เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

1. เกษมสันต์ สุวรรณรัต, " วิวัฒนาการของการบำบัดน้ำเสีย, " การบำบัดน้ำเสียและการนำมาใช้ประโยชน์, หน้า 4.1-4.11 สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2529

2. ชีรวัฒน์ สมศิริกาญจนคุณ, " การศึกษาปัญหาและอุปสรรคของอุตสาหกรรมสิ่งทอในประเทศไทย, " วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2531

3. [illegible] เนียมสว่าง, " การกำจัดสารอินทรีย์และสีพร้อมกัน โดยใช้ระบบ PAC Activated Sludge, " วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2526

4. บุญยง โม่ห่วงศ์วัฒน, " ผลกระทบและกฎหมายควบคุมสิ่งแวดล้อมโรงงาน, " การบำบัดน้ำเสียและการนำมาใช้ประโยชน์, หน้า 1.1-1.3 สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2529

5. มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, " เทคนิคในการบำบัดน้ำเสีย, " การบำบัดน้ำเสียและการนำมาใช้ประโยชน์, หน้า 3.2-3.9 สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2529

6. สมชัย สุชาติเจริญยิ่ง, ผลงานปี 2529-2530 งานแม่น้ำเจ้าพระยา , หน้า 8-69 ฝ่ายอนุรักษ์ลำน้ำและชายฝั่ง กองสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม , 2531

7. สุภาพ แสนสุข, " การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตเครื่องดื่มด้วยระบบบ่อเติมอากาศ, " วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2520

8. เสริมผล รัตสุข และ ไชยยุทธ กลิ่นสุคนธ์, การกำจัดน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชน, กรุงเทพฯ : สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, 2524

9. อดิศร เมฆาวรนนท์, ผลงานปี 2529-2530 งานแม่น้ำท่าจีน, หน้า 19-77 ฝ่ายอนุรักษ์ลำน้ำและชายฝั่ง กองสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2531

ภาษาอังกฤษ

1. APHA AWWA and WPCF . Standard Methods for the examination of water and wastewater. 14th Edition. Washington, D.C. :American Puble Health Association, American Water Works Association, and Water Pollution Control Federation, 1975

2. CHAMBERS, B., and TOMLINSON, E.J. Bulking of Activated Sludge : Preventive and Remedial Method. 1st Edition.

Chichester : Ellis Horwood Limited, 1982

3. DONALD W. SUNDSTROM and HERBERT E.KLEI, " Biological design parameters " Wastewater Treatment & Prentice - Hall, Inc, 1979

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

มาตราฐานคุณภาพน้ำ

(สำเนา)

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ 12 (พ.ศ.2525)

ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2512

เรื่อง หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 39(6) แห่งพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2512 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม ออกประกาศกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการที่ผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานทุกประเภทหรือชนิดที่มีหน้าที่กระทำการเกี่ยวกับการระบายน้ำทิ้งดังต่อไปนี้

ให้ยกเลิกความในข้อ 22 แห่งประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2513) ลงวันที่ 24 กรกฎาคม 2513 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"ข้อ 22 ห้ามมิให้ระบายน้ำทิ้งออกจากโรงงาน เว้นแต่ได้ทำการอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง แต่ต้องไม่ใช้วิธีทำให้เจือจาง (Dilution) โดยให้น้ำทิ้งมีลักษณะดังต่อไปนี้

(1) ค่าของความเป็นกรดด่าง (pH value) ระหว่าง 5 ถึง 9

(2) ค่าของเปอร์มังกาเนต (Permanganate value) ไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร

(3) สารที่ละลายได้ (Dissolved Solids) ต้องมีค่าดังนี้

3.1 สารที่ละลายได้ (Dessolved Solids) ต้องไม่มากกว่า 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ภูมิประเทศหรือลักษณะการระบาย ตามที่พนักงานเจ้าหน้าที่เห็นสมควร แต่ต้องไม่มากกว่า 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

3.2 น้ำทิ้งที่จะระบายออกจากโรงงานลงสู่แหล่งน้ำกร่อยที่มีค่าความเค็ม (Salinity) เกิน 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือลงสู่ทะเล ค่าสารที่ละลายได้ในน้ำทิ้งจะมีค่ามากกว่าค่าสารที่ละลายได้ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำกร่อยหรือทะเลได้ไม่เกิน 5,000 มิลลิกรัมต่อลิตร

(4) ซัลไฟด์ (Sulphide) คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

(5) ไซยาไนด์ (Cyanide) คิดเทียบเป็นไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN) ไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

(6) โลหะหนักมีค่าดังนี้

6.1 สังกะสี (Zinc) ไม่มากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.2 โครเมียม (Chromium) ไม่มากกว่า 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.3 อาร์เซนิค (Arsenic) ไม่มากกว่า 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.4 ทองแดง (Copper) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.5 ปรอท (Mercury) ไม่มากกว่า 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.6 แคดเมียม (Cadmium) ไม่มากกว่า 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.7 บาเรียม (Barium) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.8 เซเลเนียม (Selenium) ไม่มากกว่า 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.9 ตะกั่ว (Lead) ไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.10 นิเกิล (Nickel) ไม่มากกว่า 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร

6.11 แมงกานีส (Manganese) ไม่มากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร

(7) น้ำมันทาร์ (Tar) ไม่มีเลย

(8) น้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) ไม่มากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ยกเว้นโรงงานกลั่นน้ำมัน และโรงงานประกอบกิจการผสมน้ำมันหล่อลื่น จาระบี ตามประเภทหรือชนิดโรงงานลำดับที่ 49, 50(4) แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ให้มีน้ำมันไม่มากกว่า 15 มิลลิกรัมต่อลิตร

(9) ฟอร์มัลดีไฮด์ (Formaldehyde) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

(10) ฟีนอลและหรือครีโซลส์ (Phenols & Cresols) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

(11) คลอรีนอิสระ (Free Chlorine) ไม่มากกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

(12) ยาฆ่าแมลง (Insectioide) สารกัมมันตรังสี ไม่มีเลย

(13) ถ้าอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำทิ้งกับน้ำในลำน้ำสาธารณะอยู่ระหว่าง 1 ต่อ 8 ถึง 1 ต่อ 150 สารที่ลอยเจือปนอยู่ต้องไม่น้อยกว่า 30 ส่วนใน 1,000,000 ส่วน ถ้าอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำทิ้งกับน้ำในลำน้ำสาธารณะอยู่ระหว่าง 1 ต่อ 151 ถึง 1 ต่อ 300 สารที่ลอยเจือปนอยู่ต้องไม่มากกว่า 60 ส่วนใน 1,000,000 ส่วน ถ้าอัตราส่วนผสมระหว่างน้ำทิ้งกับน้ำในลำน้ำสาธารณะอยู่ระหว่าง 1 ต่อ 301 ถึง 1 ต่อ 500 สารที่ลอยเจือปนอยู่ต้องไม่มากกว่า 150 ส่วน ใน 1,000,000 ส่วน

(14) ค่าของ บี.โอ.ดี (B.O.D.) (5 วันที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส) ไม่มากกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้ได้ แล้วแต่ภูมิประเทศ หรือลักษณะการระบายตามที่พนักงานเจ้าหน้าที่เห็นสมควร แต่ต้องไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร (บี.โอ.ดี. หรือ B.O.D. ย่อมาจาก Biochemical Oxygen Demand ยกเว้นเฉพาะโรงงานประเภทหรือชนิดดังต่อไปนี้

14.1 โรงงานประกอบกิจการทำอาหารจากสัตว์น้ำ และบรรจุในภาชนะที่ผนึกและอากาศเข้าไม่ได้ ตามประเภทหรือชนิดโรงงานลำดับที่ 7(1) แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และนับตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไป ต้องมีค่า บี.โอ.ดี.(B.O.D.) ไม่มากกว่า

100 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.2 โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง ตามประเภทหรือชนิดโรงงานลำดับที่ 9(3) แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ซึ่งมีกรรมวิธีผลิตดังนี้

14.2.1 เหวี่ยงแยกแป้งแล้วทำให้แห้งด้วยลมร้อน ต้องมีค่า บี.โอ.ดี (B.O.D.) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และนับแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไป ต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 20 มิลลิกรัมต่อลิตร หรืออาจแตกต่างจากที่กำหนดไว้แล้วแต่ภูมิประเทศหรือลักษณะการระบายตามที่พนักงานเจ้าหน้าที่เห็นสมควร แต่ต้องไม่มากกว่า 60 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.2.2 แยกแป้งด้วยการตกตะกอนแล้วทำให้แห้งบนพื้นอังไฟ ต้องมีค่า บี.โอ.ดี (B.O.D.) ไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไป ต้องมีค่า บี.โอ.ดี.(B.O.D.) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.3 โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับทำผลิตภัณฑ์อาหารจากแป้ง เป็นเส้นหรือชิ้นตามประเภทหรือชนิดโรงงาน ลำดับที่ 10(3) แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ชนิดทำ ก๋วยเตี๋ยว ขนมจีน และเส้นหมี่ที่ใช้ข้าวเป็นวัตถุดิบไม่เกิน 500 กิโลกรัมต่อวัน ต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 150 มิลลิกรัมต่อลิตร และนับตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไป ต้องมีค่า บี.โอ.ดี.(B.O.D.) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.4 โรงงานหนัก ฟอก หนังสัตว์ ตามประเภทหรือชนิดโรงงาน ลำดับที่ 29 แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ที่ใช้หนังสัตว์สดเป็นวัตถุดิบต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และนับตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไป ต้องมีค่า บี.โอ.ดี (B.O.D.) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.5 โรงงานผลิตเยื่อกระดาษจากไม้ ชานอ้อย หญ้า เศษผ้า ฯลฯ ตามประเภทหรือชนิดโรงงาน ลำดับที่ 38(1) แห่งกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ต้องมีค่า บี.โอ.ดี.(B.O.D.) ไม่มากกว่า 150 มิลลิกรัมต่อลิตร และตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไป ต้องมีค่า บี.โอ.ดี.(B.O.D.) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

14.6 โรงงานห้องเย็น ตามประเภทหรือชนิดโรงงาน ลำดับที่ 92 แห่ง

กฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) ชนิดที่มีการแกะแล้วแช่แข็งสัตว์น้ำ ต้องมีค่า บี.โอ.ดี. (B.O.D.) ไม่มากกว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร และนับตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2526 เป็นต้นไป ต้องมีค่า บี.โอ.ดี.(B.O.D.) ไม่มากกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

(15) อุณหภูมิของน้ำทิ้งที่จะระบายลงสู่ลำน้ำสาธารณะไม่มากกว่า 40 องศาเซลเซียส

(16) สีหรือกลิ่นของน้ำทิ้ง เมื่อระบายลงสู่ลำน้ำสาธารณะแล้ว ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ

ประกาศ ณ วันที่ 18 กุมภาพันธ์ 2525

พลตรี ชาติชาย ชุณหะวัณ

(ชาติชาย ชุณหะวัณ)

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

การคำนวนหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายต่างๆกับปริมาณ BOD

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการใช้ที่ดิน กับ ปริมาณ BOD

1.1 ระบบบ่อผึ่งน้ำ (Pond)

การตรวจสอบคุณสมบัติ Linearity โดยหา Pure Error

ให้ x = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

y = ปริมาณการใช้ที่ดิน (เมตร^2)

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1x_1$

$H_1 : y \neq B_o + B_1x_1$

เตรียมตารางข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ Linearity โดยแยกเอา y_i ที่มี x_i ซ้ำกันออก

x_i	y_i	n_i	$g_i = \Sigma y_i$	g_i^2/n	$df = n_i - 1$
3.00	600,600	2	1200	720,000	1

$a = \Sigma df_i = 1$ $\quad \Sigma y_i^2 = 1,440,000$

$g_i = \Sigma y_i$

n_i = จำนวน y_i ที่ซ้ำกันในระดับ x_i

$SSp = \Sigma y_i^2 - \Sigma g_i^2 / n_i = 1,440,000 - 720,000 = 720,000$

การคำนวนจากข้อมูลทั้งหมด

n	= 25	Σxy	= 11,343,936.8
Σx	896.39	Σy	= 74,402
Σx^2	165,618.65	Σy^2	= 957,780,292
$\bar{x}$	= 35.86	$\bar{y}$	= 2,976.08

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n = 165,618.65 - (896.39)^2 / 25$

$= 133,478.05$

$Sxy = \Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y)/n = 11,343,936.8 - (896.39)(74,402)/25$

$= 8,676,208.44$

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 957,780,292 - (74,402)^2 / 25$

$= 736,353,987.8$

$b_1 = Sxy / Sxx = 8,676,208.44 / 133,478.05 = 65.00$

$b_o = \bar{y} - b_1\bar{x} = 2,976.08 - (65)(35.86) = 645.14$

$SS_t = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 957,780,292 - 5,535,657,604 / 25$

$= 736,353,987.8$

$SS_r = b_1 Sxy = (65)(8,676,208.44) = 563,953,548.6$

$SS_e = SS_t - SS_r = 736,353,987.8 - 563,953,548.6$

$= 172,400,439.2$

$SS_p = 720,000$

$SS_f = SS_e - SS_p = 172,400,439.2 - 720,000 = 171,681,439.2$

Source of Errors	df	SS	MS = SS/df	F
regression	1	563,953,548.6	563,953,548.6	
error	23	172,400,439.2	7,495,671.27	
lock of fit	22	171,680,439.2	7,803,656.33	10.84
pure error	1	720,000	720,000	
total	24	736,353,987.8		

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1 x$

$H_1 : y \neq B_o + B_1 x$

$\alpha = 0.05$

จาก ANONA $V = 22, 1 \quad F = 10.84$

ได้ p-value > 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_o แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear relation) อย่างมีนัยสำคัญระดับ 0.05

หาสมการของความสัมพันธ์ $y = a + bx$, $b = \dfrac{n\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$

$a = \bar{y} - b\bar{x}$

ได้ $y = 645.14 + 65 x$

การตรวจสอบคุณสมบัติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

ให้ X = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

Y = ปริมาณการใช้ที่ดิน (เมตร^2)

r_{xy} = Sxy / Sx Sy

Sxy = $\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y / n$ = 8,676,208.44

Sxx = $\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n$;

Sx = $\sqrt{Sxx}$ = $\sqrt{133,478.05}$

= 365.35

Syy = $\Sigma y^2 - (\Sigma y^2) / n$;

Sy = $\sqrt{Syy}$ = $\sqrt{736,353,987.8}$ = 27,135.84

r_{xy} = 8,676,208.44 / (365.35)(27,135.84)

= 0.875

แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์กันในทางแนวเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 <u>ระบบบ่อกวนน้ำ</u> (Aerated Lagoon)

การตรวจสอบคุณสมบัติ Linearity โดยหา Pure Error

ให้ x = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

y = ปริมาณการใช้ที่ดิน (เมตร^2)

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1x_1$

$H_1 : y \neq B_o + B_1x_1$

เตรียมตารางข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ Linearity โดยแยกเลข y_i ที่มี x_i ซ้ำกันออก

x_i	y_i	n_i	$g_i = \Sigma y_i$	g_i^2/n	$df = n_i - 1$
60.00	1200, 1500	2	2700	3,645,000	1

$a = \Sigma df_i = 1$ $\Sigma y_i^2 = 7,290,000$

$g_i = \Sigma y_i$

n_i = จำนวน y_i ที่ซ้ำกันในระดับ x_i

$SSp = \Sigma y_i^2 - \Sigma g_i^2 / n_i = 7,290,000 - 3,645,000 = 3,645,000$

การคำนวนจากข้อมูลทั้งหมด

$n = 31$ $\Sigma xy = 11,977,457.8$

$\Sigma x = 3,086.4$ $\Sigma y = 70,613$

$\Sigma x^2 = 548,411.6$ $\Sigma y^2 = 280,444,937$

$\bar{x} = 99.56$ $\bar{y} = 2,277.8$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n = 548,411.6 - (3,086.4)^2 / 31$

$= 241,125.63$

$Sxy = \Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y)/n = 11,977,457.8 - (3,086.4)(70,613)/31$

$= 4,947,136.40$

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 280,444,937 - (70,613)^2 / 31$

$= 119,599,912.2$

$b_1 = Sxy / Sxx = 4,947,136.40 / 241,125.63 = 20.52$

$b_o = \bar{y} - b_1\bar{x} = 2277.8 - (20.52)(99.56) = 235.14$

$SS_t = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 119,599,912.2$

$SS_r = b_1 Sxy = (20.52)(4,947,136.40) = 101,515,238.9$

$SS_e = SS_t - SS_r = 119,599,912.2 - 101,515,238.9$

$= 18,084,673.28$

$SS_p = 3,645,000$

$SS_f = SS_e - SS_p = 18,084,673.28 - 3,645,000 = 14,439,673.28$

Source of Errors	df	SS	MS = SS/df	F
regression	1	101,515,238.9	101,515,238.9	
error	29	18,084,673.28	623,609.42	0.14
lock of fit	28	14,439,673.28	515,702.61	
pure error	1	3,645,000	3,645,000	
total	30	119,599,912.2		

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1 x$

$H_1 : y \neq B_o + B_1 x$

$\alpha = 0.05$

จาก ANONA $V = 28, 1 \quad F = 0.14$

ได้ p-value > 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_o แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear relation) อย่างมีนัยสำคัญระดับ 0.05

หาสมการของความสัมพันธ์ $y = a + bx$, $b = \dfrac{n\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$

$a = \bar{y} - b\bar{x}$

ได้ $y = 235.18 + 20.52 x$

การตรวจสอบคุณสมบัติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

ให้ X = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

Y = ปริมาณการใช้ที่ดิน (เมตร^2)

r_{13} = Sxy / Sx Sy

Sxy = $\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y / n$ = 4,947,136.40

Sxx = $\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n$;

Sx = $\sqrt{Sxx}$ = $\sqrt{241,125.63}$

= 491.04

Syy = $\Sigma y^2 - (\Sigma y^2) / n$;

Sy = $\sqrt{Syy}$ = $\sqrt{119,599,912.2}$ = 10,936.17

r_{13} = 4,947,136.40 / (491.04)(10,936.17)

= 0.92

แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์กันในทางแนวเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3 <u>ระบบบ่อเลี้ยงตะกอน</u> (Activated Sludge)

การตรวจสอบคุณสมบัติ Linearity โดยหา Pure Error

ให้ x = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

y = ปริมาณการใช้ที่ดิน (เมตร^2)

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1x_1$

$H_1 : y \neq B_o + B_1x_1$

เตรียมตารางข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ Linearity โดยแยกเอา y_i ที่มี x_i ซ้ำกันออก

x_i	y_i	n_i	$g_i = \Sigma y_i$	g_i^2/n	$df = n_i - 1$
3.00	96, 150	2	246	30,258	1

$a = \Sigma df_i = 1$ $\quad \Sigma y_i^2 = 60,516$

$g_i = \Sigma y_i$

n_i = จำนวน y_i ที่ซ้ำกันในระดับ x_i

$SSp = \Sigma y_i^2 - \Sigma g_i^2 / n_i = 60,516 - 30,258 = 30,258$

การคำนวณจากข้อมูลทั้งหมด

$n = 17$ $\quad \Sigma xy = 484,825.42$

$\Sigma x = 772.5$ $\quad \Sigma y = 6,438.2$

$\Sigma x^2 = 76,478.83$ $\quad \Sigma y^2 = 4,055,565.84$

$\bar{x} = 45.44$ $\quad \bar{y} = 380.30$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n = 76,478.83 - (772.5)^2 / 17$

$= 41,375.52$

$Sxy = \Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y)/n = 484,825.42 - (772.5)(6,438.2)/17$

$= 192,266.03$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 4,055,565.84 - (6,438.2)^2 / 17$

$= 1,617,305.88$

$b_1 = Sxy / Sxx = 192,266.03 / 41,375.52 = 4.65$

$b_o = \bar{y} - b_1\bar{x} = 380.30 - (4.65)(45.44) = 169.14$

$SS_t = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 1,617,305.88$

$SS_r = b_1 Sxy = (4.65)(192,266.03) = 894,037.04$

$SS_e = SS_t - SS_r = 1,617,305.88 - 894,037.04$

$= 723,268.84$

$SS_p = 30,258$

$SS_f = SS_e - SS_p = 723,268.84 - 30,258 = 693,010.84$

Source of Errors	df	SS	MS = SS/df	F
regression	1	894,037.04	894,037.04	
error	15	723,268.84	48,217.92	
lock of fit	14	693,010.84	49,500.77	1.63
pure error	1	30,258	30,258	
total	16	1,617,305.88		

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1 x$

$H_1 : y \neq B_o + B_1 x$

$\alpha = 0.05$

จาก ANONA $V = 14 , 1 \quad F = 1.63$

ได้ p-value > 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_o แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear relation) อย่างมีนัยสำคัญระดับ 0.05

หาสมการของความสัมพันธ์ $y = a + bx$, $b = \frac{n\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$

$a = \bar{y} - b\bar{x}$

ได้ $y = 167.57 + 4.65 x$

การตรวจสอบคุณสมบัติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

ให้ X = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

Y = ปริมาณการใช้ที่ดิน (เมตร^2)

$r_{xy} = Sxy / Sx\ Sy$

$Sxy = \Sigma xy - \Sigma x \Sigma y / n = 192,266.03$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n$;

$Sx = \sqrt{Sxx} = \sqrt{41,375.52}$

$= 203.41$

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y^2) / n$;

$Sy = \sqrt{Syy} = \sqrt{1,617,305.88} = 1,271.73$

$r_{xy} = 192,266.03 / (203.41)(1271.73)$

$= 0.743$

แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์กันในทางแนวเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าก่อสร้างและค่าอุปกรณ์ กับ ปริมาณ BOD

2.1 <u>ระบบบ่อผึ่งน้ำ</u> (Pond)

การตรวจสอบคุณสมบัติ Linearity โดยหา Pure Error

ให้ x = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

y = ค่าก่อสร้างและค่าอุปกรณ์ (บาท)

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1x_1$

$H_1 : y \neq B_o + B_1x_1$

เตรียมตารางข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ Linearity โดยแยกเอา y_i ที่มี x_i ซ้ำกันออก

x_i	y_i	n_i	$g_i = \Sigma y_i$	g_i^2/n	$df = n_i - 1$
3.00	21480, 13040	2	34,520	595,815,200	1

$a = \Sigma df_i = 1$ $\quad \Sigma y_i^2 = 1,191,630,400$

$g_i = \Sigma y_i$

n_i = จำนวน y_i ที่ซ้ำกันในระดับ x_i

$SSp = \Sigma y_i^2 - \Sigma g_i^2 / n_i = 1,191,630,400 - 595,815,200$

$= 595,815,200$

การคำนวนจากข้อมูลทั้งหมด

$n = 25$ $\quad \Sigma xy = 621,669,012.4$

$\Sigma x = 896.39$ $\quad \Sigma y = 3,393,900$

$\Sigma x^2 = 165,618.65$ $\quad \Sigma y^2 = 4.248 \times 10^{12}$

$\bar{x} = 35.86$ $\quad \bar{y} = 135,756$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n = 165,618.65 - (896.39)^2 / 25$

$= 133,478.05$

$Sxy = \Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y)/n = 621,669,012.4 - (896.39)(3,393,900)/25$

$= 499,978,691.60$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 4.248 \times 10^{12} - 4.607 \times 10^{11}$

$= 3.78 \times 10^{12}$

$b_1 = Sxy / Sxx = 499,978,691.6 / 133,478.05 = 3,745.77$

$b_o = \bar{y} - b_1\bar{x} = 135,756 - (3,745.77)(35.86) = 1,432.52$

$SS_t = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 3.78 \times 10^{12}$

$SS_r = b_1 Sxy = (3,745.77)(499,978,691.6) = 1.87 \times 10^{12}$

$SS_e = SS_t - SS_r = 3.78 \times 10^{12} - 1.87 \times 10^{12}$

$SS_p = 6,514,799,800$

$SS_l = SS_e - SS_p = 1.9 \times 10^{12}$

Source of Errors	df	SS	MS = SS/df	F
regression	1	1.87×10^{12}	1.87×10^{12}	
error	23	1.907×10^{12}	8.29×10^{10}	
lock of fit	22	1.9×10^{12}	9.5×10^{10}	43.74
pure error	1	6,514,799,800	2,171,599,933	
total	24	3.78×10^{12}		

สมมติฐาน H_o : $y = B_o + B_1 x$

H_1 : $y \neq B_o + B_1 x$

$\alpha = 0.05$

จาก ANONA $V = 22 , 1$

ได้ p-value > 0.01 ดังนั้นจึงยอมรับ H_o แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear relation) อย่างมีนัยสำคัญระดับ 0.05

หาสมการของความสัมพันธ์ $y = a + bx$, $b = \frac{n\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$

$a = \bar{y} - b\bar{x}$

ได้ $y = 1,432.52 + 3,745.77 x$

การตรวจสอบคุณสมบัติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

ให้ X = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

Y = ค่าก่อสร้างและค่าอุปกรณ์ (บาท)

$r_{xy} = Sxy / Sx\ Sy$

$Sxy = \Sigma xy - \Sigma x \Sigma y / n = 499,978,691.60$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n ;$

$Sx = \sqrt{Sxx} = \sqrt{133,478.05}$

$= 19.11$

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y^2) / n ;$

$Sy = \sqrt{Syy} = \sqrt{3.78 \times 10^{12}} = 1,944,222.21$

$r_{xy} = 499,978,691.60 / (19.11)(1,944,222.21)$

$= 0.07$

แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์กันในทางแนวเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 <u>ระบบบ่อกวนน้ำ</u> (Aerated Lagoon)

การตรวจสอบคุณสมบัติ Linearity โดยหา Pure Error

ให้ x = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

y = ค่าก่อสร้างและค่าอุปกรณ์ (บาท)

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1x_1$

$H_1 : y \neq B_o + B_1x_1$

เตรียมตารางข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ Linearity โดยแยกเอา y_i ที่มี x_i ซ้ำกันออก

x_i	y_i	n_i	$g_i = \Sigma y_i$	g_i^2/n	$df = n_i - 1$
60.00	1338075, 1199487	2	2,537,562	3.22×10^{12}	1

$a = \Sigma df_i = 1$ $\Sigma y_i^2 = 9.88 \times 10^{12}$

$g_i = \Sigma y_i$

n_i = จำนวน y_i ที่ซ้ำกันในระดับ x_i

$SSp = \Sigma y_i^2 - \Sigma g_i^2 / n_i = 6.44 \times 10^{12} - 3.22 \times 10^{12}$

$= 3.22 \times 10^{12}$

การคำนวณจากข้อมูลทั้งหมด

$n = 31$ $\Sigma xy = 7,190,249,134$

$\Sigma x = 3,086.4$ $\Sigma y = 49,601,439.5$

$\Sigma x^2 = 548,411.6$ $\Sigma y^2 = 1.132 \times 10^{14}$

$\bar{x} = 99.56$ $\bar{y} = 1,643,014.18$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n = 548,411.6 - (3,086.4)^2 / 31$

$= 241,125.63$

$Sxy = \Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y)/n = 7,190,249,134 -$

$(3,086.4)(49,601,439.5)/31$

$= 2,251,865,816$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 1.132 \times 10^{14} - (49,601,439.5)^2 / 31$

$= 3.38 \times 10^{13}$

$b_1 = Sxy / Sxx = 2,251,865,816 / 241,125.63 = 9,338.97$

$b_o = y - b_1 x = 1,643,014.8 - (9338.97)(99.56) = 713,226$

$SS_t = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 3.38 \times 10^{13}$

$SS_r = b_1 Sxy = (9,338.97)(2,251,865,816) = 2.1 \times 10^{13}$

$SS_e = SS_t - SS_r = 3.38 \times 10^{13} - 2.1 \times 10^{13}$

$= 1.27 \times 10^{13}$

$SS_p = 3.22 \times 10^{12}$

$SS_f = SS_e - SS_p = 9.48 \times 10^{12}$

Source of Errors	df	SS	MS = SS/df	F
regression	1		2.1×10^{13}	
error	30	1.27×10^{13}	4.22×10^{11}	0.14
lock of fit	29	9.48×10^{12}	3.22×10^{11}	
pure error	1	3.22×10^{12}	3.22×10^{12}	
Total	30	3.38×10^{13}		

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1 x$

$H_1 : y \neq B_o + B_1 x$

$\alpha = 0.05$

จาก ANONA $V = 29 , 1 \quad F = 3.1 \times 10^{-13}$

ได้ p-value > 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_o แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear relation) อย่างมีนัยสำคัญระดับ 0.05

หาสมการของความสัมพันธ์ $y = a + bx$, $b = \frac{n\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$

$a = \bar{y} - b\bar{x}$

ได้ $y = 670,258.27 + 9,338.97 x$

การตรวจสอบคุณสมบัติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

ให้ X = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

Y = ค่าก่อสร้างและค่าอุปกรณ์ (บาท)

$r_{xy} = Sxy / Sx\ Sy$

$Sxy = \Sigma xy - \Sigma x \Sigma y / n = 2,251,865,816$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n$;

$Sx = \sqrt{Sxx} = \sqrt{241,125.63}$

$= 491.04$

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y^2) / n$;

$Sy = \sqrt{Syy} = \sqrt{3.38 \times 10^{13}} = 5,813,776.74$

$r_{xy} = 2,251,865,816 / (491.04)(5,813,776.74)$

$= 0.788$

แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์กันในทางแนวเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 <u>ระบบบ่อเลี้ยงตะกอน</u> (Activated Sludge)

การตรวจสอบคุณสมบัติ Linearity โดยหา Pure Error

ให้ x = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

y = ค่าก่อสร้างและค่าอุปกรณ์ (บาท)

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1x_1$

$H_1 : y \neq B_o + B_1x_1$

เตรียมตารางข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ Linearity โดยแยกเอา y_1 ที่มี x_1 ซ้ำกันออก

x_1	y_1	n_1	$g_1 = \Sigma y_1$	g_1^2/n	$df = n_1 - 1$
3.00	435126, 449790	2	884,916	3.91×10^{11}	1
			4,784,666	7.99×10^{12}	2

$a = \Sigma df_1 = 1$ $\qquad \Sigma y_1^2 = 1.59 \times 10^{13}$

$g_1 = \Sigma y_1$

n_1 = จำนวน y_1 ที่ซ้ำกันในระดับ x_1

$SSp = \Sigma y_1^2 - \Sigma g_1^2 / n_1 = 7.8 \times 10^{11} - 3.91 \times 10^{11}$

$= 3.9 \times 10^{11}$

การคำนวนจากข้อมูลทั้งหมด

$n = 17$ $\qquad \Sigma xy = 1,992,665,931$

$\Sigma x = 772.5$ $\qquad \Sigma y = 28,380,179.5$

$\Sigma x^2 = 76,478.83$ $\qquad \Sigma y^2 = 6.33 \times 10^{13}$

$\bar{x} = 45.44$ $\qquad \bar{y} = 1,669,422.32$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n = 76,478.83 - (772.5)^2 / 17$

$= 41,375.52$

$Sxy = \Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y)/n = 484,825.42 -$

$(772.5)(28,380,179.5)/17$

$= 703,037,186.2$

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 6.33 \times 10^{13} - 8.05 \times 10^{14} / 17$

$= 1.59 \times 10^{13}$

$b_1 = Sxy / Sxx = 703,037,186.2 / 41,375.52 = 16,991.62$

$b_o = \bar{y} - b_1\bar{x} = 1,669,422.32 - (16,991.62)(45.44)$

$= 897,323.02$

$SS_t = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 1.59 \times 10^{13}$

$SS_r = b_1 Sxy = (16,991.62)(703,037,186.2) = 1.19 \times 10^{13}$

$SS_e = SS_t - SS_r = 1.59 \times 10^{13} - 1.19 \times 10^{13}$

$= 3.95 \times 10^{12}$

$SS_p = 3.9 \times 10^{11}$

$SS_f = SS_e - SS_p = 3.5 \times 10^{12}$

Source of Errors	df	SS	MS = SS/df	F
regression	1	1.19×10^{13}	1.19×10^{13}	
error	15	3.95×10^{12}	2.6×10^{11}	
lock of fit	14	3.5×10^{12}	2.5×10^{11}	0.64
pure error	1	3.9×10^{11}	3.9×10^{11}	
total	16	1.59×10^{13}		

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1 x$

$H_1 : y \neq B_o + B_1 x$

$\alpha = 0.05$

จาก ANONA $V = 14, 1$ $F = 0.64$

ได้ p-value > 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_o แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear relation) อย่างมีนัยสำคัญระดับ 0.05

หาสมการของความสัมพันธ์ $y = a + bx$, $b = \dfrac{n\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$

$a = \bar{y} - b\bar{x}$

ได้ $y = 897,323.05 + 16,991.62 X$

การตรวจสอบคุณสมบัติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

ให้ X = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

Y = ค่าก่อสร้างและค่าอุปกรณ์ (บาท)

r_{xy} = Sxy / Sx Sy

Sxy = $\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y / n$ = 703,037,186.2

Sxx = $\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n$;

Sx = $\sqrt{Sxx} = \sqrt{41,375.52}$

= 203.41

Syy = $\Sigma y^2 - (\Sigma y^2) / n$;

Sy = $\sqrt{Syy} = \sqrt{1.59 \times 10^{13}}$ = 3,987,480.40

r_{xy} = 703,037,186.2 / (203.41)(3,987,480.40)

= 0.86

แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์กันในทางแนวเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ กับ ปริมาณ BOD

3.1 ค่าแรงพนักงาน

3.1.1 ระบบบ่อผึ่งน้ำ (Pond)

การตรวจสอบคุณสมบัติ Linearity โดยหา Pure Error

ให้ x = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

y = ค่าแรงพนักงาน (บาท/เดือน)

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1 x_1$

$H_1 : y \neq B_o + B_1 x_1$

เตรียมตารางข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ Linearity โดยแยกเอา y_1 ที่มี x_1 ซ้ำกันออก

x_1	y_1	n_1	$g_1 = \Sigma y_1$	g_1^2/n	$df = n_1 - 1$
3.00	312.50,2000	2	2,312.50	2,673,828.1	1

$a = \Sigma df_1 = 1$ $\quad \Sigma y_1^2 = 5,347,656.25$

$g_1 = \Sigma y_1$

n_1 = จำนวน y_1 ที่ซ้ำกันในระดับ x_1

$SSp = \Sigma y_1^2 - \Sigma g_1^2 / n_1 = 5,347,656.25 - 2,673,828.1$

$= 2,673,828.1$

การคำนวณจากข้อมูลทั้งหมด

$n = 25$ $\quad \Sigma xy = 2,459,002$

$\Sigma x = 896.39$ $\quad \Sigma y = 24,844.5$

$\Sigma x^2 = 165,618.65$ $\quad \Sigma y^2 = 47,543,167.75$

$\bar{x} = 35.86$ $\quad \bar{y} = 993.78$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n = 165,618.65 - (896.39)^2 / 25$

$= 133,478.05$

$Sxy = \Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y)/n = 2,459,002 - (896.39)(24,844.5)/25$

$= 1,568,87.54$

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 47,543,167.75 - (617,249,180.3 / 25$

$= 22,853,200.54$

$b_1 = Sxy / Sxx = 1,568,187.54 / 133,478.05 = 11.74$

$b_o = \bar{y} - b_1\bar{x} = 993.78 - (11.74)(35.86) = 572.47$

$SS_t = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 22,853,200.54$

$SS_r = b_1 Sxy = (11.74)(1,568,187.54) = 18,410,521.72$

$SS_e = SS_t - SS_r = 22,853,200.54 - 18,410,521.72$

$= 4,442,678.82$

$SS_p = 2,673,828.1$

$SS_f = SS_e - SS_p = 4,442,678.82 - 2,673,828.1 = 1,768,850.72$

Source of Errors	df	SS	MS = SS/df	F
regression	1	18,410,521.72	18,410,521.72	
error	23	4,442,678.82	193,159.94	
lock of fit	22	1,768,850.72	80,402.30	0.03
pure error	1	2,673,828.1	2,673,828.1	
total	24	22,853,200.54		

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1 x$

$H_1 : y \neq B_o + B_1 x$

$\alpha = 0.05$

จาก ANONA $V = 22 , 1 \quad F = 0.03$

ได้ p-value > 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_o แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear relation) อย่างมีนัยสำคัญระดับ 0.05

หาสมการแสดงความสัมพันธ์ $y = a + bx$, $b = \dfrac{n\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$

$a = \bar{y} - b\bar{x}$

ได้ $y = 572.47 + 11.75 x$

การตรวจสอบคุณสมบัติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

ให้ X = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

Y = ค่าแรงพนักงาน (บาท/เดือน)

$r_{xy} = Sxy / Sx\ Sy$

$Sxy = \Sigma xy - \Sigma x \Sigma y / n = 1,568187.54$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n ;$

$Sx = \sqrt{Sxx} = \sqrt{133,478.05}$

$= 365.346$

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y^2) / n ;$

$Sy = \sqrt{Syy} = \sqrt{22,853,200.54} = 4,780.50$

$r_{xy} = 1,568,187.54 / (365.34)(4,780.50)$

$= 0.89$

แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์กันในทางแนวเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.2 ระบบบ่อกวนน้ำ (Aerated Lagoon)

การตรวจสอบคุณสมบัติ Linearity โดยหา Pure Error

ให้ x = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

y = ค่าแรงพนักงาน (บาท/เดือน)

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1x_1$

$H_1 : y = B_o + B_1x_1$

เตรียมตารางข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ Linearity โดยแยกเอา y_1 ที่มี x_1 ซ้ำกันออก

x_1	y_1	n_1	$g_1 = \Sigma y_1$	g_1^2/n	$df = n_1 - 1$
3.00	2100	2	4,881.25	11,913,300.78	1

$a = \Sigma df_1 = 1$ $\Sigma y_1^2 = 23,826,601.56$

$g_1 = \Sigma y_1$

n_1 = จำนวน y_1 ที่ซ้ำกันในระดับ x_1

$SSp = \Sigma y_1^2 - \Sigma g_1^2 / n_1 = 11,913,300.78$

การคำนวนจากข้อมูลทั้งหมด

$n = 17$ $\Sigma xy = 3,201,762.5$

$\Sigma x = 772.5$ $\Sigma y = 61,181.25$

$\Sigma x^2 = 76,478.83$ $\Sigma y^2 = 237,239,101.6$

$\bar{x} = 45.44$ $\bar{y} = 3,598.9$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n = 76,478.83 - (772.5)^2 / 17$

$= 41,375.52$

$Sxy = \Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y)/n = 3,201,762.5 - (772.5)(61,181.25)/17$

$= 421,614.52$

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 237,239,101.6 - (61,1811.25)^2 / 17$

$= 17,054,080.93$

$b_1 = Sxy / Sxx = 421,614.52 / 41,375.52 = 10.19$

$b_o = \bar{y} - b_1\bar{x} = 3,598.9 - (10.19)(45.44) = 3,135.87$

$SS_t = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 17,054,080.93$

$SS_r = b_1 Sxy = (10.19)(421,614.52) = 4,296,251.96$

$SS_e = SS_t - SS_r = 12,757,828.97$

$SS_p = 11,913,300.78$

$SS_f = SS_e - SS_p = 844,528.19$

Source of Errors	df	SS	MS = SS/df	F
regression	1	4,296,251.96	4,296,251.96	
error	15	12,757,828.97	850,521.93	
lock of fit	14	844,528.19	60,323.44	0.005
pure error	1	11,913,300.78	11,913,300.78	
total	16	17,054,080.93		

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1 x$

$H_1 : y \neq B_o + B_1 x$

$\alpha = 0.05$

จาก ANONA $V = 14 , 1 \quad F = 0.005$

ได้ p-value > 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_o แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear relation) อย่างมีนัยสำคัญระดับ 0.05

หาสมการของความสัมพันธ์ $y = a + bx$, $b = \dfrac{n\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$

$a = \bar{y} - b\bar{x}$

ได้ $y = 3,135.87 + 10.19 x$

การตรวจสอบคุณสมบัติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

ให้ X = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

Y = ค่าแรงงานทั้งงาน (บาท/เดือน)

$r_{xy} = Sxy / Sx\ Sy$

$Sxy = \Sigma xy - \Sigma x \Sigma y / n = 421,614.52$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n$;

$Sx = \sqrt{Sxx} = \sqrt{41,375.52}$

$= 203.41$

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y^2) / n$;

$Sy = \sqrt{Syy} = \sqrt{17,054,080.93} = 4,129.65$

$r_{xy} = 421,614.52 / (203.41)(4,129.65)$

$= 0.50$

แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์กันในทางแนวเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.3 <u>ระบบบ่อเลี้ยงตะกอน</u> (Activated Sludge)

การตรวจสอบคุณสมบัติ Linearity โดยหา Pure Error

ให้ x = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

y = ค่าแรงพนักงาน (บาท/เดือน)

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1x_1$

$H_1 : y \neq B_o + B_1x_1$

เตรียมตารางข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ Linearity โดยแยกเอา y_1 ที่มี x_1 ซ้ำกันออก

x_1	y_1	n_1	$\Sigma_1 = \Sigma y_1$	Σ_1^2/n	$df = n_1 - 1$
60.00	2700, 2937.5	2	5,637.5	15,890,703.13	1

$n = \Sigma df_1 = 1$ $\qquad \Sigma y_1^2 = 31,781,406.25$

$\Sigma_1 = \Sigma y_1$

n_1 = จำนวน y_1 ที่ซ้ำกันในระดับ x_1

$SSp = \Sigma y_1^2 - \Sigma \Sigma_1^2 / n_1 = 15,890,703.13$

การคำนวณจากข้อมูลทั้งหมด

$n = 31$ $\qquad \Sigma xy = 12,591,003.25$

$\Sigma x = 3,086.4$ $\qquad \Sigma y = 107,575.2$

$\Sigma x^2 = 548,411.6$ $\qquad \Sigma y^2 = 408,290,812.8$

$\bar{x} = 99.56$ $\qquad \bar{y} = 3,470.17$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n = 548,411.6 - (3,086.4)^2 / 31$

$= 241,125.63$

$Sxy = \Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y)/n = 12,591,003.25 -$

$(3,086.4)(107,575.2)/31$

$= 1,880,677.53$

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 408,290,812.8 - (107,575.2)^2/31$

$= 34,986,823.93$

$b_1 = Sxy / Sxx = 1,880,677.53 / 241,125.63 = 7.79$

$b_o = \bar{y} - b_1\bar{x} = 3,470.17 - (7.79)(99.56) = 2,694.59$

$SS_t = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 34,986,823.93$

$SS_r = b_1 Sxy = (7.79)(1,880,677.53) = 14,650,477.96$

$SS_e = SS_t - SS_r = 34,986,823.93 - 14,650,477.96$

$= 20,336,345.97$

$SS_r = SS_e - SS_p = 20,336,345.97 - 15,890,703.13 = 4,445,642.85$

Source of Errors	df	SS	MS = SS/df	F
regression	1	14,650,477.96		
error	29	20,336,345.97		
lock of fit	28	4,445,642.85	158,772.95	0.009
pure error	1	15,890,703.13	15,890,703.13	
total	30	34,986,823.93		

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1 x$

$H_1 : y \neq B_o + B_1 x$

$\alpha = 0.05$

จาก ANONA $V = 28, 1 \quad F = 0.009$

ได้ p-value > 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_o แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear relation) อย่างมีนัยสำคัญระดับ 0.05

หาสมการของความสัมพันธ์ $y = a + bx$, $b = \frac{n\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$

$a = \bar{y} - b\bar{x}$

ได้ $y = 2,693.64 + 7.8 x$

การตรวจสอบคุณสมบัติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

ให้ X = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

Y = ค่าแรงพนักงาน (บาท/เดือน)

$r_{xy} = Sxy / Sx\ Sy$

$Sxy = \Sigma xy - \Sigma x\ \Sigma y / n = 1,880,677.53$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n$;

$Sx = \sqrt{Sxx} = \sqrt{241,125.63}$

$= 491.04$

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y^2) / n$;

$Sy = \sqrt{Syy} = \sqrt{34,986,823.93} = 5914.96$

$r_{xy} = 1,880,677.53 / (491.04)(5914.96)$

$= 0.647$

แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์กันในทางแนวเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 จำนวนชั่วโมงที่ระบบทำงานใน 1 วัน

3.2.1 ระบบบ่อกวนน้ำ (Aerated Lagoon)

การตรวจสอบคุณสมบัติ Linearity โดยหา Pure Error

ให้ x - ปริมาณ BOD (กก./วัน)

y = จำนวนชั่วโมงที่เครื่องเติมอากาศทำงาน (ช.ม.)

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1x_1$

$H_1 : y \neq B_o + B_1x_1$

เตรียมตารางข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ Linearity โดยแยกเอา y_1 ที่มี x_1 ซ้ำกันออก

x_1	y_1	n_1	$g_1 = \Sigma y_1$	g_1^2/n	$df = n_1 - 1$
60.00	7,5	2	12	72	1

$a = \Sigma df_1 = 1$ $\quad \Sigma y_1^2 = 144$

$g_1 = \Sigma y_1$

n_1 = จำนวน y_1 ที่ซ้ำกันในระดับ x_1

$SS_p = \Sigma y_1^2 - \Sigma g_1^2 / n_1 = 144 - 72 = 72$

การคำนวนจากข้อมูลทั้งหมด

$n = 31$ $\quad \Sigma xy = 52,732.3$

$\Sigma x = 3,086.1$ $\quad \Sigma y = 461$

$\Sigma x^2 = 548,393.33$ $\quad \Sigma y^2 = 7,071$

$\bar{x} = 99.55$ $\quad \bar{y} = 14.87$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n = 548,393.33 - (3,086.1)^2 / 31$

$= 241,167.09$

$Sxy = \Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y)/n = 52,732.3 - (3,086.1)(461) / 31$

$= 6,839$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 7,071 - 212,521 / 31 = 215.48$

$b_1 = Sxy / Sxx = 0.028$

$b_o = \bar{y} - b_1\bar{x} = 14.87 - (0.02)(99.55) = 12.04$

$SS_t = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 215.48$

$SS_r = b_1 Sxy = 136.78$

$SS_e = SS_t - SS_r = 78.7$

$SS_p = 72$

$SS_f = SS_e - SS_p = 6.7$

Source of Errors	df	SS	MS = SS/df	F
regression	1	136.78	136.78	
error	29	78.7	2.71	
lock of fit	28	6.7	0.2	0.002
pure error	1	72	72	
total	30	136.78		

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1 x$

$H_1 : y \neq B_o + B_1 x$

$\alpha = 0.05$

จาก ANONA $V = 28, 1 \quad F = 0.002$

ได้ p-value > 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_o แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear relation) อย่างมีนัยสำคัญระดับ 0.05

หาสมการของความสัมพันธ์ $y = a + bx$, $b = \dfrac{n\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$

$a = \bar{y} - b\bar{x}$

ได้ $y \quad 12.04 + 0.03 x$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การตรวจสอบคุณสมบัติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

ให้ X = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

Y = จำนวนชั่วโมงที่เครื่องเติมอากาศทำงานใน 1 วัน (ช.ม.)

$r_{xy} = Sxy / Sx\ Sy$

$Sxy = \Sigma xy - \Sigma x\ \Sigma y / n = 6839$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n ;$

$Sx = \sqrt{Sxx} = \sqrt{241,167.09}$

$= 491.08$

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y^2) / n ;$

$Sy = \sqrt{Syy} = \sqrt{215.48} = 14.68$

$r_{xy} = 6839 / (491.08)(14.68)$

$= 0.95$

แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์กันในทางแนวเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.2 ระบบบ่อเลี้ยงตะกอน (Activated Sludge)

การตรวจสอบคุณสมบัติ Linearity โดยหา Pure Error

ให้ x = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

y = จำนวนชั่วโมงที่เครื่องเติมอากาศทำงาน (ช.ม.)

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1 x_1$

$H_1 : y \neq B_o + B_1 x_1$

เตรียมตารางข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ Linearity โดยแยกเอา y_i ที่มี x_i ซ้ำกันออก

x_i	y_i	n_i	$g_i = \Sigma y_i$	g_i^2/n	$df = n_i - 1$
3.00	16, 16	2	32	512	1

$a = \Sigma df_i = 1$ $\quad \Sigma y_i^2 = 1,024$

$g_i = \Sigma y_i$

n_i = จำนวน y_i ที่ซ้ำกันในระดับ x_i

$SSp = \Sigma y_i^2 - \Sigma g_i^2 / n_i = 1,024 - 512 = 512$

การคำนวณจากข้อมูลทั้งหมด

$n = 17$ $\quad \Sigma xy = 15,313.7$

$\Sigma x = 772.5$ $\quad \Sigma y = 287$

$\Sigma x^2 = 76,478.83$ $\quad \Sigma y^2 = 5,430$

$\bar{x} = 45.44$ $\quad \bar{y} = 17.76$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n = 76,478.83 - (772.5)^2 / 17$

$= 41,375.52$

$Sxy = \Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y)/n = 15,313.7 - (772.5)(287)/17$

$= 2,272.08$

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 5,430 - (287)^2/17 = 584.76$

$b_1 = Sxy / Sxx = 0.05$

$b_o = \bar{y} - b_1\bar{x} = 17.76 - (0.05)(45.44) = 15.26$

$SS_t = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 584.76$

$SS_r = b_1 Sxy = 113.60$

$SS_e = SS_t - SS_r = 4,126.91$

$SS_p = 512$

$SS_f = SS_e - SS_p = 40,749.91$

Source of Errors	df	SS	MS = SS/df	F
regression	1	113.60	113.60	
error	15	41,261.91	2,750.79	
lock of fit	14	40,749.911	2,910.70	5.68
pure error	1	512	512	
total	16	41,375.52	2,585.97	

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1 x$

$H_1 : y \neq B_o + B_1 x$

$\alpha = 0.05$

จาก ANONA $V = 14, 1 \quad F = 5.68$

ได้ p-value > 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_o แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear relation) อย่างมีนัยสำคัญระดับ 0.05

หาสมการของความสัมพันธ์ $y = a + bx$, $b = \dfrac{n\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$

$a = \bar{y} - b\bar{x}$

ได้ $y = 14.15 + 0.06 x$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การตรวจสอบคุณสมบัติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

ให้ X = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

Y = จำนวนชั่วโมงที่เครื่องเติมอากาศทำงานใน 1 วัน (ช.ม.)

$r_{ij} = Sxy / Sx\ Sy$

$Sxy = \Sigma xy - \Sigma x\ \Sigma y / n = 2272.08$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n$;

$Sx = \sqrt{Sxx} = \sqrt{41,375.52}$

$= 203.41$

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y^2) / n$;

$Sy = \sqrt{Syy} = \sqrt{584.76} = 24.18$

$r_{ij} = 2272.08 / (203.41)(24.18)$

$= 0.46$

แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์กันในทางแนวเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 ค่าใช้จ่ายในการลอกตะกอน

3.3.1 ระบบบ่อผึ่งน้ำ (Pond)

การตรวจสอบคุณสมบัติ Linearity โดยหา Pure Error

ให้ x = ขนาดของบ่อบำบัดน้ำทิ้ง (เมตร^2)

y = ค่าใช้จ่ายในการลอกตะกอน (บาท / เดือน)

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1x_1$

$H_1 : y \neq B_o + B_1x_1$

เตรียมตารางข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ Linearity โดยแยกเอา y_i ที่มี x_i ซ้ำกันออก

x_i	y_i	n_i	$g_i = \Sigma y_i$	g_i^2/n	$df = n_i - 1$
800	100,208.3	2	308.3	47,524.44	1

$a = \Sigma df_i = 1$ $\quad \Sigma y_i^2 = 53,388.89$

$g_i = \Sigma y_i$

n_i = จำนวน y_i ที่ซ้ำกันในระดับ x_i

$SSp = \Sigma y_i^2 - \Sigma g_i^2 / n_i = 53,388.89 - 47,524.44 = 512$

การคำนวนจากข้อมูลทั้งหมด

$n = 10$ $\quad \Sigma xy = 2,988,862.8$

$\Sigma x = 11,500$ $\quad \Sigma y = 2,366.55$

$\Sigma x^2 = 14,977,168$ $\quad \Sigma y^2 = 669,244.47$

$\bar{x} = 1,150$ $\quad \bar{y} = 236.66$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n = 14,977,168 - (11500)^2 / 10$

$= 1,752,168$

$Sxy = \Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y)/n = 2,988,862.8 - (11500)(2366.55)/10$

$= 267,330.3$

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 669,244.47 - (2366.55)^2/10$

$= 109,188.57$

$b_1 = Sxy / Sxx = 0.152$

$b_o = \bar{y} - b_1\bar{x} = 236.66 - (0.152)(1150) = 61.86$

$SS_t = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 109,188.57$

$SS_r = b_1 Sxy = 40,634.20$

$SS_e = SS_t - SS_r = 68,554.36$

$SS_p = 5,864.45$

$SS_f = SS_e - SS_p = 62,689.91$

Source of Errors	df	SS	MS = SS/df	F
regression	1	40,634.20	40,634.20	
error	8	68,554.36	8,569.29	
lock of fit	7	62,689.91	8,955.70	1.52
pure error	1	5,864.45	5,864.45	
total	9	109,188.57	12,132.06	

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1 x$

$H_1 : y \neq B_o + B_1 x$

$\alpha = 0.05$

จาก ANONA $V = 7, 1 \quad F = 1.52$

ได้ p-value > 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_o แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear relation) อย่างมีนัยสำคัญระดับ 0.05

หาสมการของความสัมพันธ์ $y = a + bx$, $b = \dfrac{n\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$

$a = \bar{y} - b\bar{x}$

ได้ $y = 61.20 + 0.152 x$

การตรวจสอบคุณสมบัติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

ให้ X = ขนาดของบ่อบำบัดน้ำทิ้ง (เมตร^2)

Y = ค่าใช้จ่ายในการลอกตะกอน (บาท/เดือน)

r_{xy} = Sxy / Sx Sy

Sxy = $\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y / n$ = 267,330.3

Sxx = $\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n$;

Sx = $\sqrt{Sxx} = \sqrt{1,752,168}$

= 1,323.69

Syy = $\Sigma y^2 - (\Sigma y^2) / n$;

Sy = $\sqrt{Syy} = \sqrt{109,188.57}$ = 330.43

r_{xy} = 267,330.3 / (1323.69)(330.43)

= 0.61

แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์กันในทางแนวเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.2 <u>ระบบบ่อกวนน้ำ</u> (Aerated Lagoon)

การตรวจสอบคุณสมบัติ Linearity โดยหา Pure Error

ให้ x = ขนาดของบ่อบำบัดน้ำทิ้ง (เมตร^2)

y = ค่าใช้จ่ายในการลอกตะกอน (บาท / เดือน)

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1x_1$

$H_1 : y \neq B_o + B_1x_1$

เตรียมตารางข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ Linearity โดยแยกเอา y_i ที่มี x_i ซ้ำกันออก

x_i	y_i	n_i	$g_i = \Sigma y_i$	g_i^2/n	$df = n_i - 1$
720	333.3, 333.3	2	666.6	222,177.78	1

a = Σdf_i = 1 Σy_i^2 = 222,177.78

g_i = Σy_i

n_i = จำนวน y_i ที่ซ้ำกันในระดับ x_i

SSp = $\Sigma y_i^2 - \Sigma g_i^2 / n_i$ = 222,177.78 - 222,177.70 = 0

การคำนวณจากข้อมูลทั้งหมด

n	15	Σxy	13,173,850.56
Σx	33,468	Σy	5,416.11
Σx^2	115,816,848	Σy^2	2,075,188.87
$\bar{x}$	2231.2	$\bar{y}$	361.07

Sxx = $\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n$ = 115,816,848 - $(33,468)^2$ / 15

= 41,143,046.40

Sxy = $\Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y)/n$ = 13,173,850.56 - (33,468)(5,416.11)/15

= 1,089,425.93

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 2,075,188.87 - (5416.11)^2/15$

$= 119,572.36$

$b_1 = Sxy / Sxx = 0.026$

$b_o = \bar{y} - b_1\bar{x} = 361.07 - (0.026)(2231.2) = 301.99$

$SS_t = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 119,572.36$

$SS_r = b_1 Sxy = 28,325.07$

$SS_e = SS_t - SS_r = 91,247.28$

$SS_p = 0$

$SS_f = SS_e - SS_p = 91,247.28 - 0 = 91,247.28$

Source of Errors	df	SS	MS = SS/df	F
regression	1	28,325.07	28,325.07	
error	13	91,247.28	7,019.02	
lock of fit	12	91,247.28	7,603.94	0
pure error	1	0	0	
total	14	119,572.36		

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1 x$

$H_1 : y \neq B_o + B_1 x$

$\alpha = 0.05$

จาก ANONA $V = 12 , 1 \quad F = 0$

ได้ p-value > 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_o แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear relation) อย่างมีนัยสำคัญระดับ 0.05

หาสมการของความสัมพันธ์ $y = a + bx$, $b = \dfrac{n\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$

$a = \bar{y} - b\bar{x}$

ได้ $y = 338.58 + 0.01 x$

การตรวจสอบคุณสมบัติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

ให้ X = ขนาดของบ่อบำบัดน้ำทิ้ง (เมตร^2)

Y = ค่าใช้จ่ายในการลอกตะกอน (บาท/เดือน)

r_{ij} = Sxy / Sx Sy

Sxy = $\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y / n$ = 1,089,425.93

Sxx = $\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n$;

Sx = $\sqrt{Sxx} = \sqrt{41,143,046.4}$

= 6,414.28

Syy = $\Sigma y^2 - (\Sigma y^2) / n$;

Sy = $\sqrt{Syy} = \sqrt{119,572.36}$ = 345.79

r_{ij} = 1,089,425.93 / (6414.28)(345.79)

= 0.49

แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์กันในทางแนวเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.3 ระบบบ่อเลี้ยงตะกอน (Activated Sludge)

การตรวจสอบคุณสมบัติ Linearity โดยหา Pure Error

ให้ x = ขนาดของบ่อบำบัดน้ำทิ้ง (เมตร^2)

y = ค่าใช้จ่ายในการลอกตะกอน (บาท / เดือน)

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1x_1$

$H_1 : y \neq B_o + B_1x_1$

เตรียมตารางข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ Linearity โดยแยกเอา y_1 ที่มี x_1 ซ้ำกันออก

x_1	y_1	n_1	$g_1 = \Sigma y_1$	g_1^2/n	$df = n_1 - 1$
125	375, 125	2	500	125,000	1

$a = \Sigma df_1 = 1$ $\quad \Sigma y_1^2 = 156,250$

$g_1 = \Sigma y_1$

n_1 = จำนวน y_1 ที่ซ้ำกันในระดับ x_1

$SSp = \Sigma y_1^2 - \Sigma g_1^2 / n_1 = 156,250 - 125,000 = 31,250$

การคำนวนจากข้อมูลทั้งหมด

$n = 12$ $\quad \Sigma xy = 1,421,079.44$

$\Sigma x = 4,092$ $\quad \Sigma y = 3,601.9$

$\Sigma x^2 = 2,399,389.04$ $\quad \Sigma y^2 = 1,263,115.45$

$\bar{x} = 341$ $\quad \bar{y} = 300.16$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n = 2,399,389.04 - (4092)^2 / 12$

$= 1,004,017.04$

$Sxy = \Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y)/n = 1,421,079.44 - (4092)(3601.9)/12$

$= 192,831.54$

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 1,263,115.45 - (3601.9)^2/12$

$= 181,975.14$

$b_1 = Sxy / Sxx = 0.19$

$b_0 = \bar{y} - b_1\bar{x} = 300.16 - (0.19)(341) = 235.37$

$SS_t = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 181,975.14$

$SS_r = b_1 Sxy = 36,637.99$

$SS_e = SS_t - SS_r = 145,337.15$

$SS_p = 31,250$

$SS_f = SS_e - SS_p = 145,337.15 - 31,250 = 114,087.15$

Source of Errors	df	SS	MS = SS/df	F
regression	1	36,637.99	36,637.99	
error	10	145,337.15	14,533.71	
lock of fit	9	114,087.15	12,676.35	0.40
pure error	1	31,250.00	31,250.00	
total	11	181,975.14		

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1 x$

$H_1 : y \neq B_o + B_1 x$

$\alpha = 0.05$

จาก ANONA $V = 9, 1 \quad F = 0.40$

ได้ p-value > 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_o แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear relation) อย่างมีนัยสำคัญระดับ 0.05

หาสมการของความสัมพันธ์ $y = a + bx$, $b = \dfrac{n\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$

$a = \bar{y} - b\bar{x}$

ได้ $y = 234.66 + 0.19 x$

การตรวจสอบคุณสมบัติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

ให้ X = ขนาดของบ่อบำบัดน้ำทิ้ง (เมตร^2)

Y = ค่าใช้จ่ายในการลอกตะกอน (บาท/เดือน)

r_{ij} = Sxy / Sx Sy

Sxy = $\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y / n$ = 192,831.54

Sxx = $\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n$;

Sx = $\sqrt{Sxx} = \sqrt{1,004,017.04}$

= 1,002

Syy = $\Sigma y^2 - (\Sigma y^2) / n$;

Sy = $\sqrt{Syy} = \sqrt{181,975.14}$ = 426.58

r_{ij} = 192,831.54 / (1002)(426.58)

= 0.45

แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์กันในทางแนวเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4 ค่าน้ำยาเคมี

การตรวจสอบคุณสมบัติ Linearity โดยหา Pure Error

ให้ x = ปริมาณน้ำทิ้ง (เมตร^3 /วัน)

y = ค่าใช้จ่ายในด้านน้ำยาเคมี (บาท)

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1x_1$

$H_1 : y \neq B_o + B_1x_1$

เตรียมตารางข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ Linearity โดยแยกเอา y_i ที่มี x_i ซ้ำกันออก

x_i	y_i	n_i	$g_i = \Sigma y_i$	g_i^2/n	$df = n_i - 1$
400	504, 384	2	888	394,272	1

$n = \Sigma df_i = 1$ $\quad \Sigma y_i^2 = 401,472$

$g_i = \Sigma y_i$

n_i = จำนวน y_i ที่ซ้ำกันในระดับ x_i

$SSp = \Sigma y_i^2 - \Sigma g_i^2 / n_i = 401,472 - 394,272 = 7,200$

การคำนวนจากข้อมูลทั้งหมด

$n = 8$ $\quad \Sigma xy = 3,611,520$

$\Sigma x = 3,645$ $\quad \Sigma y = 4,080$

$\Sigma x^2 = 3,490,725$ $\quad \Sigma y^2 = 3,758,976$

$\bar{x} = 455.62$ $\quad \bar{y} = 510$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n = 3,490,725 - (3645)^2 / 8$

$= 1,829,971.87$

$Sxy = \Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y)/n = 3,611,520 - (3645)(4080)/8$

$= 1,752,570$

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 3,758,976 - (4080)^2/8$

$= 1,678,176$

$b_1 = Sxy / Sxx = 0.95$

$b_o = \bar{y} - b_1\bar{x} = 510 - (0.95)(455.62)$

$SS_t = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 1,678,176$

$SS_r = b_1 Sxy = 1,664,941.5$

$SS_e = SS_t - SS_r = 13,234.5$

$SS_p = 7,200$

$SS_f = SS_e - SS_p = 13,234.5 - 7,200 = 6,034.5$

Source of Errors	df	SS	MS = SS/df	F
regression	1	1,664,941.5	1,664,941.50	
error	6	13,234.5	2,205.75	
lock of fit	5	6,034.5	1,206.90	0.167
pure error	1	7,200.0	7,200.00	
total	7	1,678,176.0	239,739.42	

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1 x$

$H_1 : y \neq B_o + B_1 x$

$\alpha = 0.05$

จาก ANONA $V = 5, 1 \quad F = 0.167$

ได้ p-value > 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_o แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear relation) อย่างมีนัยสำคัญระดับ 0.05

หาสมการของความสัมพันธ์ $y = a + bx$, $b = \dfrac{n\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$

$a = \bar{y} - b\bar{x}$

ได้ $y = 72.60 + 0.96 x$

การตรวจสอบหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

ให้ X = ปริมาณน้ำทิ้ง (เมตร^3 /วัน)

Y = ค่าใช้จ่ายในด้านน้ำยาเคมี (บาท)

$r_{ij} = Sxy / Sx\ Sy$

$Sxy = \Sigma xy - \Sigma x\ \Sigma y / n = 1,752,570$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n$;

$Sx = \sqrt{Sxx} = \sqrt{1,829,971.87}$

$= 1352.76$

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y^2) / n$;

$Sy = \sqrt{Syy} = \sqrt{1,678,176} = 1295.44$

$r_{ij} = 1,752,570 / (1352.76)(1295.44)$

$= 1.0$

แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์กันในทางแนวเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5 ค่าซ่อมบำรุง

3.5.1 หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ BOD กับค่าซ่อมบำรุงของระบบบ่อกวนน้ำ

3.5.1.1 ซ่อมบำรุงเครื่องเติมอากาศ

การตรวจสอบคุณสมบัติ Linearity โดยหา Pure Error

ให้ x = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

y = ค่าซ่อมเครื่องเติมอากาศ (บาท/ปี)

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1x_1$

$H_1 : y \neq B_o + B_1x_1$

เตรียมตารางข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ Linearity โดยแยกเอา y_i ที่มี x_i ซ้ำกันออก

x_i	y_i	n_i	$g_i = \Sigma y_i$	g_i^2/n	$df = n_i - 1$
60	10000, 12500	2	12,500	128,125,000	1

$a = \Sigma df_i = 1$ $\Sigma y_i^2 = 256,250,000$

$g_i = \Sigma y_i$

n_i = จำนวน y_i ที่ซ้ำกันในระดับ x_i

$SSp = \Sigma y_i^2 - \Sigma g_i^2 / n_i = 256,250,000 - 128,125,000$

$= 128,125,000$

การคำนวนจากข้อมูลทั้งหมด

$n = 26$ $\Sigma xy = 56,038,700$

$\Sigma x = 2997.7$ $\Sigma y = 336,500$

$\Sigma x^2 = 657,443.57$ $\Sigma y^2 = 7,293,230,000$

$\bar{x} = 115.29$ $\bar{y} = 12,942.31$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n = 657,443.57 - (2997.7)^2 / 26$

$= 311,820.28$

$Sxy = \Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y)/n = 56,038,700 - (2997.7)(336,500)/26$

$= 17,241,544.23$

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 7,293,230,000 - (336,500)^2/26$

$= 2,938,143,462$

$b_1 = Sxy / Sxx = 55.29$

$b_o = \bar{y} - b_1\bar{x} = 6567.55$

$SS_t = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 2,938,143,462$

$SS_r = b_1 Sxy = 953,284,980.5$

$SS_e = SS_t - SS_r = 1,984,858,482$

$SS_p = 128,125,000$

$SS_f = SS_e - SS_p = 1,984,858,482 - 128,125,000$

$= 1,856,733,482$

Source of Errors	df	SS	MS = SS/df	F
regression	1	953,284,980.5	953,284,980.50	
error	24	1,984,858,482.0	82,702,436.75	
lock of fit	23	1,856,733,482.0	80,727,542.70	0.63
pure error	1	128,125,000.0	128,125,000.00	
total	25	2,938,143,462.0		

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1 x$

$H_1 : y \neq B_o + B_1 x$

$\alpha = 0.05$

จาก ANONA $V = 23 , 1 \quad F = 0.63$

ได้ p-value > 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_o แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear relation) อย่างมีนัยสำคัญระดับ 0.05

หาสมการของความสัมพันธ์ $y = a + bx$, $b = \dfrac{n\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$

$a = \bar{y} - b\bar{x}$

ได้ $y = 6567.55 + 55.29 x$

การตรวจสอบคุณสมบัติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

ให้ X = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

Y = ค่าซ่อมเครื่องเติมอากาศ (บาท/ปี)

$r_{xy} = Sxy / Sx\ Sy$

$Sxy = \Sigma xy - \Sigma x \Sigma y / n = 17,241,544.23$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n ;$

$Sx = \sqrt{Sxx} = \sqrt{311,820.28}$

$= 558.40$

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y^2) / n ;$

$Sy = \sqrt{Syy} = \sqrt{2,938,143,462} = 54,204.64$

$r_{xy} = 17,241,544.23 / (558.4)(54,204.64)$

$= 0.56$

แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์กันในทางแนวเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5.1.2 ซ่อมบำรุงปั๊มน้ำ

การตรวจสอบคุณสมบัติ Linearity โดยหา Pure Error

ให้ x = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

y = ค่าซ่อมบำรุงปั๊มน้ำ (บาท/ปี)

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1x_1$

$H_1 : y \neq B_o + B_1x_1$

เตรียมตารางข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ Linearity โดยแยกเอา y_i ที่มี x_i ซ้ำกันออก

x_i	y_i	n_i	$g_i = \Sigma y_i$	g_i^2/n	$df = n_i - 1$
60	4000, 1000	2	5000	12,500,000	1

$a = \Sigma df_i = 1$ $\quad \Sigma y_i^2 = 17,000,000$

$g_i = \Sigma y_i$

n_i = จำนวน y_i ที่ซ้ำกันในระดับ x_i

$SSp = \Sigma y_i^2 - \Sigma g_i^2 / n_i = 17,000,000 - 12,500,000$

$= 4,500,000$

การคำนวนจากข้อมูลทั้งหมด

$n = 18$ $\quad \Sigma xy = 3,648,350$

$\Sigma x = 1974.8$ $\quad \Sigma y = 29,600$

$\Sigma x^2 = 421,490.88$ $\quad \Sigma y^2 = 88,885,000$

$\bar{x} = 109.71$ $\quad \bar{y} = 1644.44$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n = 421,490.88 - (1974.8)^2 / 18$

$= 204,833.37$

$Sxy = \Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y)/n = 3,648,350 - (1974.8)(29,600)/18$

$= 400,901.11$

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 88,885,000 - (29,600)^2/18$

$= 40,209,444.45$

$b_1 = Sxy / Sxx = 1.95$

$b_o = \bar{y} - b_1\bar{x} = 1430.50$

$SS_t = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 40,209,444.45$

$SS_r = b_1 Sxy = 781,757.16$

$SS_e = SS_t - SS_r = 39,427,687.29$

$SS_p = 4,500,000$

$SS_f = SS_e - SS_p = 39,427,687.29 - 4,500,000$

$= 34,927,687.29$

Source of Errors	df	SS	MS = SS/df	F
regression	1	781,757.16	781,757.16	
error	16	39,427,687.29	2,464,230.45	
lock of fit	15	34,927,687.29	2,328,512.48	0.51
pure error	1	4,500,000	4,500,000	
total	17	40,209,444.45		

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1 x$

$H_1 : y \neq B_o + B_1 x$

$o = 0.05$

จาก ANONA $V = 15, 1 \quad F = 0.51$

ได้ p-value > 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_o แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear relation) อย่างมีนัยสำคัญระดับ 0.05

หาสมการของความสัมพันธ์ $y = a + bx$, $b = \frac{n\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$

$a = \bar{y} - b\bar{x}$

ได้ $y = 1429.71 + 1.95 x$

การตรวจสอบคุณสมบัติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

ให้ X = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

Y = ค่าซ่อมบำรุงปั๊มน้ำ (บาท/ปี)

$r_{xy} = Sxy / Sx\ Sy$

$Sxy = \Sigma xy - \Sigma x \Sigma y / n = 400,901.11$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n ;$

$Sx = \sqrt{Sxx} = \sqrt{204,833.37}$

$= 452.58$

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y^2) / n ;$

$Sy = \sqrt{Syy} = \sqrt{40,209,444.25} = 6341.09$

$r_{xy} = 400,901.11 / (452.58)(6341.09)$

$= 0.14$

แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์กันในทางแนวเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5.2 หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ BOD กับค่าซ่อมบำรุงของระบบบ่อเลี้ยงตะกอน

3.5.2.1 ซ่อมบำรุงเครื่องเติมอากาศ

การตรวจสอบคุณสมบัติ Linearity โดยหา Pure Error

ให้ x = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

y = ค่าซ่อมบำรุงเครื่องเติมอากาศ (บาท/ปี)

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1 x_1$

$H_1 : y \neq B_o + B_1 x_1$

เตรียมตารางข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ Linearity โดยแยกเอา y_i ที่มี x_i ซ้ำกันออก

x_i	y_i	n_i	$g_i = \Sigma y_i$	g_i^2/n	$df = n_i - 1$
3.0	4500, 3000	2	7500	28,125,000	1

$a = \Sigma df_i = 1$ $\Sigma y_i^2 = 29,250,000$

$g_i = \Sigma y_i$

n_i = จำนวน y_i ที่ซ้ำกันในระดับ x_i

$SSp = \Sigma y_i^2 - \Sigma g_i^2 / n_i = 29,250,000 - 28,125,000$

$= 1,125,000$

การคำนวนจากข้อมูลทั้งหมด

$n = 12$ $\Sigma xy = 3,060,400$

$\Sigma x = 343.5$ $\Sigma y = 94,000$

$\Sigma x^2 = 24,521.83$ $\Sigma y^2 = 990,500,000$

$\bar{x} = 28.62$ $\bar{y} = 7833.33$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n = 24,521.83 - (343.5)^2 / 12$

$= 14,689.14$

$Sxy = \Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y)/n = 3,060,400 - (343.5)(94,000)/12$

$= 369,650$

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 990,500,000 - (94,000)^2/12$

$= 254,166,666.7$

$b_1 = Sxy / Sxx = 25.16$

$b_o = \bar{y} - b_1\bar{x} = 7113.11$

$SS_t = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 254,166,666.7$

$SS_r = b_1 Sxy = 9,300,394$

$SS_e = SS_t - SS_r = 244,866,272.7$

$SS_p = 1,125,000$

$SS_f = SS_e - SS_p = 244,866,272.7$

Source of Errors	df	SS	MS = SS/df	F
regression	1	9,300,394	9,300,394	
error	10	244,866,272.7	24,486,627.2	
lock of fit	9	243,741,272.7	27,082,363.6	24.07
pure error	1	1,125,000	1,125,000	
total	11	254,166,666.7	23,106,060.61	

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1 x$

$H_1 : y \neq B_o + B_1 x$

$\alpha = 0.05$

จาก ANONA $V = 9, 1 \quad F = 24.07$

ได้ p-value > 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_o แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear relation) อย่างมีนัยสำคัญระดับ 0.05

หาสมการของความสัมพันธ์ $y = a + bx$, $b = \frac{n\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$

$a = \bar{y} - b\bar{x}$

ได้ $y = 7113.11 + 25.16 x$

การตรวจสอบคุณสมบัติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

ให้ X = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

Y = ค่าซ่อมบำรุงเครื่องเติมอากาศ (บาท/ปี)

$r_{ij} = Sxy / Sx\ Sy$

$Sxy = \Sigma xy - \Sigma x \Sigma y / n = 369,650$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n$;

$Sx = \sqrt{Sxx} = \sqrt{14,689.14}$

$= 121.19$

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y^2) / n$;

$Sy = \sqrt{Syy} = \sqrt{254,166,666.7} = 15,942.6$

$r_{ij} = 369,650 / (121.19)(15,942.6)$

$= 0.19$

แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์กันในทางแนวเดียวกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5.2.2 ซ่อมบำรุงปั๊มน้ำ

การตรวจสอบคุณสมบัติ Linearity โดยหา Pure Error

ให้ x = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

y = ค่าซ่อมบำรุงปั๊มน้ำ (บาท/ปี)

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1x_1$

$H_1 : y \neq B_o + B_1x_1$

เตรียมตารางข้อมูลเพื่อการวิเคราะห์ Linearity โดยแยกเอา y_i ที่มี x_i ซ้ำกันออก

x_i	y_i	n_i	$g_i = \Sigma y_i$	g_i^2/n	$df = n_i - 1$
3.0	750, 500	2	1250	781,250	1

$a = \Sigma df_i = 1$ $\quad \Sigma y_i^2 = 812,500$

$g_i = \Sigma y_i$

n_i = จำนวน y_i ที่ซ้ำกันในระดับ x_i

$SSp = \Sigma y_i^2 - \Sigma g_i^2 / n_i = 812,500 - 781,250$

$= 31,250$

การคำนวนจากข้อมูลทั้งหมด

$n = 11$ $\quad \Sigma xy = 1,186,400$

$\Sigma x = 380.7$ $\quad \Sigma y = 19,450$

$\Sigma x^2 = 27,872.49$ $\quad \Sigma y^2 = 59,612,500$

$\bar{x} = 34.61$ $\quad \bar{y} = 1768.18$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n = 27,872.49 - (380.7)^2 / 11$

$= 14,696.80$

$Sxy = \Sigma xy - (\Sigma x \Sigma y)/n = 1,186,400 - (380.7)(19,450)/11$

$= 513,253.18$

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 59,612,500 - (19,450)^2/11$

$= 25,221,363.64$

$b_1 = Sxy / Sxx = 34.92$

$b_o = \bar{y} - b_1\bar{x} = 559.50$

$SS_t = \Sigma y^2 - (\Sigma y)^2 / n = 25,221,363.64$

$SS_r = b_1 Sxy = 17,922,801.05$

$SS_e = SS_t - SS_r = 7,298,562.59$

$SS_p = 31,250$

$SS_f = SS_e - SS_p = 7,298,562.59 - 31,250$

$= 7,267,312.59$

Source of Errors	df	SS	MS = SS/df	F
regression	1	17,922,801.05	17,922,801.05	
error	9	7,298,562.59	810,951.39	
lock of fit	8	7,267,312.59	908,414.07	29.06
pure error	1	31,250.00	31,250.00	
total	10	25,221,363.64	2,522,136.36	

สมมติฐาน $H_o : y = B_o + B_1 x$

$H_1 : y \neq B_o + B_1 x$

$\alpha = 0.05$

จาก ANONA $V = 8 , 1 \quad F = 29.06$

ได้ p-value > 0.05 ดังนั้นจึงยอมรับ H_o แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์เชิงเส้น (linear relation) อย่างมีนัยสำคัญระดับ 0.05

หาสมการของความสัมพันธ์ $y = a + bx \quad , \quad b = \dfrac{n\Sigma xy - \Sigma x \Sigma y}{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$

$a = \bar{y} - b\bar{x}$

ได้ $y = 559.50 + 34.92 x$

การตรวจสอบคุณสมบัติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient)

ให้ X = ปริมาณ BOD (กก./วัน)

Y = ค่าซ่อมบำรุงปั๊มน้ำ (บาท/ปี)

$r_{ij} = Sxy / Sx\ Sy$

$Sxy = \Sigma xy - \Sigma x \Sigma y / n = 513,253.18$

$Sxx = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n$;

$Sx = \sqrt{Sxx} = \sqrt{14,696.8}$

$= 121.23$

$Syy = \Sigma y^2 - (\Sigma y^2) / n$;

$Sy = \sqrt{Syy} = \sqrt{25,221,363.64} = 5,022.08$

$r_{ij} = 513,253.18 / (121.23)(5022.08)$

$= 0.84$

แสดงว่า x และ y มีความสัมพันธ์กันในทางแนวเดียวกัน

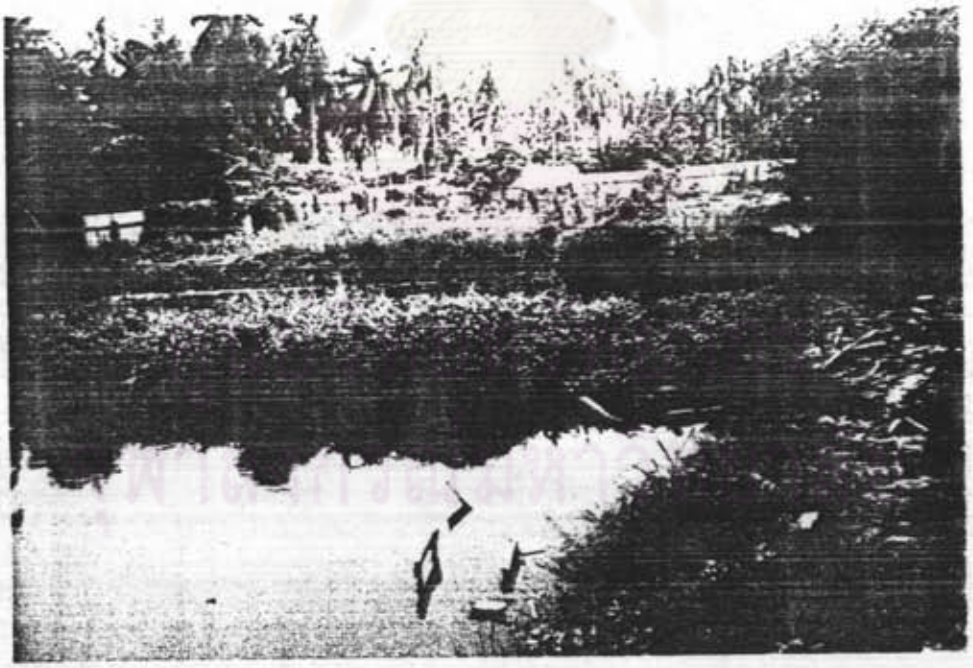
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

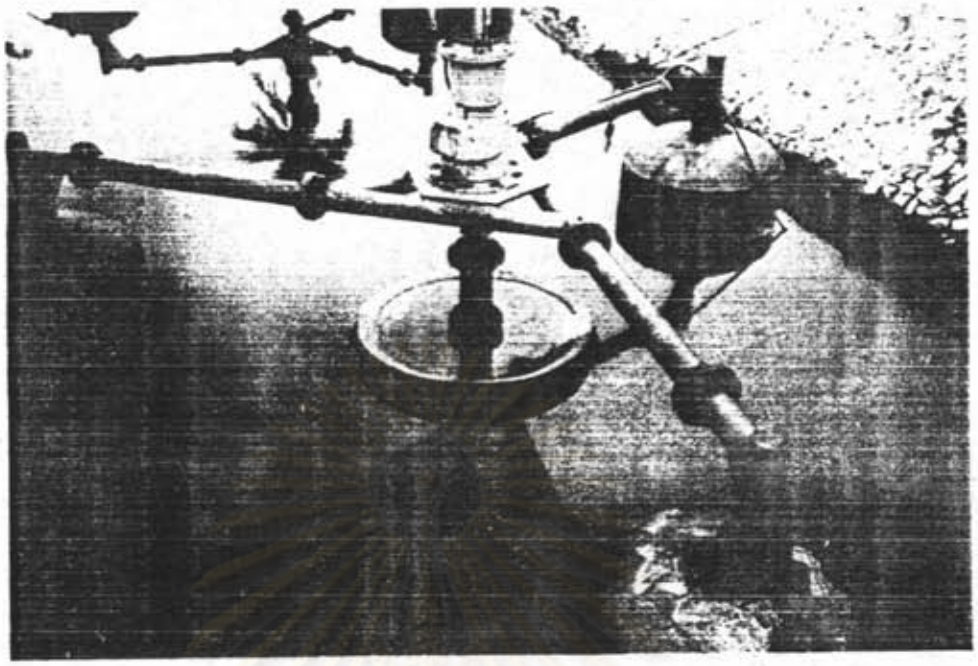
ภาพแสดงระบบบำบัดน้ำเสีย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

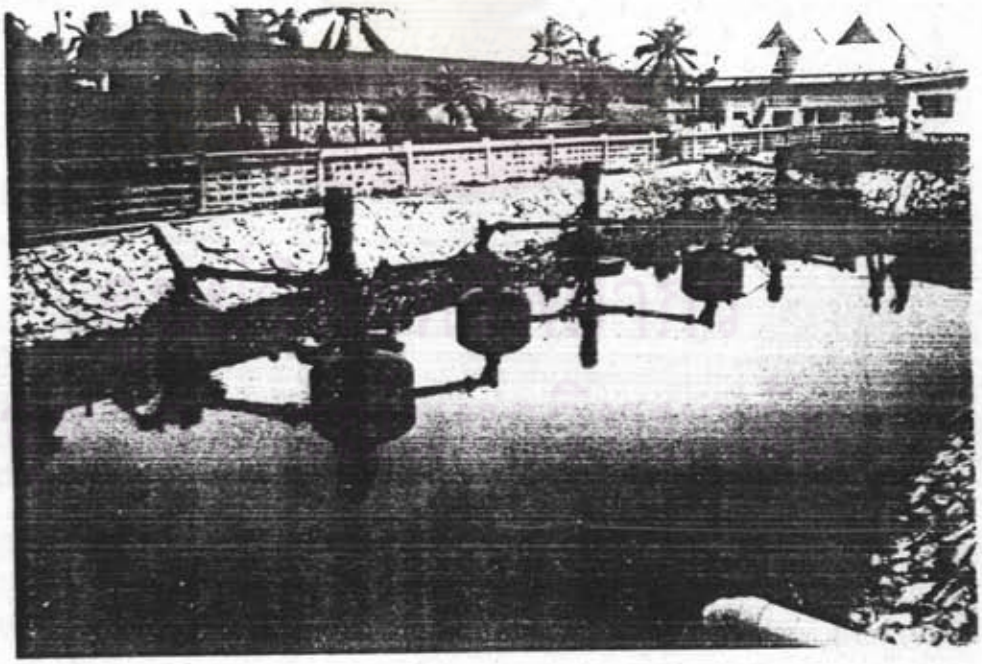
ภาพที่ 1 แสดงบ่อบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่งน้ำ (Pond) ขนาดใหญ่



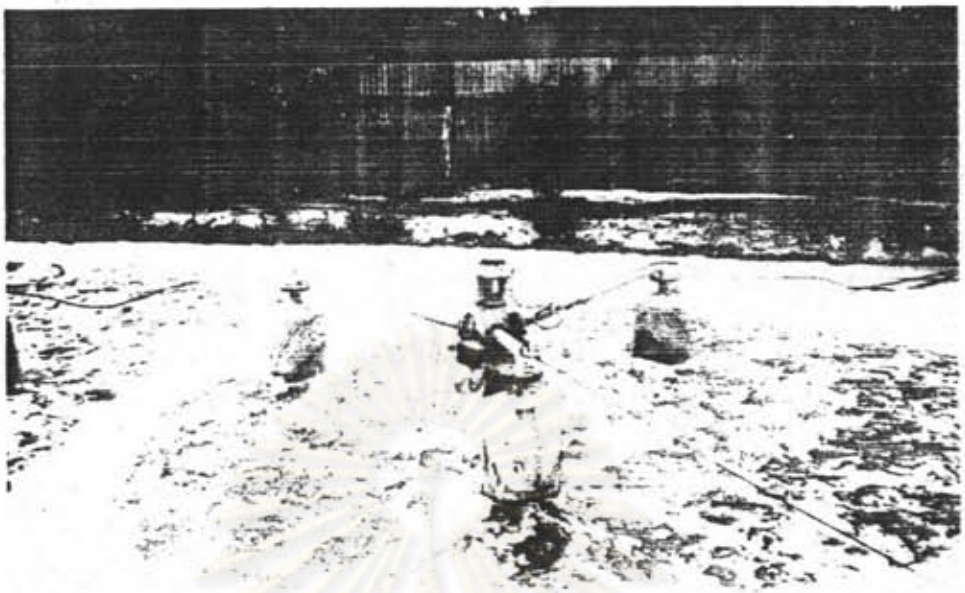
ภาพที่ 2 แสดงบ่อบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่งน้ำ (Pond) ขนาดเล็ก



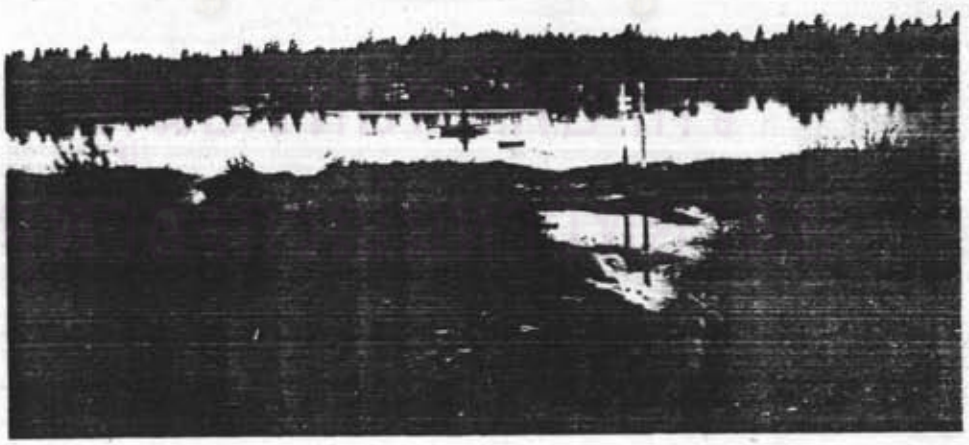
ภาพที่ 3 แสดงลักษณะของเครื่องเติมอากาศ (Aerator) ชนิดทุ่นลอยขนาดใหญ่



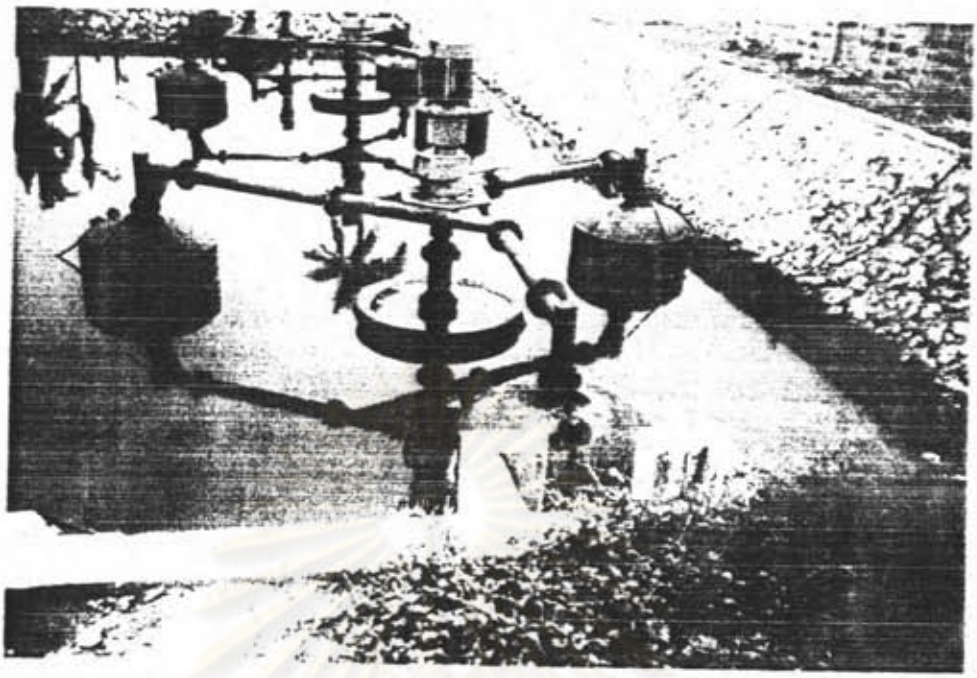
ภาพที่ 4 แสดงลักษณะการวางเครื่องเติมอากาศในบ่อบำบัดน้ำเสีย



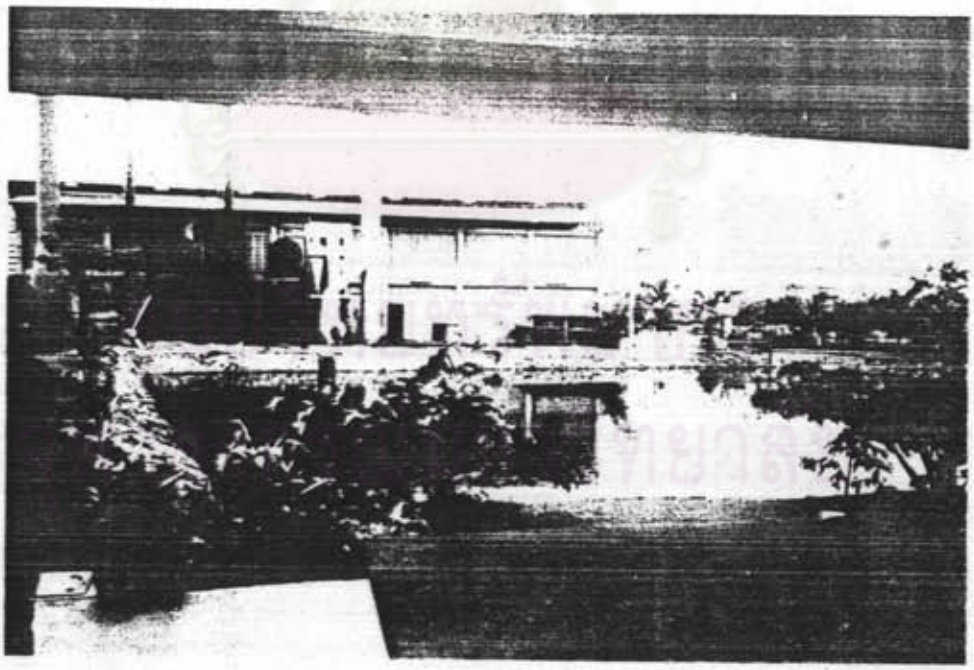
ภาพที่ 5 แสดงลักษณะเครื่องเติมอากาศ (Aerator) แบบทุ่นลอยน้ำขนาดเล็ก



ภาพที่ 6 แสดงลักษณะการวางเครื่องเติมอากาศจำนวนมากในบ่อบำบัดน้ำเสียขนาดใหญ่

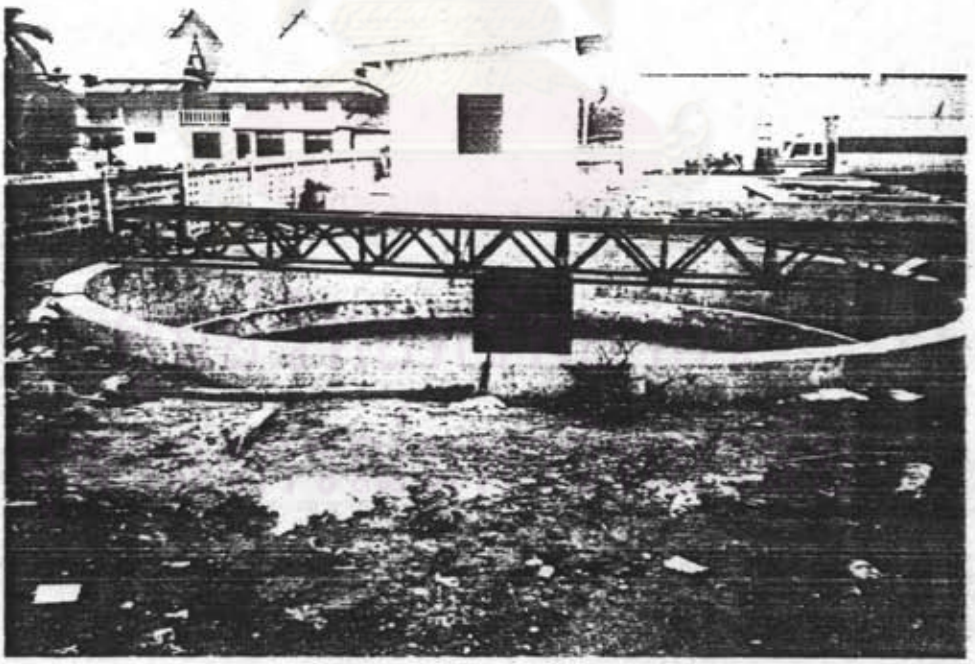


ภาพที่ 7 แสดงลักษณะผนังของบ่อบำบัดน้ำเสีย

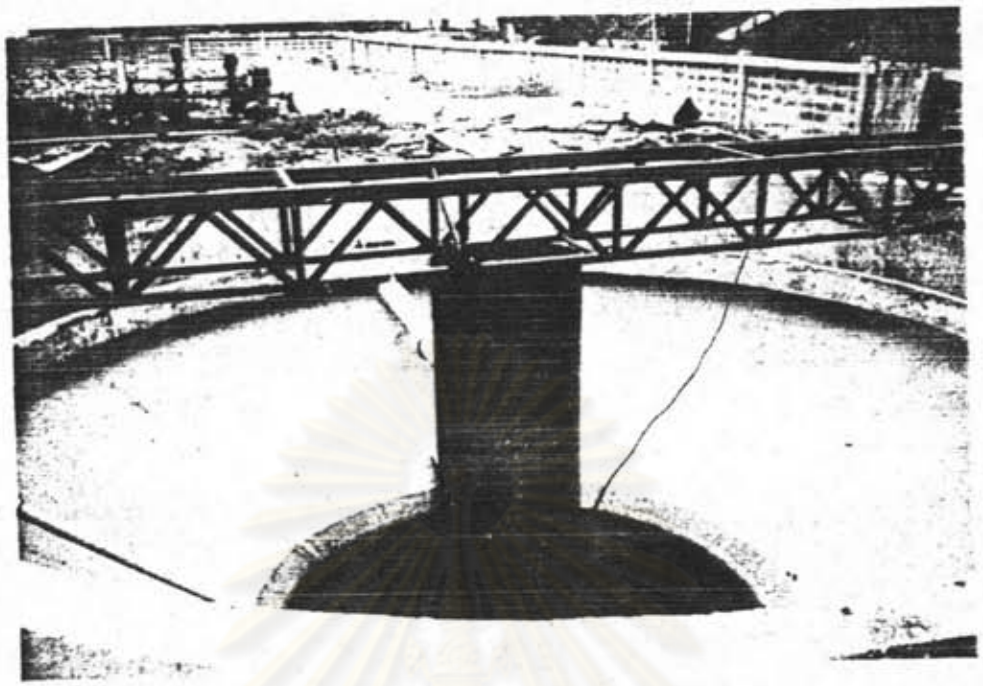


ภาพที่ 8 แสดงลักษณะของบ่อพักน้ำก่อนปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

ภาพที่ 9 แสดงลักษณะของปั๊มน้ำที่ใช้สูบน้ำจากโรงงานลงสู่บ่อบำบัดน้ำเสีย



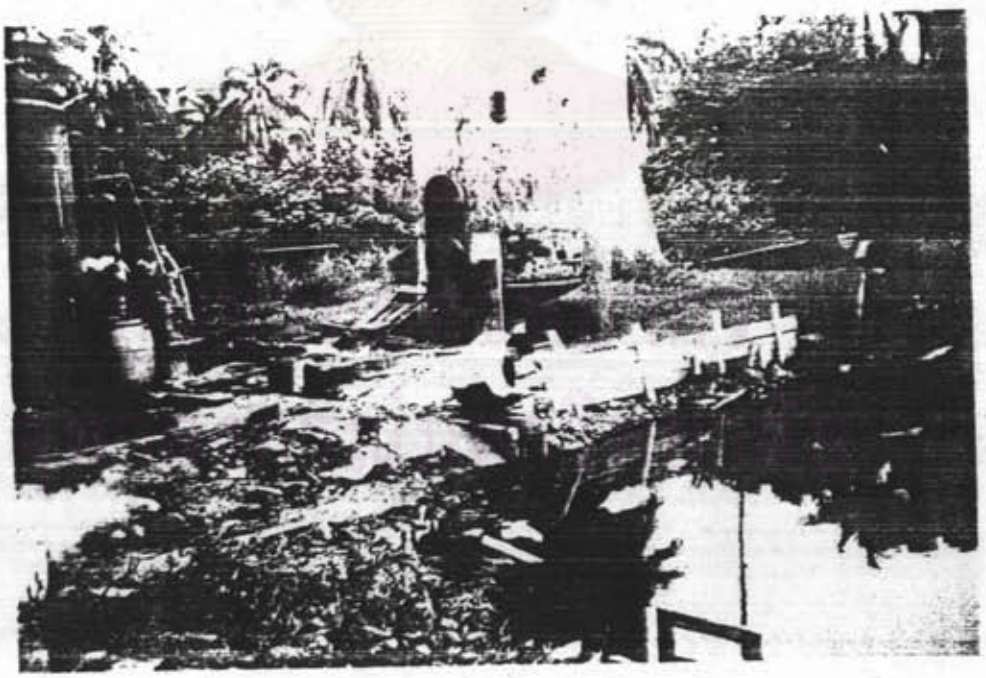
ภาพที่ 10 แสดงลักษณะของบ่อตกตะกอน



ภาพที่ 11 แสดงลักษณะภายในของบ่อตกตะกอน

ภาพที่ 12 แสดงลักษณะของปั๊มที่ใช้สำหรับสูบตะกอนจากบ่อตกตะกอนลงสู่บ่อบำบัดน้ำเสีย

ภาพที่ 13 แสดงการแนะนำของเจ้าหน้าที่ทางสิ่งแวดล้อมโรงงาน ในเรื่องของการบำบัดน้ำเสีย



ภาพที่ 14 แสดงการเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากโรงงานมาตรวจสอบคุณสมบัติ

ประวัติผู้เขียน

นายชัยรัตน์ เกตุเงิน เกิดวันที่ 13 สิงหาคม พ.ศ. 2504 สำเร็จการศึกษาชั้นปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อปีการศึกษา 2526 เข้ารับการศึกษาในระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2527

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย