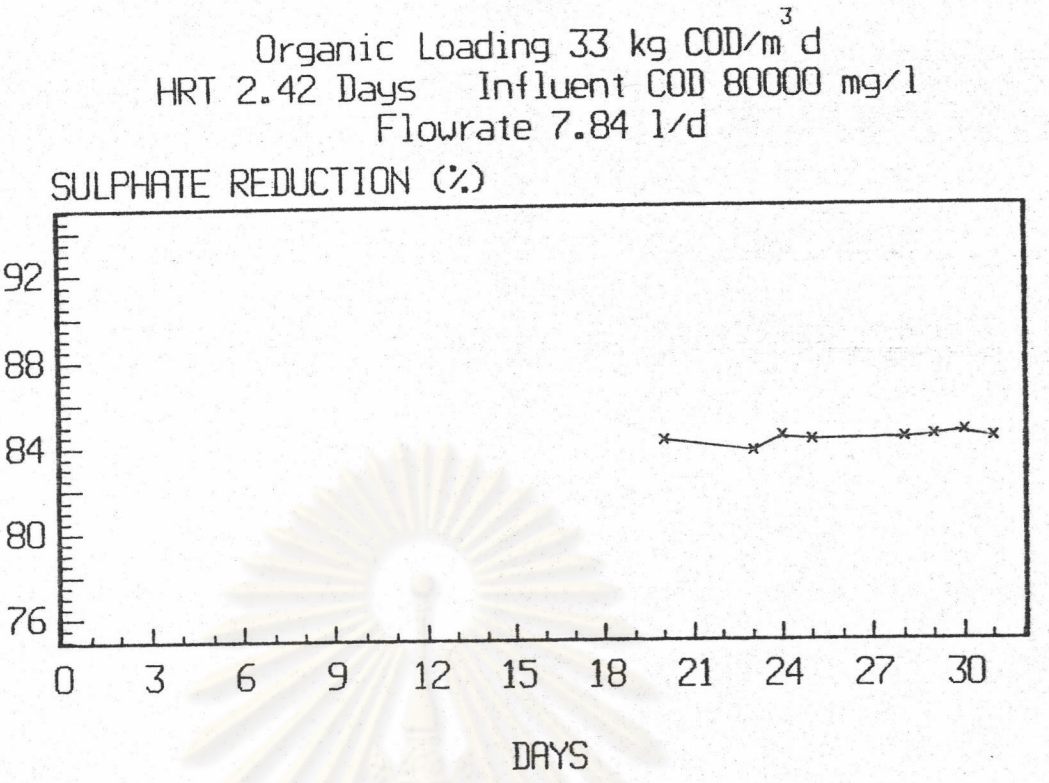
รูปที่ ข.136 การเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพการกำจัด COD ตลอดการทดลอง



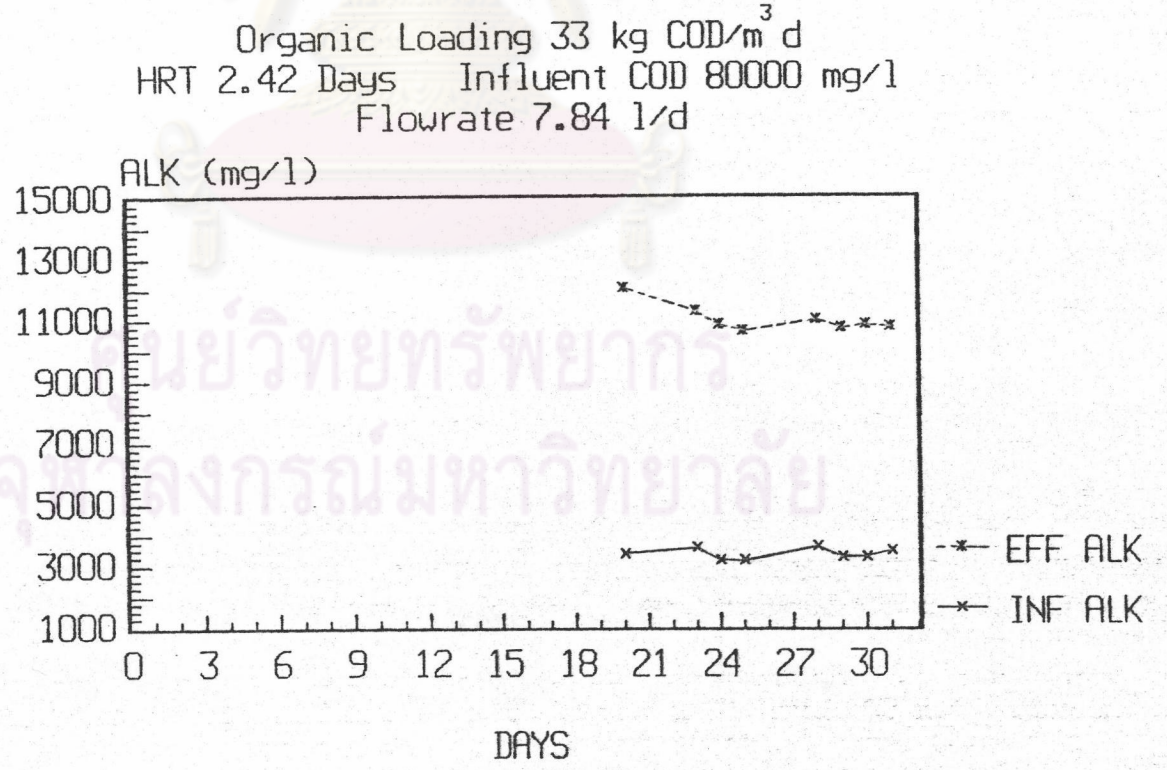
รูปที่ ข.137 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารซัลเฟตของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ ระบบตลอดการทดลอง



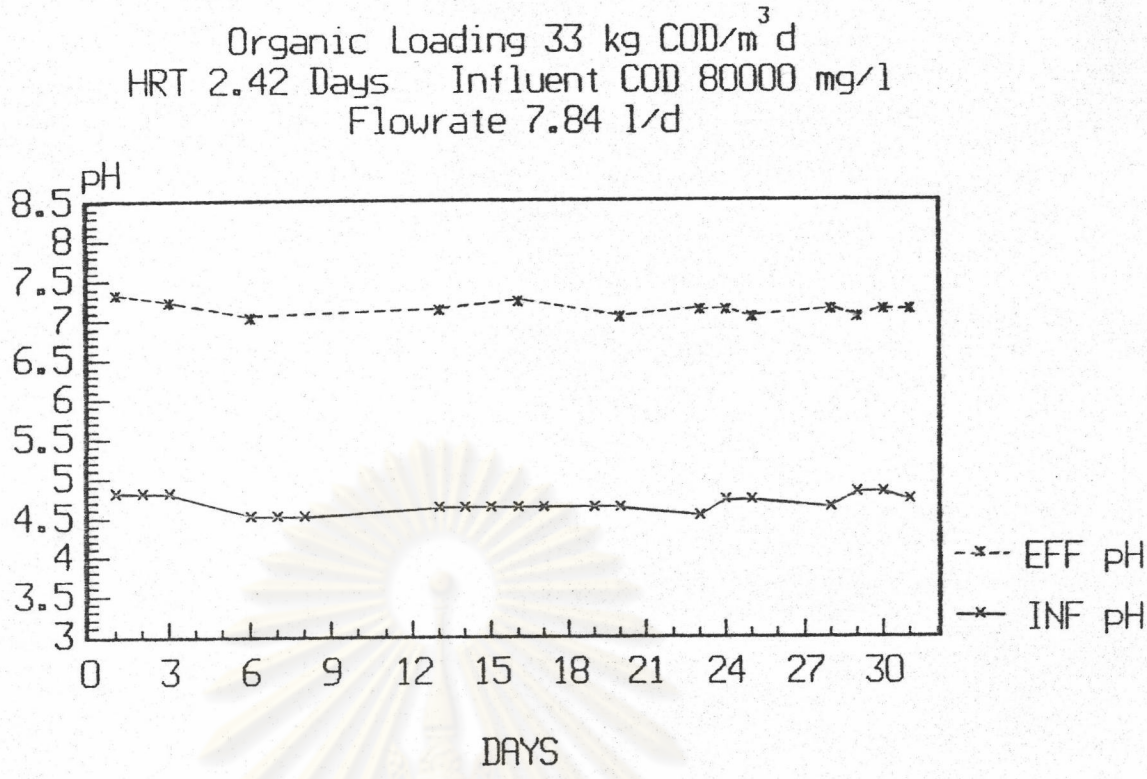
รูปที่ ข.138 การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารซัลเฟตของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



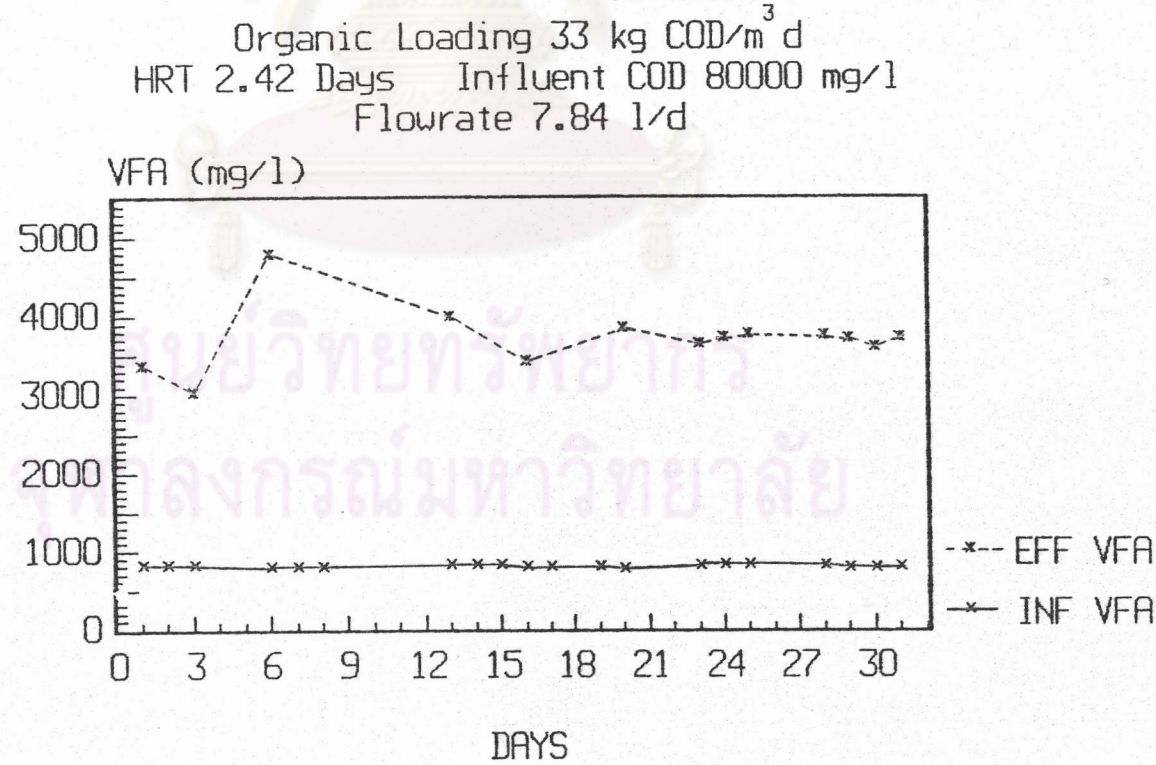
รูปที่ ข.139 การเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพการกำจัดสารซัลเฟตตลอดการทดลอง



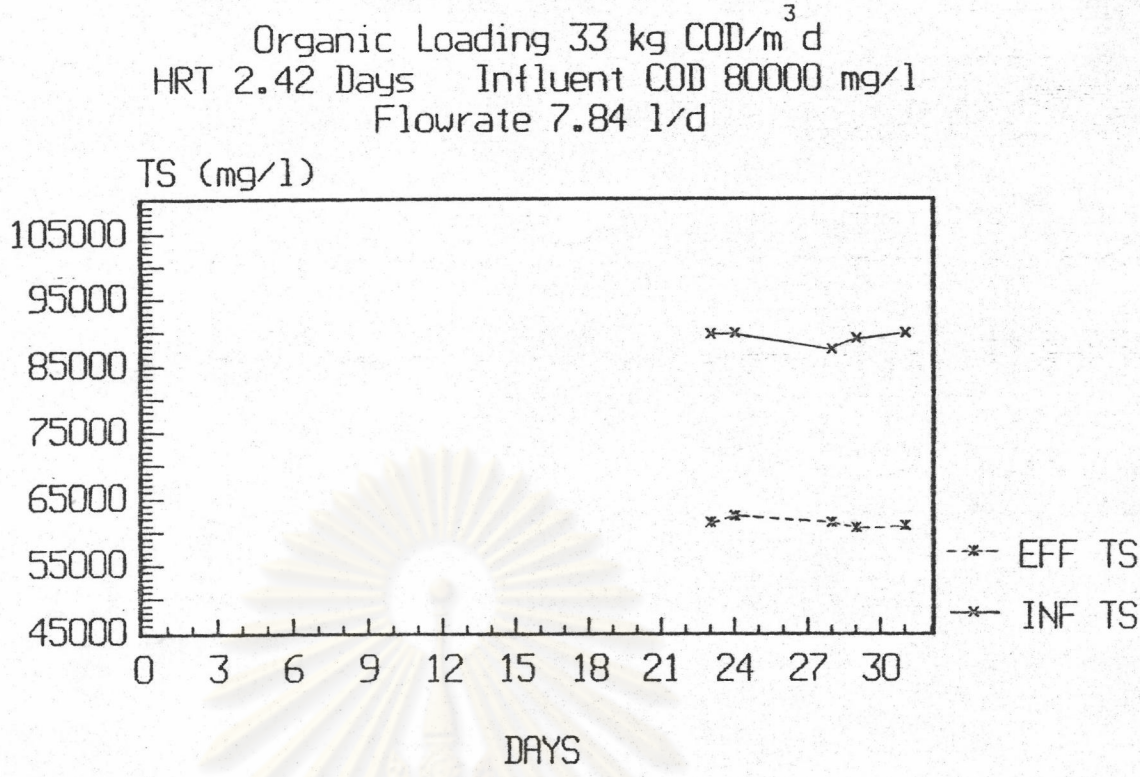
รูปที่ ข.140 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นด่างของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



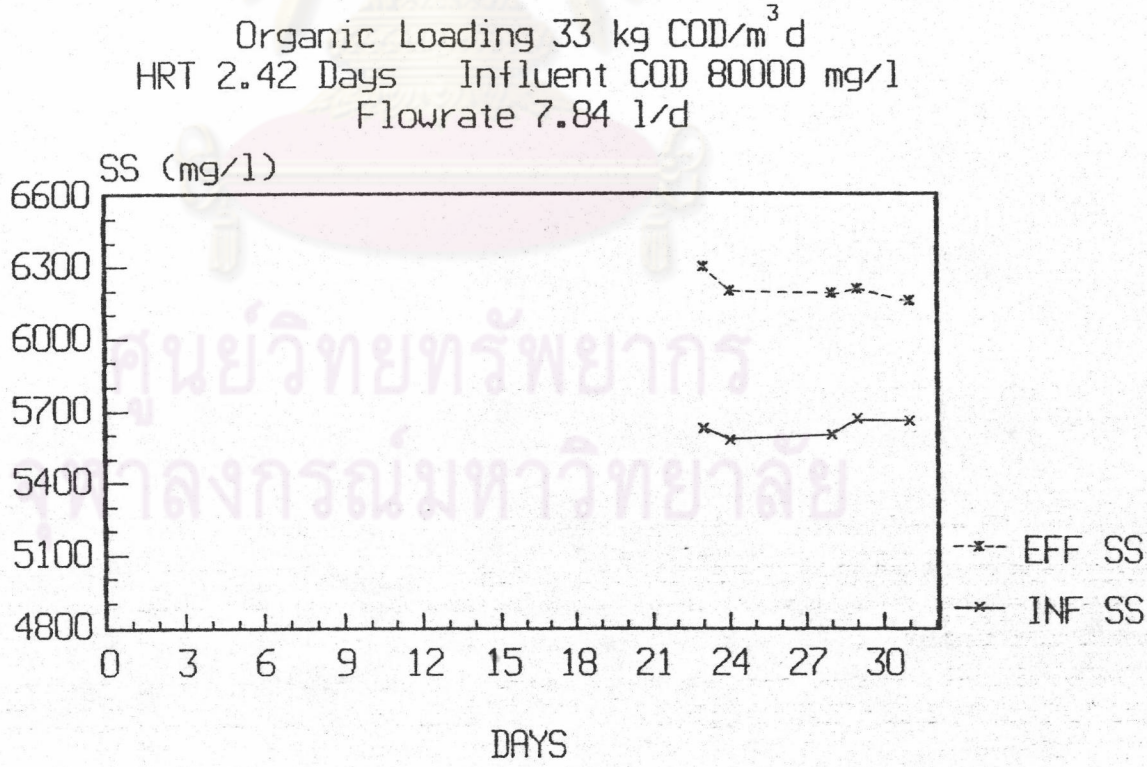
รูปที่ ข.141 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



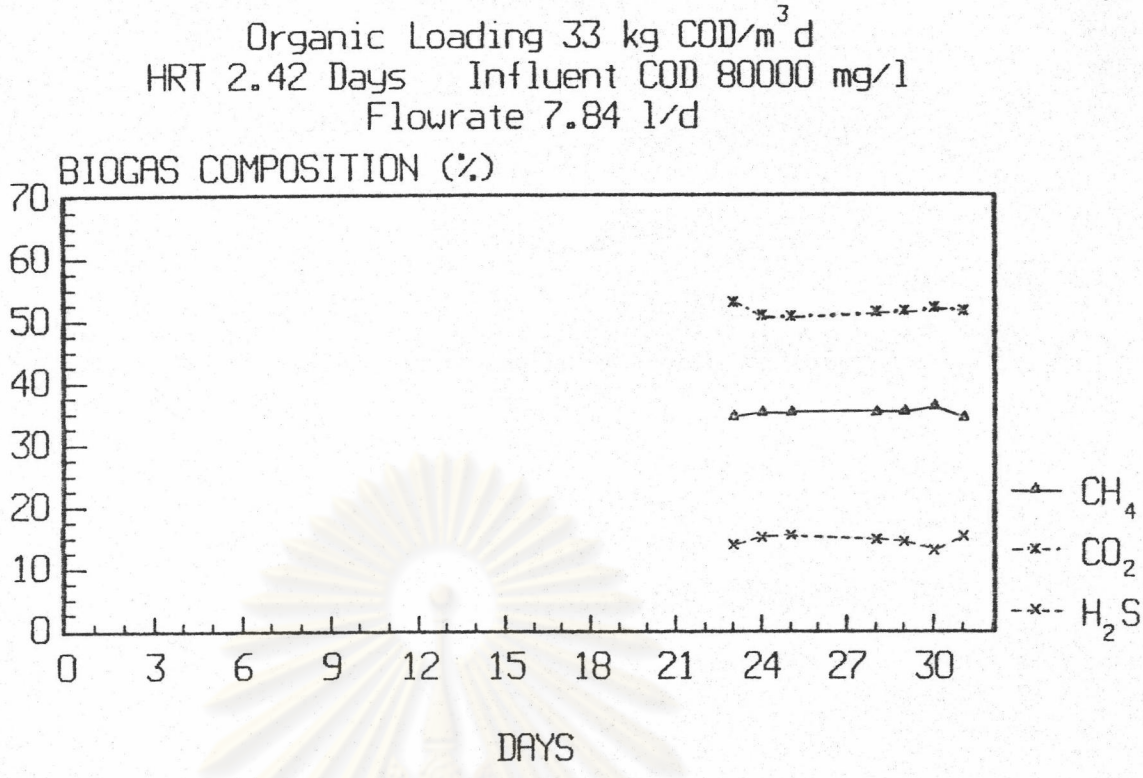
รูปที่ ข.142 การเปลี่ยนแปลงค่ากรดไขมันระเหยของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



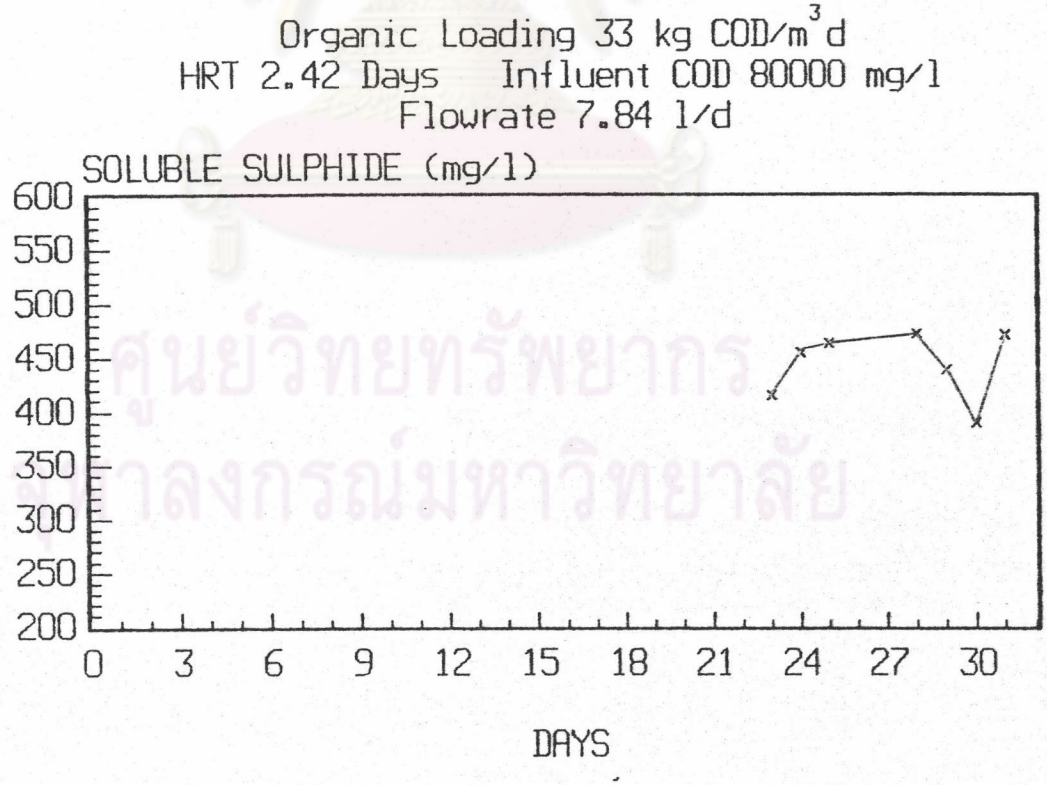
รูปที่ ข.143 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งทั้งหมดของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง



รูปที่ ข.144 การเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งแขวนลอยของน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบและน้ำทิ้งที่ออกจากระบบตลอดการทดลอง

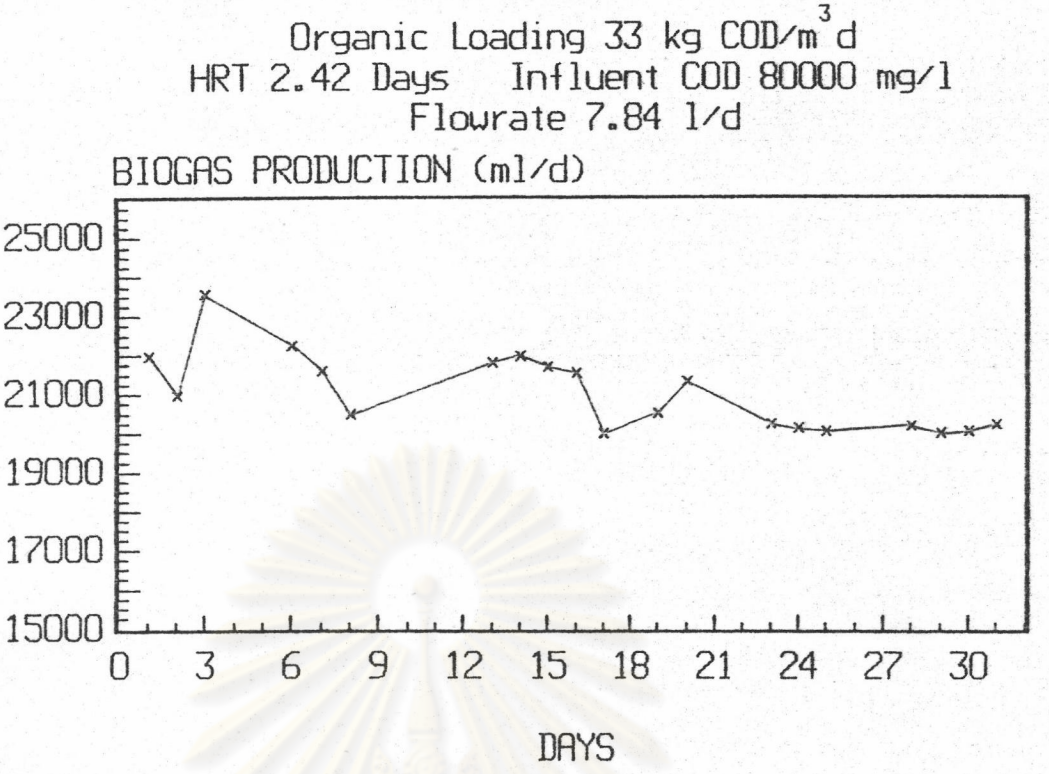


รูปที่ ข.145 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบแก๊สของระบบตลอดการทดลอง

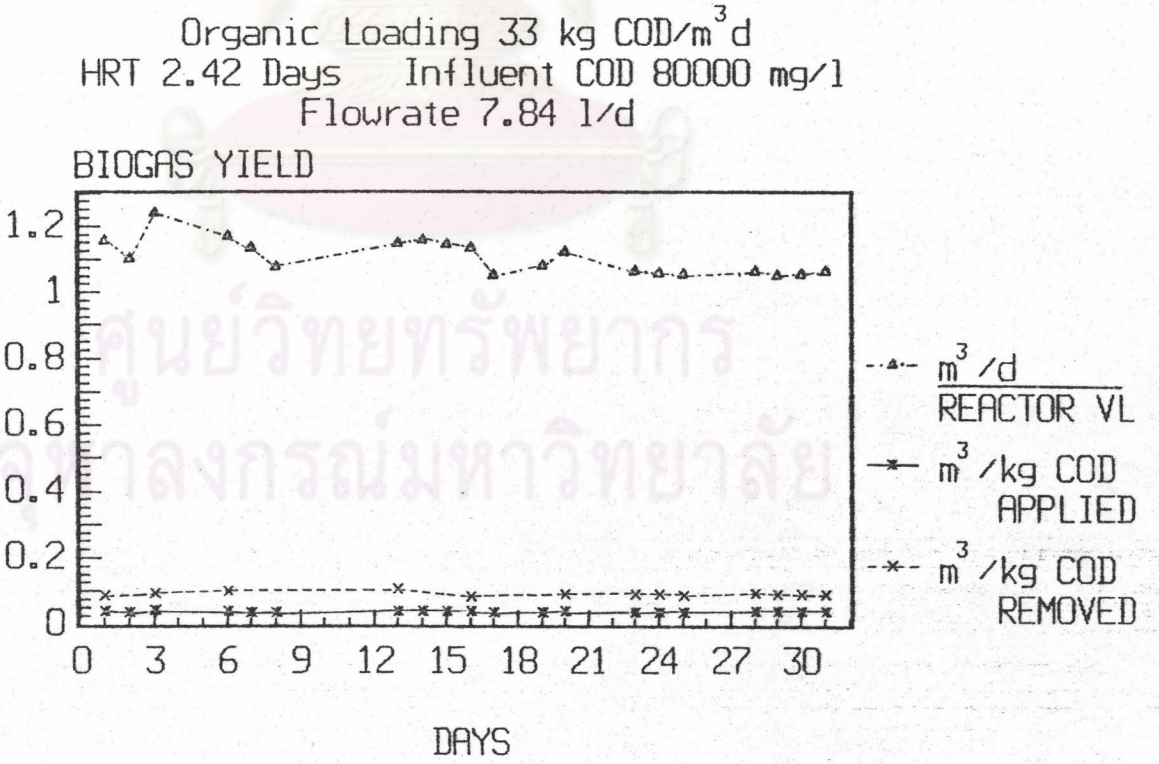


รูปที่ ข.146 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลไฟด์ส่วนที่ละลายของระบบตลอดการทดลอง

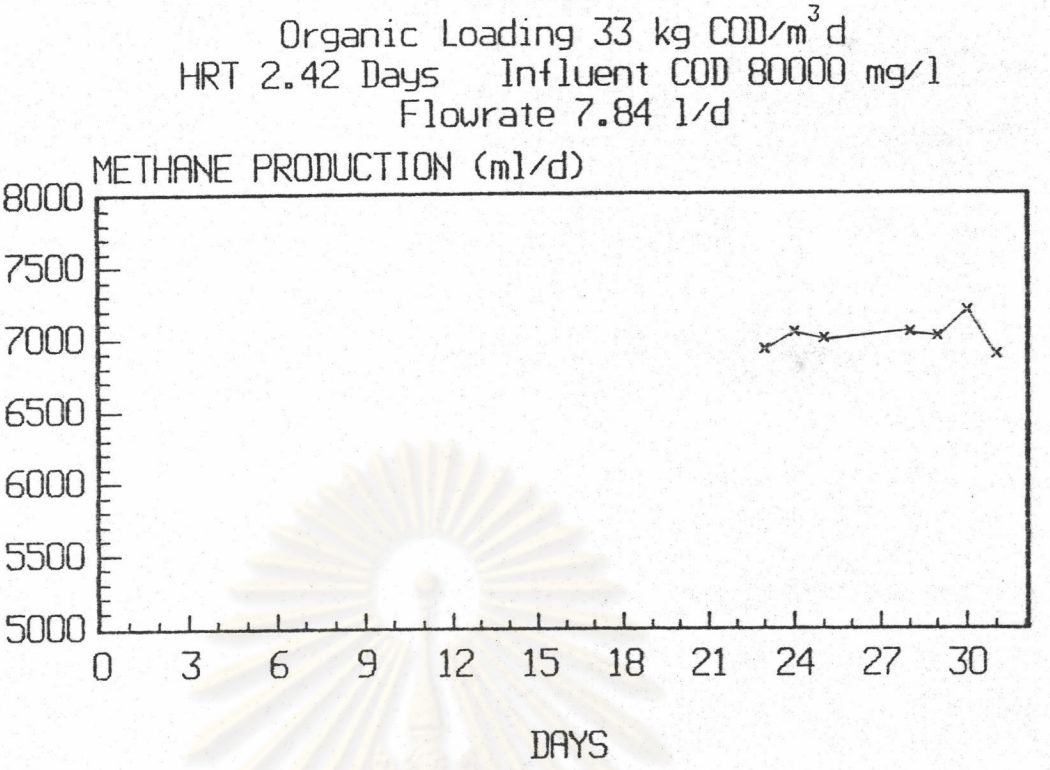
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



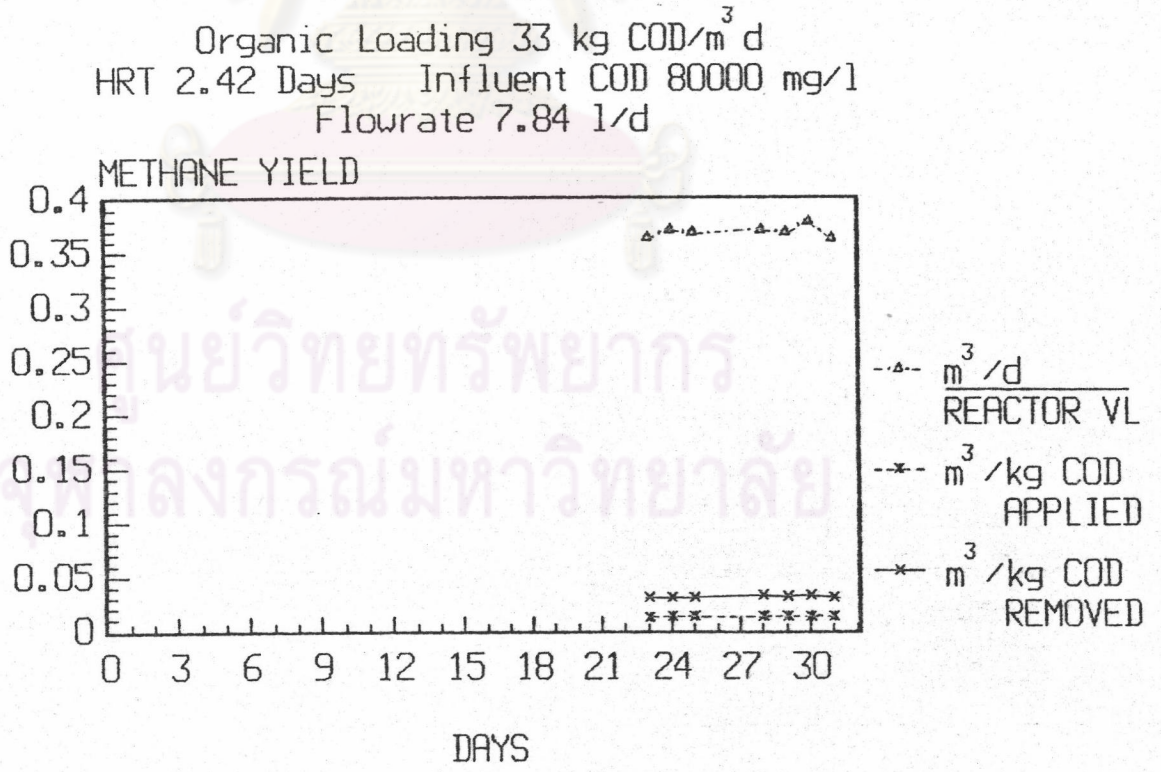
รูปที่ ข.147 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สชีวภาพที่เกิดขึ้นของระบบตลอดการทดลอง



รูปที่ ข.148 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตแก๊สชีวภาพของระบบตลอดการทดลอง



รูปที่ ข.149 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแก๊สมีเทนที่เกิดขึ้นของระบบตลอดการทดลอง



รูปที่ ข.150 การเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการผลิตแก๊สมีเทนของระบบตลอดการทดลอง

ภาคผนวก ค

การคำนวณสมดุลซัลเฟอร์

การคำนวณสมดุลซัลเฟอร์ใช้ข้อมูลจากตารางที่ ค.1

ตัวอย่างการคำนวณสมดุลซัลเฟอร์ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 5.16 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน มีดังนี้คือ

inf SO_4^{2-}	2370	mg/l
eff SO_4^{2-}	300	mg/l
flowrate	2.59	l/d

ดังนั้น

ปริมาณซัลเฟตที่เข้าระบบ = 2370 x 2.59 = 6138.3 mg/d

น้ำหนักโมเลกุลซัลเฟต = 96

ซัลเฟต 96 mg มีซัลเฟอร์ (S) 32 mg

ถ้า ซัลเฟต 6138.3 mg มีซัลเฟอร์ (S) $\frac{32 \times 6138.3}{96}$ = 2046.1 mg/l

ปริมาณซัลเฟตที่ออกจากระบบคำนวณเช่นเดียวกัน จะได้

inf SO_4^{2-} -S 2046.1 mg/d ——— (1)

eff SO_4^{2-} -S 259 mg/d ——— (2)

ปริมาณซัลไฟด์ส่วนที่ละลาย (Soluble Sulphide) 226 mg/l

คิดเป็น 226x2.59 = 585.34 mg/l ——— (3)

ตารางที่ ค.1 ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณสมดุลซัลเฟอร์ในแต่ละอัตราการรับสารอินทรีย์

ข้อมูลที่ใช้	อัตราการรับสารอินทรีย์ (Kg COD/m^3d)								
	5.16	7.00	9.34	11.31	15.03	18.31	21.20	26.83	33.83
inf SO_4^{2-} (mg/l)	2370	3130	4640	4730	4420	4960	5640	5530	5440
eff SO_4^{2-} (mg/l)	300	390	190	46	74	101	221	530	870
flowrate (l/d)	2.59	2.59	2.59	3.17	4.32	4.28	4.99	6.18	7.84
Soluble Sulphide (mg/l)	226	270	370	554	576	444	566	491	447
H_2S (%)	7.5	9.1	11.8	18.0	18.8	14.3	17.8	15.6	14.1
Biogas production (ml/d)	5157	7007	12058	13526	16189	19148	22164	21516	20073
Temperature (K)	304	305	304	303	304	303	302	302	302

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

H_2S 7.5%

Biogas production 5157 ml/d

ดังนั้น มี $H_2S = \frac{5157 \times 7.5}{100} = 386.78$ ml/d

Temp. 304 K

ที่ 304 K มีปริมาตร H_2S 386.78 ml

ที่ STP 273 K มีปริมาตร H_2S $\frac{386.78 \times 273}{304} = 347.34$ ml

ที่ STP แก๊ส 1 mole มีปริมาตร 22.4 dm^3 = 22400 ml

ดังนั้น แก๊ส H_2S 347.34 ml คิดเป็น $\frac{347.34}{22400} = 0.0155$ ml

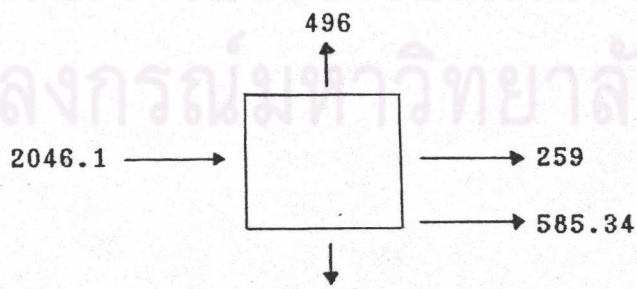
น้ำหนักโมเลกุล H_2S = 34

mgH_2S = 0.0155 x 34 x 1000 = 527

H_2S 34 g มี S 32 g

ดังนั้น เกิด S = $\frac{32 \times 527}{} = 496$ mg/d ————(4)

ข้อมูลจาก (1) - (4) เขียนแผนภาพสมดุลในระบบได้ดังนี้



สมดุลซัลเฟอร์คำนวณจาก

ปริมาณซัลเฟอร์ทั้งหมดที่เข้าระบบ - ปริมาณซัลเฟอร์ทั้งหมดที่ออกจากระบบ - ปริมาณซัลเฟอร์ที่สะสมในระบบ = 0

2046.1 - (469+259) - 585.34 = 705.76

ดังนั้น สมดุลซัลเฟอร์ที่อัตราการรับสารอินทรีย์ 5.16 กก.COD ต่อ ลบ.ม.-วัน มีปริมาณซัลเฟอร์สูญหายไป 705.76 มก.ต่อวัน โดยปริมาณที่สูญหายไปนี้อาจสะสมอยู่ในระบบในรูปของตะกอนซัลไฟด์ของโลหะเป็นส่วนใหญ่ และสะสมอยู่ในเซลของแบคทีเรียในระบบ สามารถคำนวณในรูป % ของปริมาณซัลเฟอร์ทั้งหมดที่เข้าระบบได้จาก

$$\frac{(2046.1 - (469 + 259 + 585.34)) \times 100}{2046.1} = 34\%$$

สมดุลซัลเฟอร์ที่อัตราการรับสารอินทรีย์อื่น ๆ คำนวณได้ในลักษณะเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นางสาวอังสนา สุขะหุต เกิดวันที่ 18 มกราคม พ.ศ. 2509 ที่อำเภอภาษีเจริญ จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ในปีการศึกษา 2531 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ ที่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2532

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย