เอกสารอ้างอิง

APHA , AWWA and WPCF Standard Method for the Examination of Water and Wastewater 15th Edition , 1980

Aslam, S. and Walker. O.L. Recycling of Mercury and Silver from COD Tests. Water Pollution Control Federal 54(July 1982) 1148-1151

Freeman, H.M. Standard Handbook of Hazardous waste Treatment and Disposal . U.S. Environmental Protection Agency ,1980

Ichikawa, A. and Subramanian, S.K. Environmental pollution control for hazardous wastes in Japan . Treatment and Disposal of Hazardous Wastes from Industry : Some Experience (1983):15-32

Jong - Ho Youn Solidification of Laboratory Wastes by Using Ordinary Portland Cement and Lime-Rice Husk Ash Cement Thesis no. EV-90-27 , Asian Institute of Technology , Bangkok , Thailand 1990

Keenan, J.D.,Steiner, R.L. and Fungaroli, A.A. Chemical-Physical Leachate Treatment . Journal of Environmental Engineering 109(Dec 1983):1371-1385

Lanouette, K.H. Industrial Wastewater and Solid Waste Engineering . Chemical Engineering (1977) : 116-123

Maruyama, T.,Hannah, S.A. and Cohen,J.M. Metal removal and Chemical Treatment process . Water Pollution Control Federal 47(May 1975): 962-977

Muiler, K.R. Chemical Waste Handling and Treatment (1970): 206-614

Netzer, A.,Wilkinson, P. and Beszedits, S. Removal of Trace Metals from Wastewater by Treatment with Lime and Discarded Automation Tires . Water Research 8(1974): 813-817

Okazaki, H. Practice of Hazardous Wastes Treatment. Treatment and Disposal of Hazardous Wastes from Industry : Some Experience, (1983): 99-131

Orano, E.A.R. Review of the Issues in Hazardous and Toxic Waste Management in Developing Countries . Water Pollution Control in Asia (1988): 433-439

Sneed, M.C., Maynard, J.L. and Brasted, R.C. Comprehensive Inorganic Chemistry (1977): 114-183

Sund, C. Physico-Chemical Processing Options . Hazardous Waste & Hazardous Materials , vol 3 , 2(1986): 183-194

Tamaura, Y.,Katsura, T.,Rojarayanont, S.,Yoshida, T. and Abe H. Ferrite Process : Heavy Metal Ions Treatment System . Water Science Technology , Kyoto , 23(1991): 1833-1900

Vogel Elementary Practical Organic Chemistry , 2 nd London , Longman (1966)

Wentz, C.A. Hazardous Waste Management Argonne National Laboratory (1970): 146-149

WPCF Simplified Laboratory Procedure for Wastewater Examination (1985)

ภาคผนวก ก.

แหล่งที่มาและลักษณะของน้ำเสีย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

แหล่งที่มาและลักษณะของน้ำเสีย

แหล่งที่มาของน้ำเสีย

น้ำเสียที่นำมาใช้ในการทดลองนี้เป็นน้ำเสียที่ได้จากห้องปฏิบัติการ โดยนำมาจากการทดลองหาค่าซีโอดี (chemical oxygen demand) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

นิยาม ซีโอดี : ปริมาณออกซิเจนที่มาจาก strong oxidizing agent ที่ใช้ในการย่อยสลายอินทรีย์สาร oxidizing agent ที่ใช้ ได้แก่ $K_2Cr_2O_7$ $KMnO_4$ หรืออื่นใดก็ได้ เช่น ceric sulphate , potassium iodide เป็นต้น แต่ที่เหมาะสมที่สุดคือ $K_2Cr_2O_7$ เนื่องจากสามารถออกซิไดซ์สารอินทรีย์ได้หลายชนิดมากกว่า

หลักการในการหาค่าซีโอดี

หลักการในการหาค่าซีโอดี โดยวิธี reflux ทั้งวิธีเปิดหรือวิธีปิด คือ สารอินทรีย์ส่วนใหญ่จะถูกทำลายโดย mixture ของ $K_2Cr_2O_7$ และกรดซัลฟูริกเข้มข้น โดยนำตัวอย่างน้ำไปต้มและ reflux กับ mixture ดังกล่าว oxidizing agent ที่ใช้ คือ $K_2Cr_2O_7$ นั้นจะต้องทราบจำนวนและความเข้มข้นที่แน่นอน หลังจาก reflux เป็นเวลา $1^1/_2$ - 2 ชั่วโมงแล้ว สารอินทรีย์จะถูกออกซิไดส์โดย $K_2Cr_2O_7$ ให้หาปริมาณของ oxidizing agent ที่เหลือหลังการ reflux โดยนำไปไตเตรตกับ ferrous ammonium sulphate ที่ทราบความเข้มข้นและปริมาณที่ใช้ ทำให้ทราบปริมาณของออกซิเจนจาก $K_2Cr_2O_7$ที่ใช้ในการออกซิไดส์สารอินทรีย์ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมการในการทำปฏิกิริยา

สมการออกซิไดส์สารอินทรีย์

$$C\ H\ O\ N + Cr_2O_7^{-2} + H^+ \text{ ------ } CO_2 + H_2O + NO_3^- + Cr^{+3} \quad ....(1)$$
$$+ \text{ remaining } Cr_2O_7^{-2}$$

สมการในการไตเตรต

$$6\ Fe^{+2} + Cr_2O_7^{-2} + 14\ H^+ \text{ -------- } 6\ Fe^{+3} + 2\ Cr^{+3} + 7\ H_2O \quad .....(2)$$

สารที่ใช้ในการทดลอง

1. $HgSO_4$
2. $K_2Cr_2O_7$
3. Ag_2SO_4
4. $Fe\ SO_4\ (NH_4)_2\ SO_4$

ปริมาณสารเคมีที่ใช้ และความเข้มข้นที่เหมาะสม

Sample Size, ml	0.25 N Standard Dichromate, ml	Conc. H_2SO_4 with $AgSO_4$ ml	$HgSO_4$ gm	Normality of $Fe\ SO_4\ (NH_4)_2\ SO_4$	Final Volume before Titration, ml
10.0	5.0	15	0.2	0.05	70
20.0	10.0	30	0.4	0.10	140
30.0	15.0	45	0.6	0.15	210
40.0	20.0	60	0.8	0.20	280
50.0	25.0	75	1.0	0.25	350

วิธีการทดลอง

ซีโอดีโดยรีฟลักซ์แบบเปิด

1. เครื่องมือประกอบด้วย ขวดแก้วซีโอดี ก้นแบนขนาด 250 หรือ 500 ลบซม. ซึ่งภายในจะใส่เม็ดแก้ว 3-4 เม็ด เพื่อช่วยกระจายความร้อน

2. ใส่ 0.4 กรัม $HgSO_4$ เพื่อแก้สารรบกวน เนื่องจาก Cl^- ที่มีในน้ำตัวอย่าง

3. ใส่น้ำตัวอย่าง x ml ซึ่งจะใช้ไม่เกิน 20 ลบ.ซม. ถ้าน้อยกว่าให้เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรเป็น 20 ลบ.ซม.

4. ปิเปตสารละลายมาตรฐาน $K_2Cr_2O_7$ 0.25 นอร์มัลหรือ 0.0417 โมลาร์ 10 ลบ.ซม. โดยใช้ volumetric pipette ใส่ไปในขวดซีโอดี

5. นำขวดไปต่อกับเครื่องควบแน่น (condenser) ชนิดปลายเปิดซึ่งได้เปิดน้ำหล่อเครื่องควบแน่นไว้แล้ว

6. ค่อยๆเท conc.H_2SO_4 with Ag_2SO_4 30 ลบ.ซม. ไปทางปลายเปิดของเครื่องควบแน่นทีละน้อยจนหมด ผสมให้เข้ากันโดยเขย่าขวดซีโอดี ที่ต่อกับเครื่องควบแน่น

7. เปิด heater รีฟลักซ์เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

8. รีฟลักซ์ blank ในขวดซีโอดี อีกใบหนึ่ง ทำพร้อมกับน้ำตัวอย่าง โดยใช้รีเอเจนต์และสารเคมีต่างๆเท่ากับที่ใช้สำหรับน้ำตัวอย่าง

9. หลังจากรีฟลักซ์แล้ว จึงล้างเครื่องควบแน่นด้วยน้ำกลั่นตามปริมาตรที่แสดงไว้ในตาราง

10. เมื่อทิ้งให้เย็นจึงติเตรตปริมาณ $K_2Cr_2O_7$ ที่เหลือด้วย $Fe\,SO_4\,(NH_4)_2\,SO_4$ ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนแล้ว

ซีโอดีวิธีรีฟลักซ์แบบปิด

1. ล้างหลอดย่อยสลายและฝาจุกด้วยกรดซัลฟูริค ร้อยละ 20 ก่อนนำไปใช้เพื่อป้องกันการปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์

2. เลือกใช้ปริมาตรของตัวอย่างน้ำและสารเคมีที่เหมาะสม ตามตาราง

3. นำน้ำตัวอย่างมาใส่หลอดย่อยสลาย หรือ แอมพูล แล้วเติมสารละลายที่ใช้ในการย่อยสลาย ซึ่งได้แก่ $K_2Cr_2O_7$

4. ค่อยๆเทกรดซัลฟูริคให้ไหลลงก้นหลอด เพื่อให้ชั้นของกรดอยู่ใต้ชั้นของตัวอย่างน้ำและน้ำยาย่อยสลาย

5. ปิดจุกหลอดแก้วให้แน่น หรือถ้าใช้แอมพูลก็ให้เชื่อมให้สนิทแล้วคว่ำหลอดแก้วไปมาหลายครั้ง เพื่อผสมให้เข้ากันทั่วถึง

6. นำหลอดทดลองเหล่านี้ไปใส่ไว้ในเครื่องย่อยสลาย หรือตู้อบ ซึ่งได้ทำให้ร้อนถึงอุณหภูมิ 150 C ก่อนแล้วรีฟลักซ์ 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นถึงอุณหภูมิห้อง โดยนำหลอดทดลองมาไว้ใน test tube rack ที่วางหลอดทดลอง

7. เปิดฝาจุก แล้วจิ้มใส่แท่งแม่เหล็กที่หุ้มด้วยทีเฟลอี ถ้าใช้แอมพูลให้เทของผสมลงไปในภาชนะที่ใหญ่กว่า เพื่อนำไปติเตรต เติมเฟอโรอิน อินดิเคเตอร์ 0.05-0.1 ลบ.ซม. คนโดยใช้เครื่องกวนโดยแม่เหล็กอย่างเร็ว จนถึงจุดยุติ

การคำนวณ

$$\text{ซีโอดี มก.ออกซิเจน/ลบ.ซม.} = \frac{(A-B) \times M \times 8000 \times 6}{\text{ลบ.ซม. ตัวอย่างน้ำ}}$$

โดย A = ลบ.ซม. ของ FAS ที่ใช้ในการติเตรตแบลงค์

B = ลบ.ซม. ของ FAS ที่ใช้ในการติเตรตตัวอย่างน้ำ

M = โมลาริตีของ FAS

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลักษณะของน้ำเสียหลังจากการทดลองซีโอดี

1. สีของน้ำเสียจะเป็นสีน้ำตาลในช่วงแรก และจะเป็นสีฟ้าอมเขียวในเวลาต่อมา

2. ปริมาตรของน้ำเสียในแต่ละตัวอย่างน้ำโดยเฉลี่ยจะประมาณ 250 ลบ.ซม.

3. ปริมาณสารที่เติมลงไปในการทดลองจะเปลี่ยนไปตามปริมาณน้ำตัวอย่างที่นำมาทดลอง ซึ่งจะใช้ค่าสารเคมีตามตาราง

4. สารโลหะหนักที่มีอยู่ในน้ำเสียหลังจากการทดลองซีโอดี คือ Ag , Cr , Hg และ Fe

จากสมการที่ (1) และ สมการที่ (2)

สมการออกซิไดส์สารอินทรีย์

$$C\ H\ O\ N + Cr_2O_7^{-2} + H^+ \text{ --------- } CO_2 + H_2O + NO_3^- + Cr^{+3} \quad ....(1)$$
$$+ \text{ remaining } Cr_2O_7^{-2}$$

สมการในการไตเตรต

$$6\ Fe^{+2} + Cr_2O_7^{-2} + 14\ H^+ \text{ ---------- } 6\ Fe^{+3} + 2\ Cr^{+3} + 7\ H_2O \quad .....(2)$$

พบว่า สารโลหะหนักจะอยู่ในรูปของ

Ag - Ag^{+2}

Cr - Cr^{+3}

Fe - Fe^{+3}

Hg - Hg^{+2}

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค่าใช้จ่ายสารเคมีในการวิเคราะห์ค่าซีโอดี

สารเคมี	ราคาต่อหน่วย	ปริมาณสารเคมีที่ใช้		ค่าสารเคมีต่อตัวอย่าง	
		close reflux	open reflux	close reflux	open reflux
1. H_2SO_4	280 บ./2.5 ล.	14	75	1.6	8.4
2. $K_2Cr_2O_7$	580 บ./กก.	0.03	0.3	0.02	0.2
3. $AgSO_4$	2400 บ./100 ก.	0.12	0.6	2.88	15.8
4. $HgSO_4$	680 บ./100 ก.	0.2	1	1.36	6.8
5. 1–10 phenantroline	680 บ./10 ก.	0.045	0.045	3.06	3.06
6. FAS	460 บ./กก.	3	1	1.38	0.46
7. $FeSO_4$	360บ./กก.	0.02	0.02	0.007	0.007
				10.307	34.727

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

ภาคผนวก ข.1 - แบบสัมภาษณ์ขั้นต้น

ภาคผนวก ข.2 - แบบสัมภาษณ์ค่าใช้จ่าย

ภาคผนวก ข.3 - ที่ตั้งของห้องปฏิบัติการ

ภาคผนวก ข.4 - ปริมาณน้ำเสียชีโอดีของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.1

แบบสัมภาษณ์ขั้นต้น

วันที่ทำการสัมภาษณ์ .....

ชื่อหน่วยงาน .....

สถานที่ .....

.....

ผู้ให้สัมภาษณ์ .....

<u>แผนที่หน่วยงาน</u>

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระยะทางจากห้องปฏิบัติการถึงจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย .....กิโลเมตร

1. เกณฑ์มาตรฐานในการวิเคราะห์ซีโอดี (COD)

   1) ตาม Standard Method (ดูข้อ 2)

   2) ตามมาตรฐานอื่น (โปรดระบุรายละเอียดหน้าสุดท้าย)

2. วิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ซีโอดี (COD)

   1) วิเคราะห์ซีโอดีรีฟลักซ์แบบเปิด (Open Dichromate Reflux)

   2) วิเคราะห์ซีโอดีรีฟลักซ์แบบปิด (Close Dichromate Reflux)

   3) วิเคราะห์ซีโอดีวิธีเปอร์มังกาเนต

3. ปริมาตรของน้ำที่ผ่านการทดลองค่าซีโอดีแล้ว รวมกับปริมาณน้ำที่นำมาเจือจางเพื่อล้างภาชนะในการทดลอง มีปริมาตรน้ำรวมประมาณ

   1) รีฟลักซ์แบบเปิด ..... มิลลิลิตร

   2) รีฟลักซ์แบบปิด ..... มิลลิลิตร

4. จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ต่อเดือน

ปี	รีฟลักซ์แบบปิด	รีฟลักซ์แบบเปิด	เปอร์มังกาเนต
2531	.....	.....	.....
2532	.....	.....	.....
2533	.....	.....	.....
2534	.....	.....	.....
2535	.....	.....	.....
2536	.....	.....	.....

5. คาดว่าจำนวนตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์จะเพิ่มประมาณเท่าไร

   1) 20 - 30 % 2) 30 - 40 %

   2) 40 - 50 % 3) 50 - 60 %

   4) 60 - 70 % 5) 70 - 80 %

   6) 80 - 100 %

6. น้ำเสียหลังการวิเคราะห์ค่าซีโอดี (COD) นำไปทิ้งอย่างไร

1) เทลงล่างระบายน้ำทิ้ง

2) นำไปปรับพีเอชก่อนเทลงล่างระบายน้ำทิ้ง

3) บำบัดก่อนนำไปทิ้ง โดยวิธีการ .....

.....

.....

7. ท่านเห็นด้วยหรือไม่กับการบำบัดน้ำเสียจากการวิเคราะห์ซีโอดี (COD) ก่อนที่จะนำไประบายลงท่อระบายน้ำ

1) เห็นด้วย

2) ไม่เห็นด้วย เพราะ .....

.....

8. ราคาในการวิเคราะห์ค่าซีโอดีต่อ 1 ตัวอย่าง

1) 150 บาท 2) 200 บาท

3) 250 บาท 3) 300 บาท

4) 350 บาท

9. อัตราค่าบำบัดน้ำเสียที่ยอมรับได้

1) 10-15 บาท หรือ 5 % ของราคาในการวิเคราะห์ซีโอดี 1 ตัวอย่าง

2) 25-30 บาท หรือ 10 % ของราคาในการวิเคราะห์ซีโอดี 1 ตัวอย่าง

3) 40-45 บาท หรือ 15 % ของราคาในการวิเคราะห์ซีโอดี 1 ตัวอย่าง

4) 50-60 บาท หรือ 20 % ของราคาในการวิเคราะห์ซีโอดี 1 ตัวอย่าง

10. ในการบำบัดน้ำเสียที่ผ่านการวิเคราะห์ค่าบีโอดี ถ้านำน้ำเสียนี้ส่งศูนย์บำบัดน้ำเสียคิดว่าจะมีที่เพียงพอในการเก็บน้ำเสียชั่วคราว เพื่อรอการขนส่งไปบำบัดหรือไม่

1) มี 2) ไม่มี

ความจุของถังที่ใช้เก็บน้ำเสียชั่วคราว ..... ลิตร

การให้ทางศูนย์ฯ มารับน้ำเสีย ควรจะมารับกี่ครั้งต่อเดือน

1) ทุกเดือน 2) ทุก 2 เดือน

3) ทุก 3 เดือน 4) ทุก 6 เดือน

9. อัตราค่าบำบัดน้ำเสียที่ยอมรับได้

1) 10-15 บาท หรือ 5 % ของราคาในการวิเคราะห์บีโอดี 1 ตัวอย่าง

2) 25-30 บาท หรือ 10 % ของราคาในการวิเคราะห์บีโอดี 1 ตัวอย่าง

3) 40-45 บาท หรือ 15 % ของราคาในการวิเคราะห์บีโอดี 1 ตัวอย่าง

4) 50-60 บาท หรือ 20 % ของราคาในการวิเคราะห์บีโอดี 1 ตัวอย่าง

11. ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายละเอียดวิธีการในการวิเคราะห์ค่าซีโอดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.2

แบบสัมภาษณ์ค่าใช้จ่าย

วันที่ทำการสัมภาษณ์ .....

ชื่อหน่วยงาน .....

สถานที่ .....

.....

ผู้ให้สัมภาษณ์ .....

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. ท่านเห็นด้วยหรือไม่ ในการเก็บอัตราค่าบำบัดน้ำเสีย 45 บาทต่อน้ำเสีย 1 ลิตร

   1) เห็นด้วย

   2) ไม่เห็นด้วย

      เพราะ .....

      อัตราค่าบำบัดน้ำเสียที่คิดว่ายอมรับได้

      .....

2. ท่านเห็นด้วยหรือไม่ กับค่าขนส่งในอัตรา 2 บาท/กม.

   1) เห็นด้วย

   2) ไม่เห็นด้วย

      เพราะ .....

3. ท่านเห็นด้วยหรือไม่ ในการนำซิลเวอร์ที่ได้จากการนำกลับ ซึ่งมีความบริสุทธิ์ 70 % ไปใช้ในการทดลองใหม่

   1) เห็นด้วย

   2) ไม่เห็นด้วย

      เพราะ .....

4. ท่านเห็นด้วยหรือไม่ ในการคิดราคาซิลเวอร์ที่ได้จากการนำกลับในอัตรา 50 % ของราคาซิลเวอร์ผง (powder) หรือ 1250 บาทต่อซิลเวอร์ 10 กรัม

   1) เห็นด้วย

   2) ไม่เห็นด้วย

      เพราะ .....

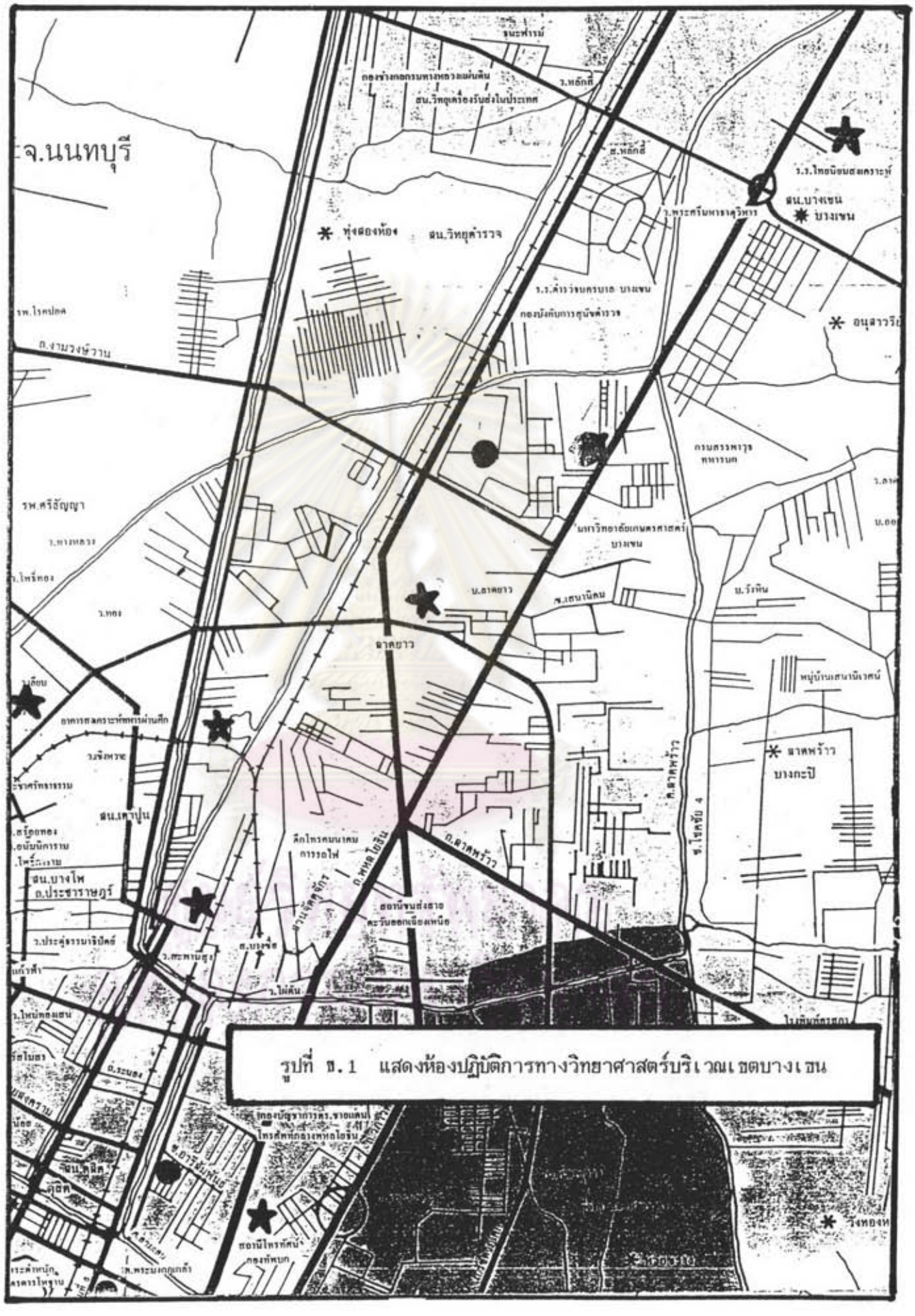
ภาคผนวก ข.3

ที่ตั้งของห้องปฏิบัติการ

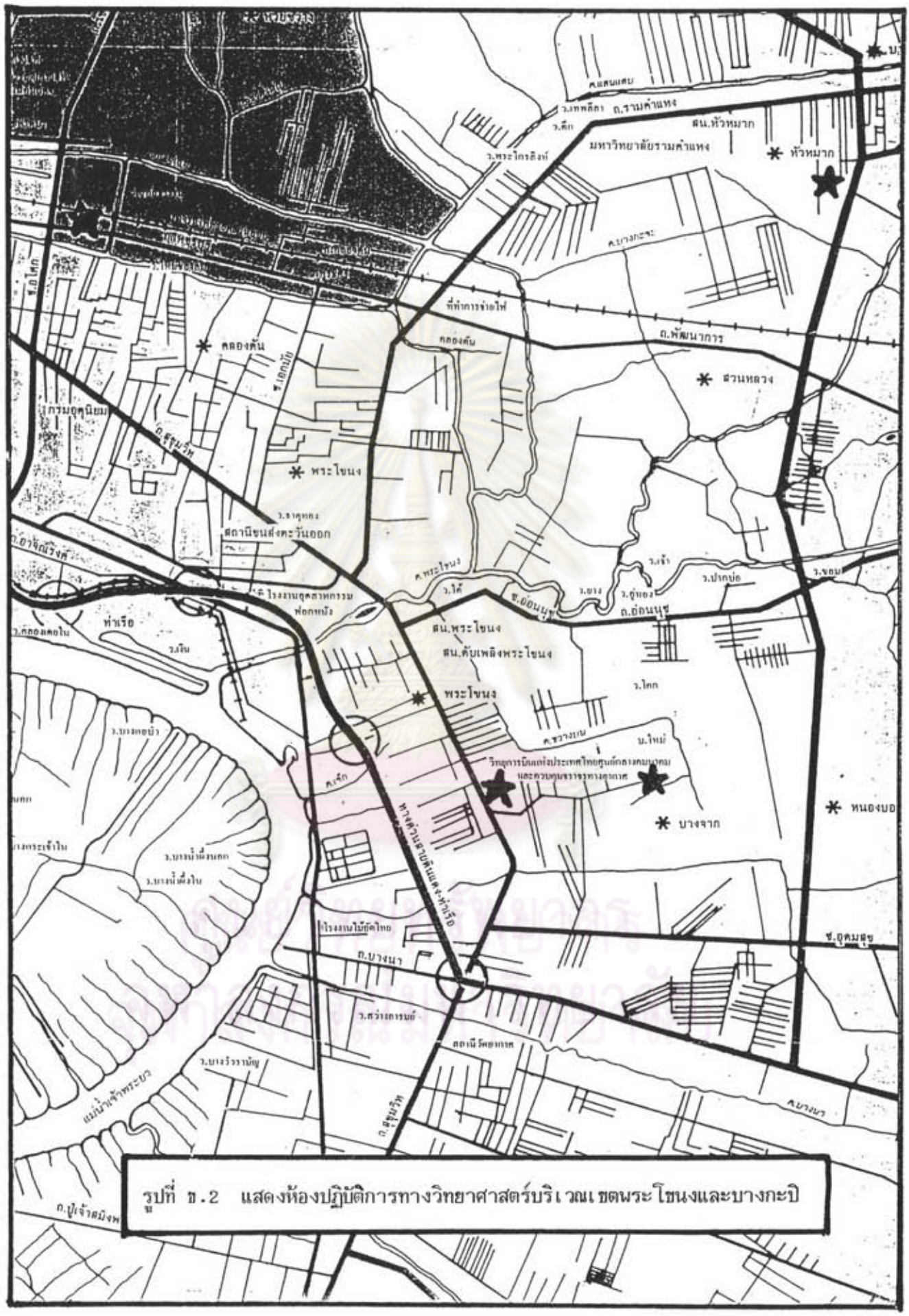
★ ห้องปฏิบัติการหน่วยงานเอกชน

● ห้องปฏิบัติการหน่วยงานราชการ

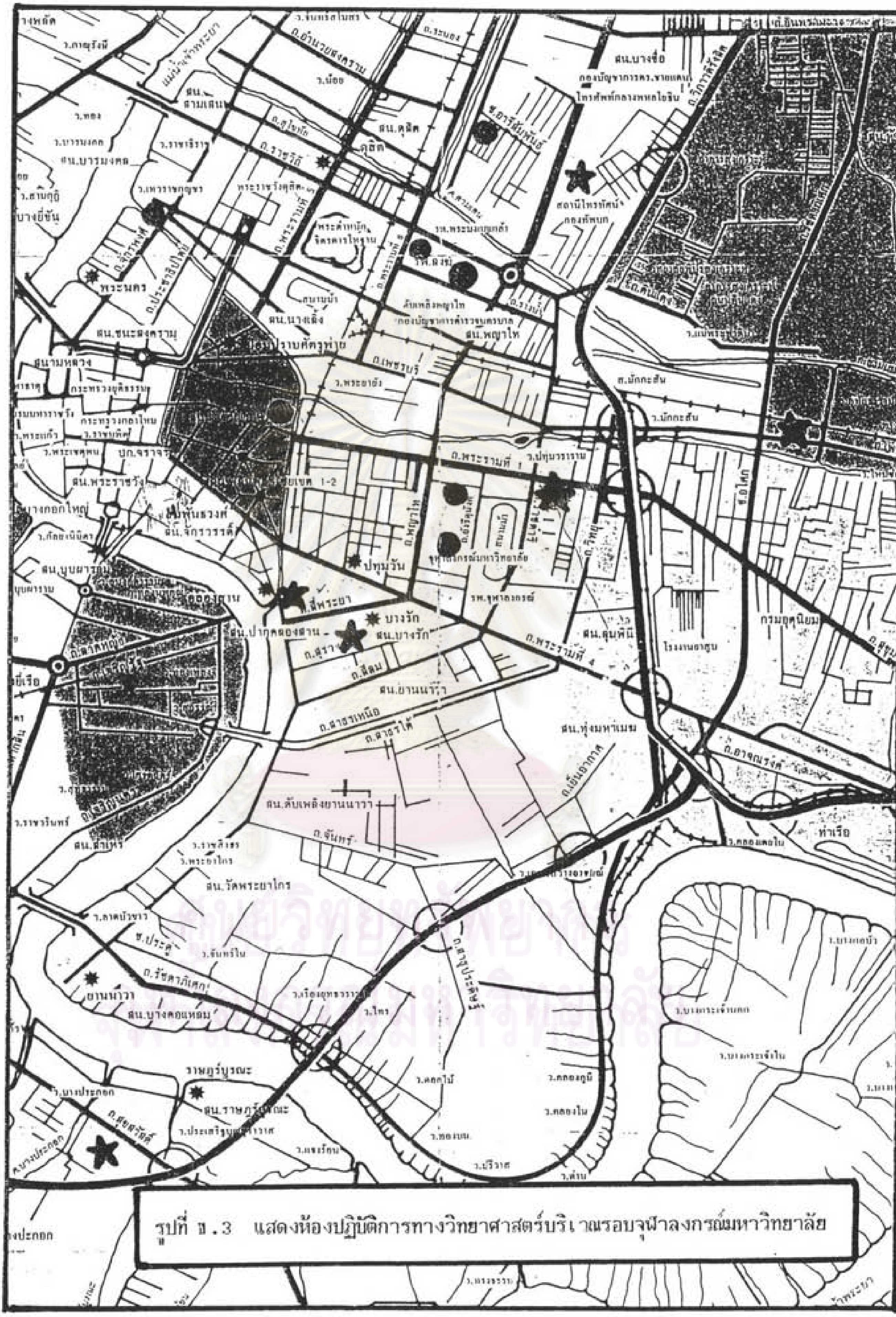
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ข.1 แสดงห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์บริเวณเขตบางเขน



รูปที่ ข.2 แสดงห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์บริเวณเขตพระโขนงและบางกะปิ

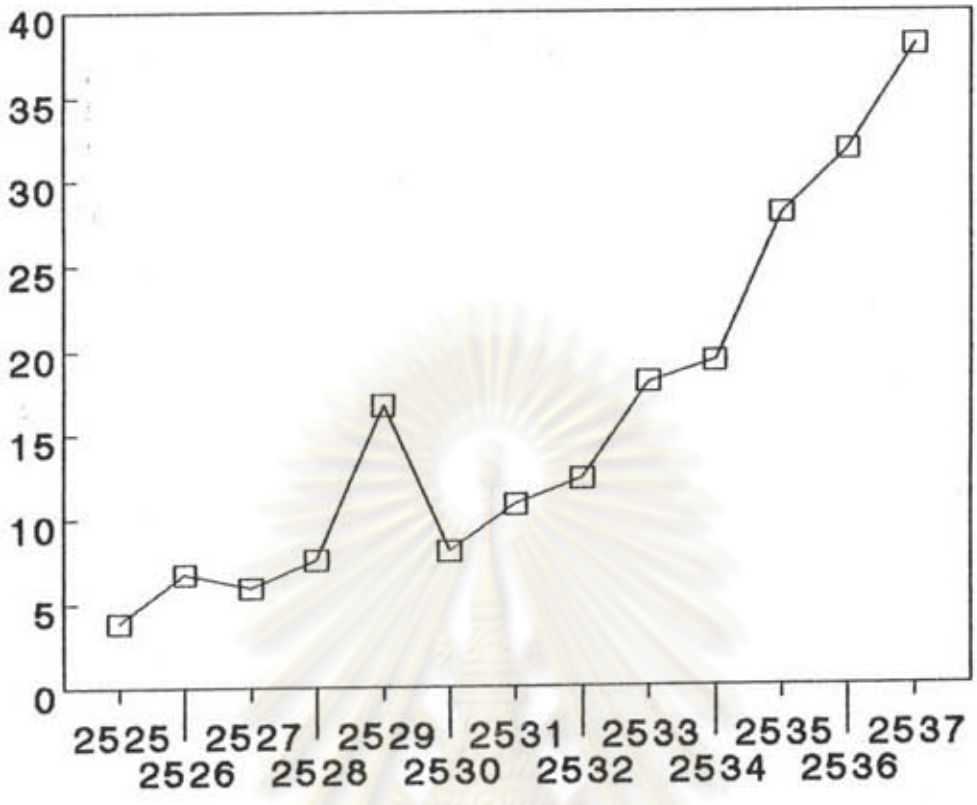


รูปที่ ข.3 แสดงห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์บริเวณรอบจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.4

ปริมาณน้ำมีอซีโอดี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เดือน	2525	2526	2527	2528	2529	2530	2531	2532	2533	2534	2535	2536	2537
มกราคม	5	4	8	2	4	13	40	13	10	13	29	35	57
กุมภาพันธ์	3	6	5	5	4	6	13	9	6	10	32	39	61
มีนาคม	0	9	4	12	2	7	12	12	2	19	31	28	25
เมษายน	6	17	5	4	6	10	4	11	16	28	41	17	9
พฤษภาคม	3	7	8	4	13	8	5	9	22	44	33	29	
มิถุนายน	5	4	14	4	24	12	12	9	11	7	17	32	
กรกฎาคม	3	4	4	17	60	4	5	8	16	15	26	36	
สิงหาคม	2	3	4	2	24	9	6	21	26	21	10	40	
กันยายน	3	2	0	4	14	10	7	9	16	19	33	27	
ตุลาคม	8	2	2	22	6	10	6	22	21	7	35	16	
พฤศจิกายน	5	20	4	4	27	4	6	18	58	26	24	42	
ธันวาคม	3	3	13	11	17	4	14	7	13	23	25	40	
เฉลี่ย	3.83	6.75	5.92	7.58	16.75	8.08	10.83	12.33	18.08	19.33	29.00	31.75	38.00



รูปที่ ข.4 แสดงปริมาณน้ำเสียบีโอดีของห้องปฏิบัติการจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.

ภาคผนวก ค.1 - รายการคำนวณปริมาณสารเคมีที่ใช้

ภาคผนวก ค.2 - รายการคำนวณประสิทธิภาพในการนำกลับซิลเวอร์

ภาคผนวก ค.3 - ขั้นตอนและผลการทดสอบการวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.1

รายการคำนวณปริมาณสารเคมีที่ใช้

1. อัตราการเติมโซเดียมคลอไรด์เพื่อตกตะกอนผลึกซิลเวอร์

1.1 ค่าความต้องการทางทฤษฎี

$Ag_2SO_4 + 2\ NaCl \longrightarrow 2\ AgCl + Na_2SO_4$

Ag_2SO_4 1 โมล ทำปฏิกิริยาพอดีกับ NaCl = 2 โมล

Ag 2 x 108 ก. "----------" = 2 x 58.5 ก.

Ag 1 ก. "----------" = 2 x 58.5/216 ก.

ดังนั้นค่าความต้องการทางทฤษฎี = 0.542 ก.

หรือ = 5.42 มล.

(ความหนาแน่นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ = 0.1 ก./มล.)

1.2 ปริมาณสารละลายที่ใช้

<u>ข้อมูล</u>

ซิลเวอร์ละลายในน้ำเสีย 1150 มก./ล.

หรือ = 1.150 ก./ล.

Ag 1 ก. ใช้สารละลาย = 5.42 มล.

Ag 1.150 ก. "------" = 5.42 x 1.150 มล.

= 6.233 มล.

ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ 1 เท่าของค่าความต้องการทางทฤษฎี

= 6.233 มล./ล.น้ำเสีย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. อัตราการเติมสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เพื่อละลายตะกอนผลึกซิลเวอร์

2.1 ค่าความต้องการทางทฤษฎี

$AgCl + 2\ NH_4OH$ ---------> $2\ Ag(NH_3)_2^+\ 2\ H_2O + Cl^-$

AgCl 1 โมล ทำปฏิกิริยาพอดีกับ NH_4OH = 2 โมล

Ag 108 ก. "----------" = 2 x 35 ก.

Ag 1 ก. "----------" = 2 x 35 /108 ก.

ดังนั้นค่าความต้องการทางทฤษฎี = 0.648 ก.

หรือ = 2.2 มล.

(ความหนาแน่นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ = 0.3 ก./มล.)

2.2 ปริมาณสารละลายที่ใช้

ข้อมูล

ซิลเวอร์ละลายในน้ำเสีย	1150	มก./ล.
ปริมาตรตะกอนผลึก/น้ำเสีย	50	มล./ล.
อัตราส่วนกากตะกอน/สลัดจ์	0.026	ก./มล.

สลัดจ์ 50 มล. เปลี่ยนเป็นกากตะกอน = 50 x 0.026

ปริมาณกากตะกอน/น้ำเสีย = 1.3 ก.

กากตะกอน 1.3 ก. มีซิลเวอร์ละลาย = 1150 มก.

" 1.0 ก. "----------" = $\frac{1150}{1.3}$

ซิลเวอร์ในน้ำเสียเทียบอยู่ในรูปกากตะกอน = 884.61 มก./ก.

ปริมาณสารละลาย 1 เท่าของค่าความต้องการทางทฤษฎี

= 884.61 x 2.2

= 1.946 มล./ก. กากตะกอน

3 . อัตราการเติมคอปเปอร์เพื่อนำกลับผลึกซิลเวอร์

3.1 ค่าความต้องการทางทฤษฎี

$2\ Ag(NH_3)_2 + Cu_{(s)}^{\circ} \longrightarrow 2\ Ag_{(s)}^{\circ} + Cu(NH_3)_2$

$Ag(NH_3)_2$ 2 โมล ทำปฏิกิริยาพอดีกับ Cu = 1 โมล

Ag 2 x 108 ก. "----------" = 63.5 ก.

Ag 1 ก. "----------" = 63.5 /216 ก.

ดังนั้นค่าความต้องการทางทฤษฎี = 0.294 ก.

3.2 ปริมาณคอปเปอร์ที่ใช้

ข้อมูล

ความเข้มข้นซิลเวอร์ในน้ำเสีย	1150	มก./ล.
ปริมาณกากตะกอน/น้ำเสีย	1.3	ก.
ปริมาณกากตะกอนที่ใช้	10	ก.
ปริมาณสารละลาย $Ag(NH_3)_2$ ที่ได้	43	มล.

ในน้ำเสีย 1 ลิตรมีซิลเวอร์ 1150 มก./ล.

หรือ = 1.150 ก./ล.

ปริมาณกากตะกอน ต่อน้ำเสีย 1 ลิตร 1.3 ก.

ตะกอน 1.3 ก. มีซิลเวอร์ 1.150 ก.

ตะกอน 1 ก. มีซิลเวอร์ 1.150/1.3 ก.

= 884.6 มก.

มีซิลเวอร์ในกากตะกอน = 884.6 มก./กากตะกอน 1 ก.

กากตะกอน 10 ก. เติม NH_4OH ได้สารละลาย 43 มล.

กากตะกอน 1 ก. เติม NH_4OH ได้สารละลาย 43/10 มล.

= 4.3 มล.

กากตะกอน 1 ก. เมื่อเติม NH_4OH ได้สารละลาย $Ag(NH_3)_2$

= 4.3 มล./กากตะกอน 1 ก.

ในสารละลาย $Ag(NH_3)_2$ 4.3 มล. มีซิลเวอร์ 884.6 มก.

ในสารละลาย $Ag(NH_3)_2$ 1 มล. มีซิลเวอร์ 884.6/4.3 มก.

= 205.7 มก.

ในสารละลาย $Ag(NH_3)_2$ 1 มล. มีซิลเวอร์ 205.7 มก.

ปริมาณ Cu 1 เท่า ของค่าความต้องการทางทฤษฎี

= 0.294 x 205.7

= 60.47 มก./สารละลาย 1 มล.

= 0.060 ก./สารละลาย 1 มล.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.2

รายการคำนวณประสิทธิภาพในการนำกลับซิลเวอร์

1. การตกตะกอนผลึกซิลเวอร์

ข้อมูล

ซิลเวอร์ละลายในน้ำเสีย	1150	มก./ล.
ปริมาณน้ำเสียที่ใช้	1	ล.
ปริมาณตะกอนผลึกที่ได้	50	มล./ล.
กากตะกอน/สลัดจ์	0.026	ก./มล.
ความเข้มข้นซิลเวอร์ในตะกอน	687.23	มก./ก.

กากตะกอน/ปริมาณน้ำเสีย = 50 x 0.026 = 1.3 ก./ล.

ปริมาณซิลเวอร์เริ่มต้น = 1150 มก.

ปริมาณซิลเวอร์ในตะกอน = 687.23 x 1.3 = 893.4 มก.

$$\text{ประสิทธิภาพการตกตะกอนผลึกซิลเวอร์} = \frac{893.4 \times 100}{1150}$$

$$= 77.68 \ \%$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. การละลายตกตะกอนผลึกซิลเวอร์

ข้อมูล

ซิลเวอร์ละลายในน้ำเสีย	1150	มก./ล.
กากตะกอน/ปริมาณน้ำเสีย	1.3	ก./ล.
ความเข้มข้นซิลเวอร์ในตะกอนผลึก	654.23	มก./ก.
ปริมาณตะกอนผลึกที่ใช้	10	ก.
ความเข้มข้นสารละลายที่ได้	150,179	มก./ล.
ปริมาตรสารละลายที่ได้	43	มล.

ปริมาณซิลเวอร์เริ่มต้นในน้ำเสีย $= \frac{1150 \times 10}{1.3} = 8846.15$ มก.

ปริมาณซิลเวอร์ในตะกอนผลึก $= 654.23 \times 10 = 6542.3$ มก.

ปริมาณซิลเวอร์ในสารละลายที่ได้ $= \frac{150,179 \times 43}{1000} = 6457.95$ มก.

ประสิทธิภาพการละลายตะกอนผลึกเทียบกับปริมาณซิลเวอร์เริ่มต้น

$= \frac{6457.95 \times 100}{8846.15} = 73.00\ \%$

ประสิทธิภาพการละลายตะกอนผลึกเทียบกับปริมาณซิลเวอร์ในตะกอนผลึก

$= \frac{6457.95 \times 100}{6542.3} = 98.7\ \%$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. การนำกลับคอปเปอร์ด้วยซิลเวอร์

ข้อมูล

ซิลเวอร์ละลายในน้ำเสีย	1150	มก./ล.
กากตะกอน/ปริมาณน้ำเสีย	1.3	ก./ล.
ปริมาณตะกอนผลิกที่ใช้	10	ก.
ความเข้มข้นซิลเวอร์ในสารละลาย	161,300	มก./ล.
ปริมาณสารละลายที่ใช้	40	มล.
ความเข้มข้นซิลเวอร์ในตะกอนที่ได้	701.48	มก./ก.
น้ำหนักตะกอนซิลเวอร์ที่ได้	9.09	ก.

ปริมาณซิลเวอร์เริ่มต้นในน้ำเสีย $= \frac{1150 \times 10}{1.3} = 8846.15$ มก.

ปริมาณซิลเวอร์ในสารละลาย $= \frac{161300 \times 40}{1000} = 6452$ มก.

ปริมาณซิลเวอร์ในตะกอนผลิกที่ได้ $= 701.48 \times 9.09 = 6376.45$ มก.

ประสิทธิภาพการนำกลับซิลเวอร์เทียบกับปริมาณซิลเวอร์เริ่มต้น

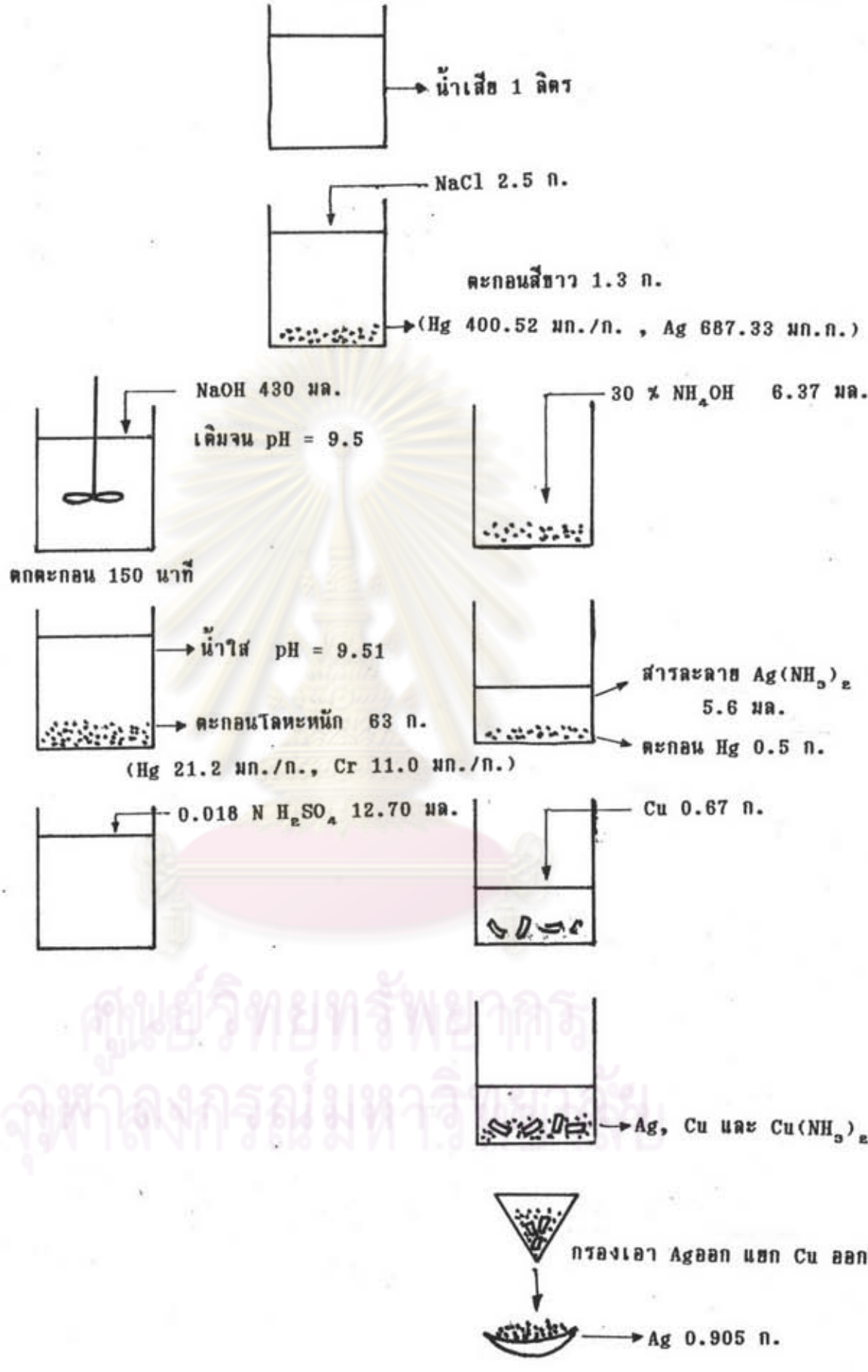
$$= \frac{6376.15 \times 100}{8846.15} = 72.08\ \%$$

ประสิทธิภาพการนำกลับซิลเวอร์เทียบกับปริมาณซิลเวอร์ในสารละลาย

$$= \frac{6376.45 \times 100}{6542} = 98.8\ \%$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนและผลการทดสอบการวิจัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง.

ผลการทดสอบการบำบัดน้ำเสียและการนำกลับซิลเวอร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.1 การตกตะกอนผลึกซิลเวอร์โดยใช้โซเดียมคลอไรด์ในอัตราต่างๆ

สารเคมี : NaCl	ปริมาตรน้ำเสีย : 1 ลิตร	
ความเข้มข้นซิลเวอร์ : 1,150 มก./ล.	ความเข้มข้นเมอร์คิวรี : 1803.7 มก./ล.	
อัตราการเติมโซเดียมคลอไรด์	ความเข้มข้นซิลเวอร์ (มก./ก.)	ความเข้มข้นเมอร์คิวรี(มก./ก.)
1X	232.47	178.46
2X	456.33	205.79
3X	614.06	213.67
4X	687.23	325.94
5X	596.16	400.52
6X	423.51	514.32

ตาราง ข.2 ผลการทดสอบเวลาที่เหมาะสมในการกวนช้าของแคลเซียมไฮดรอกไซด์

สารเคมี : Ca(OH)2	ปริมาตรน้ำเสีย : 500 มล.		
ค่าพีเอชที่ใช้ : 9.5	เวลาทั้งหมดที่ทดลอง : 120 นาที		
เวลาในการทำปฏิกิริยา (นาที)	ค่าพีเอช	เวลาในการทำปฏิกิริยา (นาที)	ค่าพีเอช
0	9.50	70	9.41
10	9.57	80	9.41
20	9.59	90	9.41
30	9.60	100	9.42
40	9.58	110	9.41
50	9.48	120	9.41
60	9.42		

ตารางที่ ง.3 ผลการทดสอบเวลาที่เหมาะสมในการกวนช้าของโซเดียมไฮดรอกไซด์

สารเคมี : NaOH		ปริมาตรน้ำเสีย : 500 มล.	
ค่าพีเอชที่ใช้ : 9.5		เวลาทั้งหมดที่ทดลอง : 120 นาที	
เวลาในการทำปฏิกิริยา (นาที)	ค่าพีเอช	เวลาในการทำปฏิกิริยา (นาที)	ค่าพีเอช
0	9.50	70	9.53
10	9.55	80	9.52
20	9.57	90	9.53
30	9.56	100	9.52
40	9.54	110	9.52
50	9.53	120	9.52
60	9.52		

ตารางที่ ง.4 การตกตะกอนผลึกโลหะหนักด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่พีเอชต่างๆ หลังการตกตะกอน 30 นาที

สารเคมี : Ca(OH)2		ปริมาตรน้ำเสีย : 500 มล.		
ความเข้มข้นเมอร์คิวรี : 1407		ความเข้มข้นโครเมียม : 700 มก./ล.		
พีเอช เริ่มต้น	ความเข้มข้นเมอร์คิวรี(มก./ล.)		ความเข้มข้นโครเมียม(มก./ล.)	
	Hg ทั้งหมด	Hg ละลาย	Cr ทั้งหมด	Cr ละลาย
8.00	22.50	5.34	1.70	0.82
8.50	20.30	4.89	1.50	0.74
9.00	19.25	4.78	1.35	0.68
9.50	19.02	4.63	1.30	0.68
10.00	19.30	4.81	1.40	0.72
10.50	20.34	5.02	1.50	0.75

ตารางที่ ข.5 การตกตะกอนผลึกโลหะหนักด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่พีเอชค่าต่างๆ หลังการตกตะกอน 60 นาที

สารเคมี : Ca(OH)2		ปริมาตรน้ำเสีย : 500 มล.		
ความเข้มข้นเมอร์คิวรี : 1407 มก./ล.		ความเข้มข้นโครเมียม : 700 มก./ล.		
พีเอช	ความเข้มข้นเมอร์คิวรี(มก./ล.)		ความเข้มข้นโครเมียม(มก./ล.)	
	Hg ทั้งหมด	Hg ละลาย	Cr ทั้งหมด	Cr ละลาย
8.00	17.18	4.35	1.40	0.75
8.50	14.26	3.97	1.30	0.71
9.00	13.23	3.42	1.20	0.65
9.50	13.23	3.20	1.16	0.64
10.00	13.97	3.51	1.25	0.68
10.50	14.21	4.21	1.40	0.73

ตารางที่ ข.6 การตกตะกอนผลึกโลหะหนักด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่พีเอชค่าต่างๆ หลังจากการตกตะกอน 90 นาที

สารเคมี : Ca(OH)2		ปริมาตรน้ำเสีย : 500 มล.		
ความเข้มข้นเมอร์คิวรี : 1407 มก./ล.		ความเข้มข้นโครเมียม : 700 มก./ล.		
พีเอช	4.00 เมอร์คิวรี(มก./ล.)		ความเข้มข้นโครเมียม(มก./ล.)	
	Hg ทั้งหมด	Hg ละลาย	Cr ทั้งหมด	Cr ละลาย
8.00	15.26	3.79	1.20	0.67
8.50	13.51	3.52	1.10	0.63
9.00	11.84	2.85	0.87	0.58
9.50	11.56	2.67	0.83	0.56
10.00	12.08	2.94	0.89	0.60
10.50	13.26	3.50	1.00	0.65

ตารางที่ จ.7 การตกตะกอนผลึกโลหะหนักด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่พีเอชค่าต่างๆ หลังจากการตกตะกอน 30 นาที

สารเคมี : NaOH		ปริมาตรน้ำเสีย : 500 มล.		
ความเข้มข้นเมอร์คิวรี : 1407 มก./ล.		ความเข้มข้นโครเมียม : 700 มก./ล.		
พีเอช	ความเข้มข้นเมอร์คิวรี(มก./ล.)		ความเข้มข้นโครเมียม(มก./ล.)	
	Hg ทั้งหมด	Hg ละลาย	Cr ทั้งหมด	Cr ละลาย
8.00	2.33	0.38	0.60	0.30
8.50	1.90	0.31	0.50	0.20
9.00	1.10	0.25	0.40	0.10
9.50	0.60	0.21	0.40	0.10
10.00	0.71	0.23	0.60	0.20
10.50	1.20	0.37	0.80	0.30

ตารางที่ จ.8 การตกตะกอนผลึกโลหะหนักด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่พีเอชค่าต่างๆ หลังการตกตะกอน 60 นาที

สารเคมี : NaOH		ปริมาตรน้ำเสีย . 500 มล.		
ความเข้มข้นเมอร์คิวรี : 1407 มก./ล.		ความเข้มข้นโครเมียม : 700 มก./ล.		
พีเอช	ความเข้มข้นเมอร์คิวรี(มก./ล.)		ความเข้มข้นโครเมียม(มก./ล.)	
	Hg ทั้งหมด	Hg ละลาย	Cr ทั้งหมด	Cr ละลาย
8.00	0.25	0.20	0.40	0.20
8.50	0.16	0.15	0.35	0.20
9.00	0.09	0.07	0.20	0.10
9.50	0.04	0.02	0.20	0.00
10.00	0.05	0.03	0.35	0.10
10.50	0.11	0.09	0.60	0.20

ตารางที่ ข.9 การตกตะกอนผลึกโลหะหนักด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่พีเอชต่างๆ หลังการตกตะกอน 90 นาที

สารเคมี : NaOH		ปริมาตรน้ำเสีย : 500 มล.		
ความเข้มข้นเมอร์คิวรี : 1407 มก./ล.		ความเข้มข้นโครเมียม : 700 มก./ล.		
พีเอช	ความเข้มข้นเมอร์คิวรี(มก./ล.)		ความเข้มข้นโครเมียม(มก./ล.)	
	Hg ทั้งหมด	Hg ละลาย	Cr ทั้งหมด	Cr ละลาย
8.00	0.082	0.051	0.20	0.10
8.50	0.031	0.028	0.15	0.05
9.00	0.012	0.010	0.10	0.00
9.50	0.004	0.003	0.10	0.00
10.00	0.008	0.008	0.25	0.10
10.50	0.023	0.021	0.40	0.10

ตารางที่ ข.10 การละลายกากตะกอนซิลเวอร์ที่เวลาในการทำปฏิกิริยาต่างๆ

สารเคมี : NH4OH	ปริมาณตัวอย่างตะกอนผลึก : 10 กรัม	
ความเข้มข้นซิลเวอร์ในตะกอนผลึก : 654.23 มก./ก.		
เวลาที่ใช้ทำปฏิกิริยา(นาที)	ความเข้มข้นซิลเวอร์ที่ได้ของNH4OH ต่างๆ (มก./ล.)	
	2.5X	3.0X
10	86,080	79,590
20	120,360	100,230
30	145,510	110,350
40	146,230	111,050
50	145,870	113,360
60	146,210	110,370

ตารางที่ ข.11 การละลายตะกอนผลึกที่สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ค่าต่างๆ

สารเคมี : NH4OH		ปริมาณตะกอนผลึก : 10 ก.	
ความเข้มข้นซิลเวอร์ในน้ำเสีย : 1150 มก./ล.		ความเข้มข้นซิลเวอร์ในตะกอนผลึก : 654.23 มก./ก.	
เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา : 30 นาที			
อัตราการเติม NH4OH	ความเข้มข้น Ag (มก./ล.)	ปริมาตรสารละลายต่อปริมาตรตะกอน (มล./ก.)	ประสิทธิภาพการนำกลับ Ag เทียบกับน้ำเสียเริ่มต้น (%)
1.0X	165,866	16/10	30.10
1.5X	177,944	26/10	52.30
2.0X	177,934	35/10	70.40
2.5X	150,179	43/10	73.00
3.0X	110,143	51/10	63.50
3.5X	98,507	60/10	66.81

ตารางที่ ข.12 เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาในการนำกลับซิลเวอร์โดยการเติมคอปเปอร์ในสารละลายซิลเวอร์–อามีน คอมเพล็กซ์

สารเคมี : Cu	ปริมาณตัวอย่างสารละลาย : 40 มล.	
ความเข้มข้นซิลเวอร์ในสารละลาย : 151,069 มล./ล.		
เวลาที่ใช้ทำปฏิกิริยา(ชม.)	ความเข้มข้นซิลเวอร์ที่ได้ของคอปเปอร์ค่าต่างๆ (มก./ก.)	
	0.5X	1.0X
5	386.00	497.00
10	600.00	625.00
20	635.00	650.00
30	652.00	686.00
40	657.00	687.00
50	658.00	687.00

ตารางที่ ข.13 การนำกลับซิลเวอร์โดยการเติมคอปเปอร์ที่ค่าต่างๆ

สารเคมี : Cu		ปริมาณสารละลาย : 40 มล.	
ความเข้มข้นซิลเวอร์ในน้ำเสีย : 1150 มก./ล		ความเข้มข้นซิลเวอร์ในสารละลาย : 161300 มก./ล.	
เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา : 30 นาที			
อัตราการเติม Cu	ปริมาณตะกอนที่ได้ (ก.)	ความเข้มข้น Ag ในตะกอน (มก./ก.)	ประสิทธิภาพการนำกลับ Ag เทียบกับน้ำเสียเริ่มต้น (%)
0.5X	9.15	663.75	68.65
1.0X	8.79	710.30	70.50
1.5X	9.09	701.48	72.08
2.0X	9.30	680.37	71.53
2.5X	8.92	705.88	71.20

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ จ.14 ปริมาณโลหะหนักอื่นๆที่ปนอยู่ในตะกอนผลึกซิลเวอร์ที่นำกลับได้

อัตราการเติม Cu	ปริมาณตะกอนซิลเวอร์ (ก.)	ความเข้มข้น Agในตะกอน (มก./ก.)	% Ag ในตะกอน	ความเข้มข้น Hgในตะกอน (มก./ก.)	% Hg ในตะกอน	ความเข้มข้น Cuในตะกอน (มก./ก.)	% Cu ในตะกอน
0.5X	9.15	663.75	66.38	13.64	1.36	274.33	27.43
1.0X	8.79	710.30	71.03	14.17	1.42	226.16	22.62
1.5X	9.09	701.48	70.15	14.80	1.48	254.78	25.48
2.0X	9.30	680.37	71.53	17.87	1.79	261.98	26.20
2.5X	8.92	705.88	71.20	17.18	1.72	230.15	23.02

ภาคผนวก จ.

การคิดราคาค่าสารเคมีในการบำบัดน้ำเสียและการนำกลับซิลเวอร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ.1

การคิดราคาค่าสารเคมีในการบำบัดน้ำเสียและการนำกลับซิลเวอร์

1. ค่าสารเคมีของระบบบำบัดน้ำเสีย

<u>ค่าสารเคมีของ 50 % โซเดียมไฮดรอกไซด์</u>

ข้อมูล	ปริมาณที่ใช้ต่อน้ำเสีย 1 ลิตร	0.43	ลิตร
	ราคาสารเคมี	380	บาท/25 ลิตร
	ค่าสารเคมีต่อน้ำเสีย 1 ลิตร	6.54	บาท
	ค่าสารเคมีต่อน้ำเสีย 5 ลิตร	32.7	บาท
	ค่าสารเคมีต่อน้ำเสีย 200 ลิตร	1307.2	บาท

<u>ค่าสารเคมีของกรดซัลฟิวริค</u>

ข้อมูล	ปริมาณที่ใช้ต่อน้ำเสีย 1 ลิตร	0.013	ลิตร
	ราคาสารเคมี	8	บาท/ลิตร
	ค่าสารเคมีต่อน้ำเสีย 1 ลิตร	0.11	บาท
	ค่าสารเคมีต่อน้ำเสีย 5 ลิตร	0.52	บาท
	ค่าสารเคมีต่อน้ำเสีย 200 ลิตร	21.3	บาท

2. ค่าสารเคมีของระบบนำกลับซิลเวอร์

<u>ค่าสารเคมีของโซเดียมคลอไรด์</u>

ข้อมูล	ปริมาณที่ใช้ต่อน้ำเสีย 1 ลิตร	0.025	ลิตร
	ราคาสารเคมี	18	บาท/ลิตร
	ค่าสารเคมีต่อน้ำเสีย 1 ลิตร	0.45	บาท
	ค่าสารเคมีต่อน้ำเสีย 5 ลิตร	2.25	บาท
	ค่าสารเคมีต่อน้ำเสีย 200 ลิตร	90	บาท

ค่าสารเคมีของสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 30 %

ข้อมูล	ค่าความต้องการทางทฤษฎี	2.2	มล./ซิลเวอร์ 1ก.
	อัตราการเติมสารที่เหมาะสม	2.5	เท่า
	ปริมาณซิลเวอร์ต่อกากตะกอน 1 ก.	884.61	มก./ก.
	ปริมาณกากตะกอนต่อน้ำเสีย 1 ล.	1.3	ก.

ปริมาณสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 30 % ที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย

= 2.2 x 2.5 x 884.61 x 1.3

= 0.0063 ลิตร

ราคาสารเคมี	360	บาท/ 2.5 ลิตร
ค่าสารเคมีต่อน้ำเสีย 1 ลิตร	0.91	บาท
ค่าสารเคมีต่อน้ำเสีย 5 ลิตร	4.55	บาท
ค่าสารเคมีต่อน้ำเสีย 200 ลิตร	183	บาท

ค่าสารเคมีของโลหะทองแดง

ข้อมูล	ค่าความต้องการทางทฤษฎี	0.060	ก./สารละลาย 1 มล.
	อัตราการเติมสารที่เหมาะสม	2	เท่า
	ปริมาณสารละลาย $Ag(NH_3)_2$/กากตะกอน	43/10	มล./ก.
	ปริมาณกากตะกอนต่อน้ำเสีย 1 ลิตร	1.3	กรัม

= 1.3 x 43/10 x 2 x 0.06

= 0.671 กรัม

ราคาสารเคมี	460	บาทต่อ 500 กรัม
ค่าสารเคมีต่อน้ำเสีย 1 ลิตร	0.61	บาท
ค่าสารเคมีต่อน้ำเสีย 5 ลิตร	3.08	บาท
ค่าสารเคมีต่อน้ำเสีย 200 ลิตร	123	บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ.

การคิดค่าใช้จ่ายในการจัดตั้งหน่วยบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การประมาณรายจ่าย แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

1) ส่วนที่เป็นต้นทุนสินทรัพย์ถาวร และค่าใช้จ่ายก่อนดำเนินงาน

ในส่วนนี้ เนื่องจากมีการกำหนดสถานที่ตั้งของระบบบำบัดน้ำเสียตั้งที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการศึกษานี้จึงกำหนดให้ไม่มีการคิดค่าเช่าที่ ดังนั้นจึงไม่คิดค่าใช้จ่ายในส่วนของที่ดินและตัวอาคาร ในกรณีที่ใช้สถานที่อื่นๆในการเป็นหน่วยบำบัดน้ำเสียส่วนกลางต้องมีการคิดค่าเช่าที่ดินด้วย

ในส่วนของอุปกรณ์ที่ใช้ และค่าใช้จ่ายก่อนการดำเนินงานของระบบบำบัดน้ำเสียได้มีการประมาณรายจ่ายโดยแสดงรายละเอียดไว้ในตาราง ฉ.1 และ ตาราง ฉ.2

2) ส่วนที่เป็นเงินทุนหมุนเวียน

ได้แก่ ค่าใช้จ่ายจากการดำเนินงานในแต่ละปี โดยพิจารณาในด้านต่างๆดังต่อไปนี้

ก) ค่าบำรุงรักษา

ข) ค่าสารเคมี

ค) ค่าไฟฟ้า

ง) ค่าน้ำ

จ) ค่าแรงงาน

ฉ) ค่ากำจัดกากตะกอน

โดยที่ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ พิจารณาตั้งแต่ปีที่ 1 จนถึง ปีที่ 5 ของโครงการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.1 แสดงรายจ่ายของอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายก่อนดำเนินงานของระบบบำบัดน้ำเสีย

รายการ	ราคา (บาท)
ส่วนรวบรวมน้ำเสีย	
- บ่อรวบรวมน้ำเสีย	6,900
- เครื่องสูบกระบังลม	19,600
- เครื่องอัดอากาศ	24,000
ส่วนบำบัดน้ำเสีย	
- ถังตกตะกอนผลิกโลหะหนัก 2	11,800
- เครื่องกวน 2	15,000
- เครื่องปรับพีเอช	43,200
- ถังเก็บสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	6,800
- เครื่องสูบสารเคมี 2	39,300
ส่วนปรับสภาพให้เป็นกลาง	
- ถังปรับสภาพให้เป็นกลาง	6,800
- เครื่องกวน 3	15,000
- เครื่องปรับพีเอช	43,200
- ถังเก็บกรดซัลฟิวริค	1,800
- เครื่องสูบสารเคมี 3	14,500
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ	
- ท่อ ข้อต่อ และวาล์ว	32,000
- ค่าขนส่ง ติดตั้ง	9,750
รวมค่าใช้จ่าย	289,650
ค่าอำนวยการและกำไร (10 %)	28,965
เงินสำรองจ่าย (5 %)	14,483
เงินลงทุนรวม	333,098
ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT 7 %)	23,317
เงินลงทุนรวม	356,414 360,000

ตารางที่ ฉ.2 แสดงรายจ่ายของอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายก่อนดำเนินงานของระบบนำกลับซิลเวอร์

รายการ	ราคา (บาท)	
ส่วนตกตะกอนผลิก		
- ถังตกตะกอนผลิก	8,200	
- เครื่องกวน 1	15,000	
- ถังเก็บสารละลายโซเดียมคลอไรด์	1,800	
- เครื่องสูบสารเคมี 1	14,500	
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ		
- ท่อ ข้อต่อ และวาล์ว	8,000	
- ค่าขนส่ง ติดตั้ง	3,250	
รวมค่าใช้จ่าย	50,750	
ค่าอำนวยการและกำไร (10 %)	5,075	
เงินสำรองจ่าย (5 %)	2,538	
เงินลงทุนรวม	58,363	
ภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT 7 %)	4,085	
เงินลงทุนรวม	62,448	70,000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ก) ค่าบำรุงรักษา

ค่าบำรุงรักษา คิดเป็นเปอร์เซนต์ของเงินลงทุนในอุปกรณ์นั้นๆ โดยมีการคิดค่าบำรุงรักษาเพิ่มขึ้นปีละ 1 % อุปกรณ์ต่างๆมีการคิดค่าบำรุงรักษา ดังนี้

- บ่อเก็บรวบรวมน้ำเสีย ถังต่างๆ ท่อ ข้อต่อ และ วาล์ว คิดค่าบำรุงรักษา 3 % ของเงินลงทุนในอุปกรณ์นั้นๆ
- อุปกรณ์เครื่องมือ เช่น เครื่องสูบสารเคมี เครื่องกวนคิดค่าบำรุงรักษา 10 % ของเงินลงทุนในอุปกรณ์นั้นๆ

ค่าบำรุงรักษา ของระบบบำบัดน้ำเสียแสดงในตารางที่ ฉ.3 และ ค่าบำรุงรักษา ของระบบนำกลับซิลเวอร์แสดงในตารางที่ ฉ.4

ตารางที่ ฉ.3 แสดงค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์ของระบบบำบัดน้ำเสียในแต่ละปี

หน่วย : บาท

รายการ	ปีที่				
	1	2	3	4	5
บ่อรวบรวมน้ำเสีย	207	276	345	414	483
เครื่องสูบกระบังลม	1,960	2,156	2,352	2,548	2,744
เครื่องอัดอากาศ	2,400	2,640	2,880	3,120	3,360
ถังตกตะกอนโลหะหนัก	354	472	590	708	826
เครื่องสูบสารเคมี 2	3,930	4,323	4,716	5,109	5,502
เครื่องกวน 2 และ 3	2,900	3,190	3,480	3,770	4,060
ถังปรับสภาพน้ำเสีย	204	272	340	408	476
เครื่องสูบสารเคมี 3	1,450	1,595	1,740	1,885	2,030
ท่อ ข้อต่อ และวาล์ว	960	1,280	1,600	1,920	2,240
รวมค่าบำรุงรักษา	14,365	16,204	18,043	19,882	21,721

ตารางที่ ฉ.4 แสดงค่าบำรุงรักษาอุปกรณ์ของระบบนำกลับซิลเวอร์ในแต่ละปี

หน่วย : บาท

รายการ	ปีที่				
	1	2	3	4	5
ถังดูดตะกอนผลิต 1	246	328	410	492	574
เครื่องสูบสารเคมี 1	1,450	1,595	1,740	1,885	2,030
เครื่องกวน 1	1,500	1,650	1,800	1,950	2,100
ท่อ ข้อต่อ และวาล์ว	240	320	400	480	560
รวมค่าบำรุงรักษา	3,436	3,893	4,350	4,807	5,264

ข) ค่าสารเคมี

ค่าสารเคมี แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ค่าสารเคมีที่ใช้กับระบบบำบัดน้ำเสีย และค่าสารเคมีที่ใช้กับระบบนำกลับซิลเวอร์

- ค่าสารเคมีที่ใช้กับระบบบำบัดน้ำเสีย ประกอบด้วยสารเคมี 2 ชนิดคือ 50 % โซเดียมไฮดรอกไซด์ และ 0.018 นอร์มัลของกรดซัลฟิวริค

- ค่าสารเคมีที่ใช้กับระบบนำกลับซิลเวอร์ ประกอบด้วยสารเคมี 3 ชนิด คือ โซเดียมคลอไรด์ สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 30 % และ โลหะทองแดง

ค่าสารเคมีของระบบบำบัดน้ำเสียในแต่ละปี แสดงในตารางที่ ฉ.5 และค่าสารเคมีของระบบนำกลับซิลเวอร์ในแต่ละปี แสดงในตารางที่ ฉ.6 โดยกำหนดให้ค่าสารเคมีมีอัตราการเพิ่มราคาปีละ 3 %

ตารางที่ ฉ.5 แสดงค่าสารเคมีของระบบบำบัดน้ำเสียในแต่ละปี

รายการ	ปีที่				
	1	2	3	4	5
50 % NaOH (บ./ครั้ง)	1307.2	1346.4	1386.8	1428.4	1471.3
0.018 N H_2SO_4 (บ./ครั้ง)	21.6	22.2	22.9	23.6	24.3
ค่าสารเคมี (บ./ครั้ง)	1328.8	1368.7	1409.7	1452.0	1495.0
จำนวนครั้งที่บำบัดต่อปี	34	40	46	53	62
รวมค่าสารเคมี (บ./ปี)	45,179.2	54,746.4	64,847.3	76,956.8	92,725.7

ตารางที่ ฉ.6 แสดงค่าสารเคมีของระบบนำกลับซิลเวอร์ในแต่ละปี

รายการ	ปีที่				
	1	2	3	4	5
NaCl (บ./ครั้ง)	90.0	92.7	95.5	98.3	101.3
30 % NH_4OH (บ./ครั้ง)	183	188.5	194.1	200.0	206.0
Cu (บ./ครั้ง)	122	125.7	129.4	133.3	137.3
ค่าสารเคมี (บ./ครั้ง)	395	406.9	419.1	431.6	444.6
จำนวนครั้งที่บำบัดต่อปี	34	40	46	53	62
รวมค่าสารเคมี (บ./ปี)	13,430.0	16,274.0	19,276.6	22,876.2	27,563.7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค) ค่าไฟฟ้า

ค่าไฟฟ้าแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ค่าไฟฟ้าของระบบบำบัดน้ำเสีย และค่าไฟฟ้าของระบบนำกลับซิลเวอร์

กำหนดค่าไฟฟ้าคิดในอัตรา 2.5 บาท/หน่วย โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงตลอด 5 ปี ค่าไฟฟ้าจะคิดตามหน่วยไฟฟ้าที่อุปกรณ์ต่างๆใช้ โดยหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ต่อครั้งของระบบบำบัดน้ำเสีย แสดงในตารางที่ ฉ.7 และค่าไฟฟ้าแต่ละปี แสดงในตารางที่ ฉ.8 ส่วนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ต่อครั้งของระบบนำกลับซิลเวอร์ แสดงในตารางที่ ฉ.9 และค่าไฟฟ้าในแต่ละปีแสดงในตารางที่ ฉ.10

ตารางที่ ฉ.7 แสดงหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ของระบบบำบัดน้ำเสีย

รายการ	kW	เวลาที่ใช้ (ชม.)	หน่วย/ครั้ง
เครื่องอัดอากาศ	3.73	2	7.46
เครื่องกวน 2	0.746	1.05	0.783
เครื่องกวน 3	0.746	0.16	0.124
เครื่องสูบสารเคมี 2	0.2	1.05	0.21
เครื่องสูบสารเคมี 3	0.055	0.16	0.009
รวมไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย/ครั้ง)			8.586

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.8 แสดงค่าไฟฟ้าของระบบบำบัดน้ำเสียในแต่ละปี

รายการ	ปีที่				
	1	2	3	4	5
ค่าไฟฟ้า (หน่วย/ครั้ง)	8.586	8.586	8.586	8.586	8.586
จำนวนครั้งที่บำบัดต่อปี	34	40	46	53	62
ค่าไฟฟ้า (หน่วย/ปี)	291.9	343.4	395.0	455.1	532.3
รวมค่าไฟฟ้า (บ./ปี)	729.8	858.6	987.4	1137.6	1330.8

ตารางที่ ฉ.9 แสดงหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ของระบบนำกลับซิลเวอร์

รายการ	kW	เวลาที่ใช้ (ชม.)	หน่วย/ครั้ง
เครื่องกวน 1	0.746	0.72	0.535
เครื่องสูบสารเคมี 1	0.055	0.72	0.039
รวมไฟฟ้าที่ใช้ (หน่วย/ครั้ง)			0.574

ตารางที่ ฉ.10 แสดงค่าไฟฟ้าของระบบนำกลับซิลเวอร์ในแต่ละปี

รายการ	ปีที่				
	1	2	3	4	5
ค่าไฟฟ้า (หน่วย/ครั้ง)	0.574	0.574	0.574	0.574	0.574
จำนวนครั้งที่บำบัดต่อปี	34	40	46	53	62
ค่าไฟฟ้า (หน่วย/ปี)	19.5	23.0	26.4	30.4	35.6
รวมค่าไฟฟ้า (บ./ปี)	48.8	57.4	66.0	76.1	89.0

ง) ค่าน้ำ

ค่าน้ำแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ค่าน้ำของระบบบำบัดน้ำเสีย และค่าน้ำของระบบนำกลับซิลเวอร์

- ค่าน้ำของระบบบำบัดน้ำเสีย ประกอบด้วยน้ำกลั่นซึ่งใช้ในการเตรียมสาร โดยใช้ประมาณ 2.6 ลิตรต่อการบำบัดน้ำเสีย 1 ครั้ง โดยคิดราคาค่าน้ำกลั่นต่อหน่วย 2 บาทต่อลิตร ดังนั้น ค่าน้ำกลั่นในการบำบัดน้ำเสีย 1 ครั้งเท่ากับ 5.2 บาท ส่วนน้ำประปาสำหรับล้างอุปกรณ์ ใช้ประมาณ 1000 ลิตรต่อการบำบัดน้ำเสีย 1 ครั้ง โดยคิดราคาน้ำประปา 5 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ดังนั้นค่าน้ำประปาในการบำบัดน้ำเสีย 1 ครั้งเท่ากับ 5 บาท
- ค่าน้ำของระบบนำกลับซิลเวอร์ ประกอบด้วยน้ำกลั่นซึ่งใช้ในการเตรียมสาร โดยใช้ประมาณ 5 ลิตรต่อการบำบัดน้ำเสีย 1 ครั้ง โดยคิดราคาค่าน้ำกลั่นต่อหน่วย 2 บาทต่อลิตร ดังนั้น ค่าน้ำกลั่นในการบำบัดน้ำเสีย 1 ครั้งเท่ากับ 10 บาท ส่วนน้ำประปาสำหรับล้างอุปกรณ์ ใช้ประมาณ 500 ลิตรต่อการบำบัดน้ำเสีย 1 ครั้ง โดยคิดราคาในอัตราเดียวกับค่าน้ำประปาของระบบบำบัดน้ำเสีย ดังนั้นค่าน้ำประปาในการบำบัดน้ำเสีย 1 ครั้งเท่ากับ 2.5 บาท

ค่าน้ำของระบบบำบัดน้ำเสียในแต่ละปี แสดงในตารางที่ ฉ.11 และค่าน้ำของระบบนำกลับซิลเวอร์ในแต่ละปี แสดงในตารางที่ ฉ.12

ตารางที่ ฉ.11 แสดงค่าน้ำของระบบบำบัดน้ำเสียในแต่ละปี

รายการ	ปีที่				
	1	2	3	4	5
ค่าน้ำ (หน่วย/ครั้ง)	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2
จำนวนครั้งที่บำบัดต่อปี	34	40	46	53	62
รวมค่าน้ำรวม(บ./ปี)	346.8	408	469.2	540.6	632.4

ตารางที่ ฉ.12 แสดงค่าน้ำของระบบบำบัดน้ำเสียในแต่ละปี

รายการ	ปีที่				
	1	2	3	4	5
ค่าน้ำ (หน่วย/ครั้ง)	12.5	12.5	12.5	12.5	12.5
จำนวนครั้งที่บำบัดต่อปี	34	40	46	53	62
รวมค่าน้ำรวม(บ./ปี)	425	500	575	662.5	775

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จ) ค่าแรงงาน

ค่าแรงงานแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ค่าแรงงานของระบบบำบัดน้ำเสีย และค่าแรงงานของระบบนำกลับซิลเวอร์

- ค่าแรงงานของระบบบำบัดน้ำเสีย คิดจากเวลาในการทำงานทั้งสิ้น 5 ชั่วโมง โดยกำหนดให้ค่าแรงงานชั่วโมงละ 100 บาท

- ค่าแรงงานของระบบนำกลับซิลเวอร์ คิดจากเวลาในการทำงานทั้งสิ้น 5 ชั่วโมง โดยกำหนดให้ค่าแรงงาน อัตราเดียวกับค่าแรงงานของระบบบำบัดน้ำเสีย

กำหนดให้ค่าแรงงานในแต่ละปีเพิ่มขึ้นปีละ 10 %

ค่าแรงงานของระบบบำบัดน้ำเสียในแต่ละปี แสดงในตารางที่ ฉ.13 ค่าแรงงานของระบบนำกลับในแต่ละปี แสดงในตารางที่ ฉ.14

ตารางที่ ฉ.13 แสดงค่าแรงงานของระบบบำบัดน้ำเสียในแต่ละปี

รายการ	ปีที่				
	1	2	3	4	5
จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อครั้ง	5	5	5	5	5
ค่าแรงงานต่อชั่วโมง	100	110	121	133.1	146.4
ค่าแรงงานต่อครั้ง	500	550	605	655.5	732.1
จำนวนครั้งที่ทำงานต่อปี	34	40	46	53	62
ค่าแรงงานรวม	17,000	22,000	22,830	35,271	45,387

ตารางที่ ฉ.14 แสดงค่าแรงงานของระบบบำบัดน้ำเสียในแต่ละปี

รายการ	ปีที่				
	1	2	3	4	5
จำนวนชั่วโมงที่ใช้ต่อครั้ง	5	5	5	5	5
ค่าแรงงานต่อชั่วโมง	100	110	121	133.1	146.4
ค่าแรงงานต่อครั้ง	500	550	605	655.5	732.1
จำนวนครั้งที่ทำงานต่อปี	34	40	46	53	62
ค่าแรงงานรวม	17,000	22,000	22,830	35,271	45,387

ฉ) กำจัดกากตะกอน

ค่ากำจัดกากตะกอนแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ค่ากำจัดกากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสีย และค่ากำจัดกากตะกอนของระบบนำกลับชิลเวอร์ โดยกำหนดให้กากตะกอนที่ได้นำไปกำจัดยังศูนย์กำจัดกากแสมดำ เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีอัตราในการกำจัดกากดังนี้

ค่าขนส่งตะกอนจากศูนย์บำบัดน้ำเสียไปยังศูนย์กำจัดกาก	2	บาท/ตัน-กม.
ค่าขนส่งตะกอนจากศูนย์กำจัดกากไปยังราชบุรี	2	บาท/ตัน-กม.
ค่าบำบัดตะกอนที่ศูนย์กำจัดกากแสมดำ	450	บาท/ตัน
ค่าจัดการฝังตะกอนที่ราชบุรี	100	บาท/ตัน
ระยะทางจากศูนย์บำบัดน้ำเสียไปยังศูนย์กำจัดกาก	30	กม.
ระยะทางจากศูนย์กำจัดการแสมดำไปราชบุรี	100	บาท/ตัน

ปริมาณกากตะกอนที่เกิดจากการบำบัดน้ำเสียประมาณ 20 กก. ต่อปี โดยกำหนดให้ส่งตะกอนไปกำจัดปีละ 1 ครั้ง ส่วนกากตะกอนที่เกิดจากการนำกลับชิลเวอร์ประมาณ 2 กก.ต่อปี โดยกำหนดให้ส่งตะกอนไปกำจัดปีละ 1 ครั้ง

ค่ากำจัดกากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียในแต่ละปี แสดงในตารางที่ ฉ.15 และค่ากำจัดกากตะกอนของระบบนำกลับชิลเวอร์ในแต่ละปี แสดงในตารางที่ ฉ.16

ตารางที่ ฉ.15 ค่ากำจัดกากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียในแต่ละปี

รายการ	ปีที่				
	1	2	3	4	5
จำนวนครั้งที่บำบัดน้ำเสีย	34	40	46	53	62
ปริมาณตะกอนที่เกิดต่อปี	680	800	920	1,060	1,240
ค่าขนส่งไปแสมดำต่อปี	40.8	48	55.2	63.6	74.4
ค่าบำบัดตะกอนต่อปี	306	360	414	477	558
ค่าขนส่งไปราชบุรี	204	240	276	318	372
ค่าจัดการฝังตะกอนต่อปี	68	80	920	106	124
รวมค่ากำจัดตะกอน (บาท/ปี)	618.8	728	837.2	964.6	1,128.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.16 ค่ากำจัดกากตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสียในแต่ละปี

รายการ	ปีที่				
	1	2	3	4	5
จำนวนครั้งที่บำบัดน้ำเสีย	34	40	46	53	62
ปริมาตรตะกอนที่เกิดต่อปี	68	80	92	106	124
ค่าขนส่งไปแสมดำต่อปี	4.08	4.8	5.52	6.36	7.44
ค่าบำบัดตะกอนต่อปี	30.6	36	41.4	47.7	55.8
ค่าขนส่งไปราชบุรี	20.4	24	27.6	31.8	37.2
ค่าจัดการฝังตะกอนต่อปี	6.8	8	9.2	10.6	12.4
รวมค่ากำจัดตะกอน (บาท/ปี)	61.88	72.8	83.72	96.46	112.84

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5185

ประวัติผู้เขียน

นางสาว พวงรัตน์ แก้วล้อม เกิดเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2513 จบชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2529 จากโรงเรียนมงฟอร์ตวิทยาลัย จังหวัดเชียงใหม่ และในปีการศึกษา 2533 ได้สำเร็จการศึกษา ปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ แล้วเข้าศึกษาต่อในระดับมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2535

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย