



## เอกสารอ้างอิง

### ภาษาไทย

ธงชัย พรรณสวัสดิ์, การสำรวจน้ำเสียจากอุตสาหกรรมฟอกหนัง, รายงานการศึกษาเสนอต่อกรมโรงงาน, กระทรวงอุตสาหกรรม, ในโครงการการนำกลับโครเมียมจากน้ำเสียอุตสาหกรรมหนัง, กรุงเทพมหานคร, 2535.

\_\_\_\_\_ และอรทัย ชวาลภาฤกษ์, การนำกลับโครเมียมจากน้ำเสียอุตสาหกรรมฟอกหนัง : การศึกษาในห้องปฏิบัติการ, รายงานการศึกษาเสนอต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, ในโครงการการนำกลับโครเมียมจากน้ำเสียอุตสาหกรรมหนัง, กรุงเทพมหานคร, 2536.

วันชัย วิจิรวินิช และช่อม พลอยมีค่า, เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม, หน้า 126, 165-175, กรุงเทพมหานคร, 2536.

ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ และจันทนา จันทโร, การศึกษาความเป็นไปได้โครงการด้านธุรกิจและอุตสาหกรรม, หน้า 93-99 กรุงเทพมหานคร, 2536.

### ภาษาอังกฤษ

Benefield, L.D., Judkin, J.F., and Weand, B.L., Process Chemistry for Water and Wastewater Treatment. Prentice-Hall INC, New Jersey, USA., 1982.

Benoit, D.A., Toxic Effects of Hexavalent Chromium on Brook Trout and Rainbow Trout, Wat. Res., 10, pp. 497-500, 1976.

- Block, H.D., Precipitation of Chromium from Tannery Wastewater,  
Eur. Pat. Appl. 13 pp.100,1989.
- Boast, D.A., Large Scale Chrome Recovery from Chrome Wash Liquors,  
J. Am. Leather Chem. Assoc., 83(1),pp. 17-23, 1988.
- Bongaert, et al., Design Report of Proposed Wastewater Treatment  
Plant for the Ceylon Leather Products Corporation.  
Environmental Engineering Consultants, Columbo, Sri Lanka,  
1989.
- Convington, A.D., Tannages Based on Aluminium (III) Titanium(IV)  
Complexes. British Leather Confederation, Presented at the  
82<sup>nd</sup> Annual Meeting of the American Leather Chemists  
Association at Pinehurst, North Carolina, June 24, 1986.
- Daigle, R.P., and Bennett, D.J., Effluent Chrome Recovery at Thru-Blu,  
J. Am. leather Chem. Assoc., 81(9), pp. 305-311, 1986.
- Langerwerf, J.S.A., Recovery and Reuse of Trivalent Chromium.  
Proc. - Cogr Leather Ind., 6th, pp. 251-261, 1978.
- \_\_\_\_\_ and De Wijs, J.C., Precipitation and Reuse of Trivalent  
Chromium, Leader 28(1), pp. 1-8, 1977.
- Porst, J., Expert Report on Waste in the tanning Industry Bangkok,  
Dertsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit(GTZ)GmbH.,  
35 pages, 1991.
- Rai, D., Sass, B.M., and Moore, D.A., 1987. Chromium (III) Hydrolysis  
Constants and Solubility of Chromium (III) Hydroxide., pp.  
345-349, 1987.
- Rajammani, S., et al., J.E. Waste Minimization in the Leather  
Industry, Chrome Recovery and Reuse in Tanneries, pp.  
267-284, 1992

Rajamani, S., et al., Chrome Recovery and Reuse in India, Water Environment and Technology, pp. 60-63, 1992.

UNEP, IE, AND PAC, Cleaner Production Worldwide. United Nations Publication, 36 pages, 1993.

Wood, B., Clean Technology Options in the Leather Tanning Industry. Seminar on the Profitability of Clean Technology in the Leather Tanning Industries. 20-21 October 1992, Samutprakarn, Thailand.

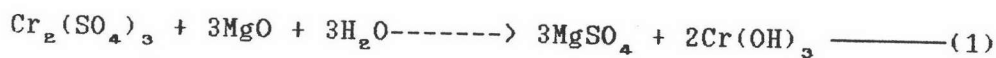
ภาคผนวก ก.

การคำนวณค่าสต็อกซีโอมेटริก และโครเมียมที่นำกลับได้



## 1. การคำนวณค่าสตอยชิโอเมตริก

## 1.1 การตกตะกอนด้วยแมกนีเซียมออกไซด์



จากสมการที่ 1:  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  1 โมล ทำปฏิกิริยาพอดีกับ  $\text{MgO} = 3$  โมล

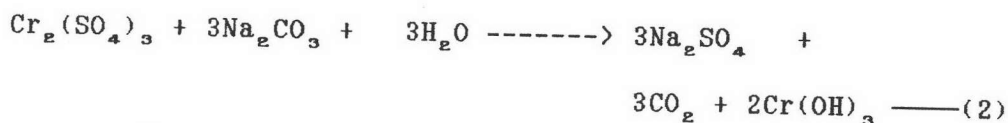
Cr 2x52 ก. ทำปฏิกิริยาพอดีกับ  $\text{MgO} = 3 \times (40.2)$  ก.

Cr 1 ก. ทำปฏิกิริยาพอดีกับ  $\text{MgO} = 120.6/104$

= 1.16 ก.

ค่าสตอยชิโอเมตริก (หรือ X) = 1.16

## 1.2 การตกตะกอนด้วยโซเดียมคาร์บอเนต



จากสมการที่ 2:  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  1 โมล ทำปฏิกิริยาพอดีกับ  $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 3$  โมล

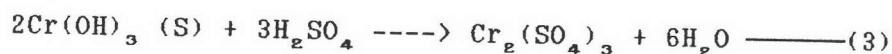
Cr 2x52 ก. ทำปฏิกิริยาพอดีกับ  $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 3 \times 106$  ก.

Cr 1 ก. ทำปฏิกิริยาพอดีกับ  $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 316/104$

= 3.06 ก.

ค่าสตอยชิโอเมตริก (หรือ X) = 3.06

## 1.3 การละลายตะกอนด้วยกรดซัลฟูริก



จากสมการที่ 3:  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  2 โมล ทำปฏิกิริยาพอดีกับ  $\text{H}_2\text{SO}_4 = 3$  โมล

Cr 2x52 ก. ทำปฏิกิริยาพอดีกับ  $\text{H}_2\text{SO}_4 = 3 \times 98$  ก.

Cr 1 ก. ทำปฏิกิริยาพอดีกับ  $\text{H}_2\text{SO}_4 = 294/104$

= 2.83 ก.

หรือ = 1.52 มล.

(ความหนาแน่นของกรดซัลฟูริก = 1.86 ก./มล.)

ค่าสตอยชิโอเมตริก (หรือ X) = 2.83

## 2. วิธีการคำนวณโครเมียมที่นำกลับได้

หนึ่งคิบ 1,000 กก./วัน ทำเป็นหนึ่งแท่งได้ 381 กก. (ข้อมูลจากการสำรวจน้ำเสีย จากอุตสาหกรรมฟอกหนัง, 2535)

### 2.1 MgO-no FD

$$\begin{aligned} \text{หนึ่งแท่งเฉลี่ยที่ฟอก } 4.1 \text{ ตัน/วัน ทำให้เป็นหนึ่งคิบ} &= 4.1/0.381 \\ &= 10.76 \text{ ตันหนึ่งคิบ/วัน} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{นำกลับได้ BCS เฉลี่ย } 52.6 \text{ กก. ทำให้เป็นโครเมียม} &= 52.6 * 0.25 * 0.684 \\ &= 8.99 \text{ กก. Cr} \end{aligned}$$

$$\text{โครเมียมที่นำกลับได้} = 8.99/10.76 = 0.84 \text{ กก.โครเมียม/ตันหนึ่งคิบ}$$

ใช้ MgO เฉลี่ย 17.34 กก. (จากตารางที่ 5.1)

$$\text{MgO ที่ใช้ต่อตันหนึ่งคิบ} = 17.34/10.76 = 1.61 \text{ กก. MgO/ตันหนึ่งคิบ}$$

ใช้  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1+1) เฉลี่ย 21 ลิตร มีเนอกรด = 10.5 ลิตร = 19.53 กก.

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ ที่ใช้ต่อตันหนึ่งคิบ} = 19.53/10.76 = 1.82 \text{ กก. H}_2\text{SO}_4/\text{ตันหนึ่งคิบ}$$

### 2.2 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ - no FD

$$\begin{aligned} \text{หนึ่งแท่งเฉลี่ยที่ฟอก } 3.7 \text{ ตัน/วัน ทำให้เป็นหนึ่งคิบ} &= 3.7/0.381 \\ &= 9.71 \text{ ตันหนึ่งคิบ/วัน} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{นำกลับได้ BCS เฉลี่ย } 63.3 \text{ กก. ทำให้เป็นโครเมียม} &= 63.3 * 0.25 * 0.684 \\ &= 10.82 \text{ กก. Cr} \end{aligned}$$

$$\text{โครเมียมที่นำกลับได้} = 10.82/9.71 = 1.11 \text{ กก.โครเมียม/ตันหนึ่งคิบ}$$

ใช้  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  เฉลี่ย 56.78 กก. (จากตารางที่ 5.3)

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ ที่ใช้ต่อตันหนึ่งคิบ} = 56.78/9.71 = 5.87 \text{ กก. Na}_2\text{CO}_3/\text{ตันหนึ่งคิบ}$$

ใช้  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1+1) เฉลี่ย 25 ลิตร มีเนอกรด = 12.5 ลิตร = 23.25 กก.

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ ที่ใช้ต่อตันหนึ่งคิบ} = 23.25/9.71 = 2.39 \text{ กก. H}_2\text{SO}_4/\text{ตันหนึ่งคิบ}$$

### 2.3 MgO-with FD

$$\begin{aligned} \text{หนึ่งแท่งเฉลี่ยที่ฟอก 4.1 ตัน/วัน ทำให้เป็นหนึ่งคืบ} &= 4.1/0.381 \\ &= 10.76 \text{ ตันหนึ่งคืบ/วัน} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{น้ำกลับได้ BCS เฉลี่ย 12.7 กก.ทำให้เป็นโครเมียม} &= 12.7*0.25*0.684 \\ &= 2.17 \text{ กก.Cr} \end{aligned}$$

$$\text{โครเมียมที่น้ำกลับได้} = 2.17/10.76 = 0.20 \text{ กก.โครเมียม/ตันหนึ่งคืบ}$$

ใช้ MgO เฉลี่ย 8.04 กก. (จากตารางที่ 5.4)

$$\text{MgO ที่ใช้ต่อตันหนึ่งคืบ} = 8.04/10.76 = 0.75 \text{ กก.MgO/ตันหนึ่งคืบ}$$

$$\text{ใช้ H}_2\text{SO}_4 (1+1) \text{ เฉลี่ย 12 ลิตร มีเนื้อกรด} = 6 \text{ ลิตร} = 11.16 \text{ กก.}$$

$$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ ที่ใช้ต่อตันหนึ่งคืบ} = 11.16/10.76 = 1.04 \text{ กก.H}_2\text{SO}_4/\text{ตันหนึ่งคืบ}$$

**ภาคผนวก ข.****วิธีการตรวจวัดโครเมียมและความเป็นด่าง**

## 1. การตรวจวัดโครเมียมในห้องปฏิบัติการโดยวิธีไทเทรต

### 1.1 การวิเคราะห์โครเมียมละลายน้ำ (Cr(III) + Cr(VI))

#### 1) สารเคมี

1.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ : ละลาย NaOH 8 กรัมในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

1.2 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ : เข้มข้น 30%

1.3 นิเกิลซัลเฟต : เติม NiSO<sub>4</sub> 5 กรัมต่อน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

1.4 กรดซัลฟูริก : เติมกรด conc H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 100 มิลลิลิตร ให้น้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

#### 2) วิธีวิเคราะห์

1. ปิเปิดน้ำตัวอย่างมาให้มีโครเมียมประมาณ 10-14 มก. ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ใส่ลูกแก้ว 2-3 เม็ดเติมน้ำกลั่น 100 มล., สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 มล. และ สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 2 มล. นำไปต้มบนแท่นร้อนจนได้สารละลายสีเหลือง ถ้า สารละลายยังไม่เหลืองเติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไปเรื่อยๆ จนได้สารละลายสีเหลืองจากนั้น จึงเติมสารละลายนิเกิลซัลเฟต 2 มล. ต้มต่อไปอีก 3-5 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

2. เติมกรดซัลฟูริก 20 มล. ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

3. นำมาไทเทรตกับสารละลายเอเฟเอเอส โดยใช้เฟอร์โรนเป็นอินดิเคเตอร์ จนได้สารละลายสีน้ำตาลแดง

$$\text{ความเข้มข้นโครเมียม (มก./ล. as Cr)} = \frac{A \times 1.7 \times 0.1 \times 1000}{B}$$

B

A = ปริมาตรเอเฟเอเอสที่ใช้ในการไทเทรต (มล.)

B = ปริมาตร น้ำตัวอย่าง (มล.)

### 1.2 การวิเคราะห์โครเมียมในของแข็ง (กากตะกอน และของแข็ง)

#### 1) สารเคมี :

ออกซิเดชั่นรีเอเจนต์ : เตรียมสารผสมของ Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 5 กรัม

#### 2) วิธีวิเคราะห์ :

- 2.1 นำตัวอย่างตะกอนมาอบแห้งที่  $105^{\circ}$  และบดละเอียด
  - 2.2 ชั่งน้ำหนักตะกอนที่ต้องการแล้วใส่ลงในถ้วยกระเบื้อง
  - 2.3 เติม ออกซิเจนรีเอเจนต์ ประมาณ 2-3 เท่าของตัวอย่าง
  - 2.4 ทำให้ตัวอย่างร้อนถึงขั้นอย่างช้า ๆ จนกระทั่งอุณหภูมิถึง  $600^{\circ}$  เซลเซียส และรักษาอุณหภูมินี้เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็น
  - 2.5 ต้มน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ในปีกเกอร์
  - 2.6 นำถ้วยกระเบื้องในข้อ (4) ต้มน้ำเดือด ข้อ (5) จนกระทั่งของแข็งละลายหมด
  - 2.7 นำสารละลายที่ได้ไปไทเทรตหาปริมาณโครเมียม เหมือนการวิเคราะห์โครเมียมละลายในน้ำ
- ความเข้มข้นโครเมียม (มก./ก.ตะกอนแห้ง) =  $\frac{A \times 1.7}{B}$

B

A = ปริมาณเอฟเอเอส ที่ใช้ในการไทเทรต (มล.)

B = น้ำหนักตัวอย่างตะกอนแห้ง

## 2. การตรวจวัดโครเมียมในสนามสำหรับน้ำเสียจากการฟอกโครมโดยวิธีการทำให้เกิดสี

(เทียบสีด้วยตา)

## 1) สารเคมี

1.1 EDTA 0.1 M. (2 ลิตร)

1.2  $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$  100 กรัม

## 2) อุปกรณ์

ขวดวัดปริมาตรพร้อมฝาแก้วขนาด 1,000 มล. 2 ใบ

ปิเปตวัดปริมาตรขนาด 1 มล., 10 มล. อย่างละ 2 อัน

ปิเปต ขนาด 10 มล. 2 อัน

กระบอกตวง 25 มล. 2 อัน

หลอดแก้ว 50 อัน

เตาไฟฟ้า

ปีเกอร์ 250 มล. 5 ใบ

ปีเกอร์ 400 มล. 5 ใบ

ขวดแก้ว 1 ลิตร 5 ใบ

ขวดพลาสติก 1 ลิตร 10 ใบ

### 3) สารละลายมาตรฐาน

3.1 สารละลายสต็อก : ละลาย  $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$  59.134 กรัม ใน น้ำกลั่น 800 มล. เทใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มล. แล้วเติมน้ำกลั่น จนครบ 1000 มล. สารละลายนี้มีความเข้มข้นโครเมียม 9.00 กรัม  $Cr_2O_3$  ต่อลิตร

3.2 สารละลายมาตรฐาน : เจือจางสารละลายสต็อกในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเจือจางสารละลายมาตรฐาน

| ลำดับที่ | สารละลายสต็อก, มล. | ปริมาตรน้ำกลั่น, มล. | ความเข้มข้น ก. $Cr_2O_3$ /ลิตร |
|----------|--------------------|----------------------|--------------------------------|
| 1        | 1                  | 8                    | 1                              |
| 2        | 2                  | 7                    | 2                              |
| 3        | 3                  | 6                    | 3                              |
| 4        | 5                  | 4                    | 5                              |
| 5        | 7                  | 2                    | 7                              |
| 6        | 9                  | 0                    | 9                              |

ปิเปต 1 มล. ของสารละลายแต่ละความเข้มข้นลงในหลอดทดลอง เติม 20.00 มล. ของสารละลาย EDTA ต้มในน้ำเดือด 10 นาที จะเกิดสารประกอบสีม่วง ทั้งให้เส้นที่อุณหภูมิห้อง สารละลายเหล่านี้เป็นสารละลายอ้างอิงเพื่อเปรียบเทียบโดยวางเรียงในทิวาง

## 4) วิธีทดลอง

- 4.1 เก็บตัวอย่างน้ำเสีย 1 ลิตร
- 4.2 บีบน้ำเสียนี้ 1 มล. ใส่ลงในหลอดแก้ว
- 4.3 เติมสารละลาย EDTA 20.00 มล.
- 4.4 ต้มในน้ำเดือด 10 นาที เกิดสารประกอบสีม่วง
- 4.5 ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง
- 4.6 เปรียบเทียบสีกับสารละลายมาตรฐาน และประมาณความเข้มข้นในหน่วย  
กรัม  $Cr_2O_3$  ลิตร

3. การตรวจวัดความเป็นด่าง (basicity) ในน้ำเสียจากการฟอกโครมด้วยวิธีไทเทรต

## 1) สารเคมี

- 1.1  $H_2SO_4$  0.5 N. (2 ลิตร)
- 1.2 โซเดียมออกซาลेट,  $NaC_2O_4$  100 กรัม
- 1.3 สารละลาย 2.5%  $NaC_2O_4$
- 1.4 สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 1% ในเมทานอล
- 1.5 NaOH 0.25 N. (2 ลิตร)

## 2) อุปกรณ์

ขวดที่มีปากต่อเข้ากับคอนเดนเซอร์ 250 มล.

อุปกรณ์ควบแน่น

ปิเปต 50 มล. 2 อัน

ปิวเรต 25 มล. 1 อัน

ขวดรูปชมพู่ 250 มล. คอกว้าง 5 ใบ

## 3) วิธีทดลอง

- 1.1 บีบตัวอย่างน้ำเสีย 50 มล. ใส่ลงในขวด 250 มล.
- 1.2 เติม 0.5 N  $H_2SO_4$  15 มล. สารละลายโซเดียมออกซาลेट 50 มล. และ  
เม็ดแก้ว
- 1.3 ต่อขวดเข้ากับอุปกรณ์ควบแน่นแล้วต้มนาน 60 นาที



1.4 ทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

1.5 เติมฟีนอล์ฟทาลีน 2-3 หยด แล้วไทเทรต 0.25 N. NaOH จนกระทั่งได้สารละลายสีแดง

1.6 ทำแปลงค์โดยใช้น้ำกลั่น

4) การตรวจวัดแฟคเตอร์

ไทเทรต 25.00 มล. ของ 0.5 N. กรดซัลฟูริกด้วย 0.25 N. NaOH โดยใช้น้ำฟีนอล์ฟทาลีนเป็นอินดิเคเตอร์

5) การคำนวณ

$$\text{ความเป็นค่า} = (a-b) \times f \times 1.265 / \%Cr_2O_3$$

เมื่อ a = มล. NaOH ที่ใช้ไทเทรตกับแปลงค์

b = มล. NaOH ที่ใช้ไทเทรตกับตัวอย่าง

f = แฟคเตอร์ของ 0.25 ml NaOH

$\%Cr_2O_3$  = ความเข้มข้นโครเมียมในตัวอย่าง

3. การตรวจวัดโครเมียมในน้ำส่วนบน

เก็บตัวอย่างน้ำในขวดเก็บตัวอย่างขนาด 1 ลิตร ทำให้เป็นกรดด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น 5 มล. (pH < 2) ผสมให้เข้ากัน ตัวอย่างน้ำนี้คงตัวได้หลายวัน

วิเคราะห์หาโครเมียมด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชัน สเปกโตรโฟโตมิเตอร์โดยตรง (ไม่ต้องย่อยสลายตัวอย่าง)

4. การตรวจวัดเหล็กในสารละลายโครเมียมที่นำกลับมาได้

เก็บตัวอย่างน้ำในขวดเก็บตัวอย่าง แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณเหล็กด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชัน สเปกโตรโฟโตมิเตอร์

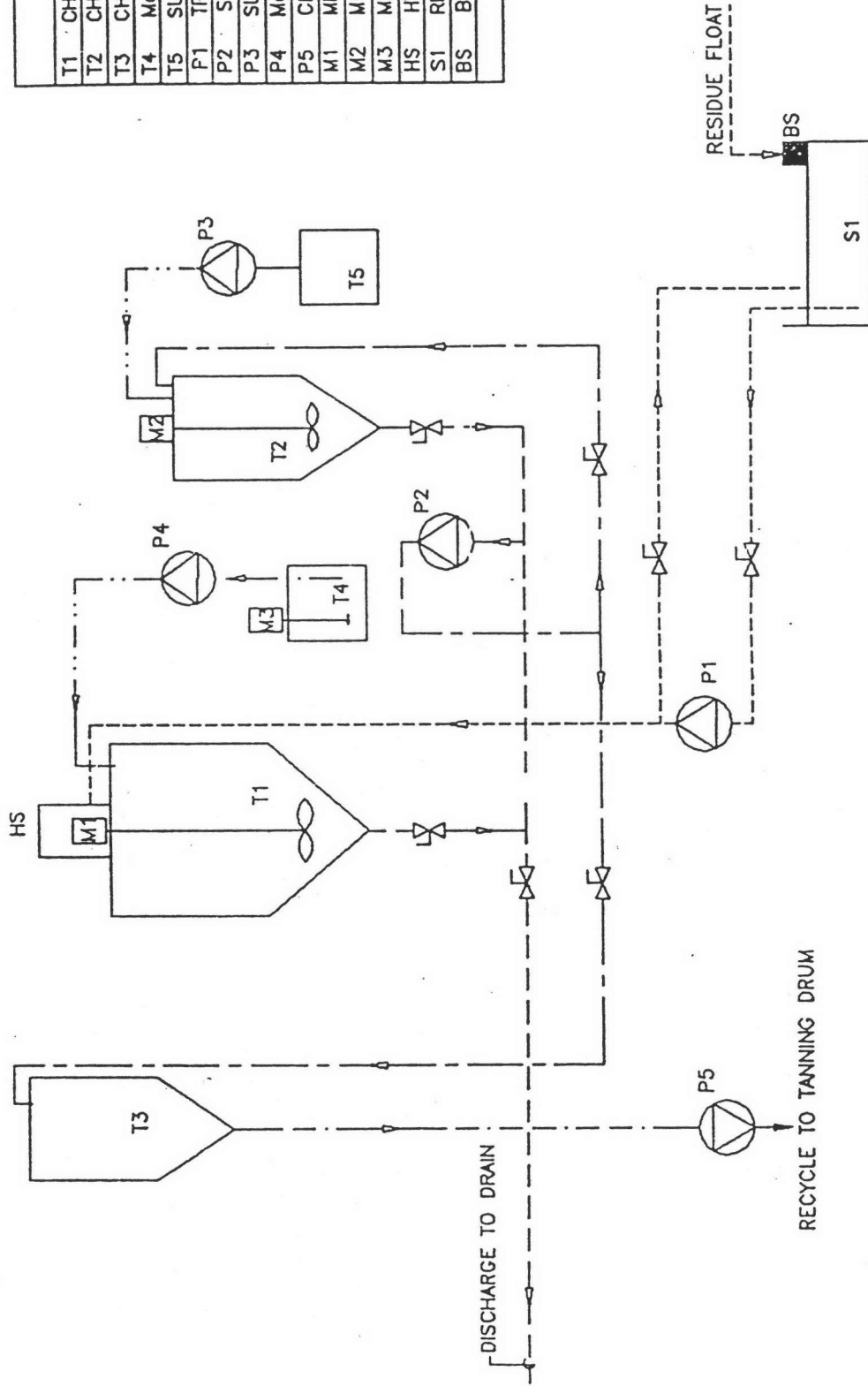
ภาคผนวก ค.

รายละเอียดการประเมินราคาางบลงทุน และงบดำเนินการระบบน้ำกลั้บโครเมียมขนาดจริง

## ตารางที่ ค1 เงินลงทุนของโรงทดลองนำร่อง กรณีใช้อุปกรณ์ทั้งหมด (ตามรูป)

| รายการ  | ราคา (บาท) |
|---|------------|
| บ่อรวบรวมน้ำเสียฟลอกโครม 2.5 ลบ.ม. : 6,900 บาท/ลบ.ม.น้ำเสีย | 17,250     |
| ถัง (รวมเครื่องผสม)   |            |
| – ถังบำบัดโครเมียม  | 157,500    |
| – ถังละลายโครเมียม  | 120,000    |
| – ถังเก็บสารละลายโครเมียม (ไม่มีเครื่องผสม)                 | 52,500     |
| – ถังเก็บสารละลายแมกนีเซียมออกไซด์                          | 37,500     |
| – ถังเก็บกรดซัลฟูริก (ไม่มีเครื่องผสม)                      | 4,500      |
| เครื่องสูบ  |            |
| – เครื่องสูบกระบังลม  | 68,000     |
| – เครื่องอัดอากาศ   | 24,000     |
| – เครื่องสูบสารละลายแมกนีเซียมออกไซด์                       | 120,000    |
| – เครื่องสูบกรดซัลฟูริก                                     | 80,000     |
| – เครื่องสูบบแบบสกรู  | 80,000     |
| ตะแกรงละเอียดชนิดไฮโดรสกรีน                                 | 110,000    |
| ท่อ, ข้อต่อและวาล์ว   | 108,750    |
| ไฟฟ้า   | 35,000     |
| เบ็ดเตล็ด (ค่าขนส่ง, ค่าติดตั้ง)                            | 50,000     |
| รวมราคาอุปกรณ์  | 1,065,000  |
| เงินสำรองจ่าย (5%)  | 53,250     |
| ค่าอำนาจการและกำไร (10%)                                    | 106,500    |
| เงินลงทุนรวม  | 1,224,750  |
| ภาษีมูลค่าเพิ่ม (Value Added Tax)(7%)                       | 85,733     |
| เงินลงทุนรวมทั้งหมด (รวม VAT)                               | 1,310,483  |

| LEGEND |                         |
|--------|-------------------------|
| T1     | CHROME TREATMENT TANK   |
| T2     | CHROME DISSOLUTION TANK |
| T3     | CHROME STORAGE TANK     |
| T4     | MgO TANK                |
| T5     | SULFURIC ACID TANK      |
| F1     | TRANSFER PUMP           |
| P2     | SCREW PUMP              |
| P3     | SULFURIC ACID PUMP      |
| P4     | MgO PUMP                |
| P5     | CR RECYCLE PUMP         |
| M1     | MIXER TREATMENT TANK    |
| M2     | MIXER DISSOLUTION TANK  |
| M3     | MIXER MgO TANK          |
| HS     | HYDRO SCREEN            |
| S1     | RESIDUE FLOAT SUMP      |
| BS     | BUCKET SCREEN           |

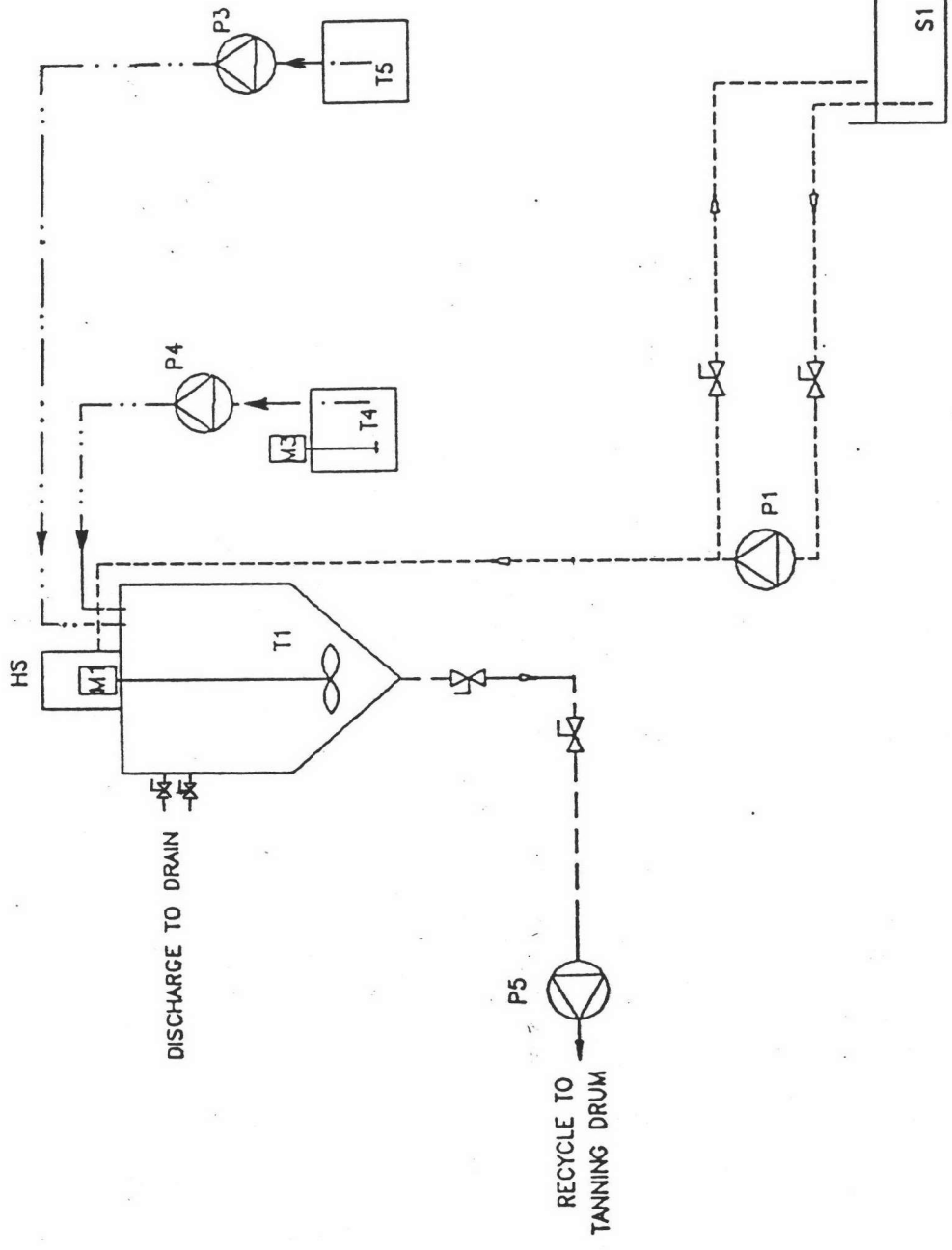


รูปที่ ค1 แผนภาพการไหลของโรงทดลองน้ำร่อน กรณีใช้อุปกรณ์ทั้งหมด

## ตารางที่ ค2 เงินลงทุนของโรงทดลองนาร่อง กรณีไม่ใช่อุปกรณ์บางส่วน (ตามรูป)

| รายการ   | ราคา (บาท) |
|--|------------|
| บ่อรวบรวมน้ำเสียฟอกโครม 2.5 ลบ.ม. : 6,900 บาท/ลบ.ม.น้ำเสีย | 17,250     |
| ถัง (รวมเครื่องผสม)  |            |
| – ถังบำบัดโครเมียม   | 157,500    |
| – ถังเก็บสารละลายแมกนีเซียมออกไซด์                         | 37,500     |
| – ถังเก็บกรดซัลฟูริก (ไม่มีเครื่องผสม)                     | 4,500      |
| เครื่องสูบลม   |            |
| – เครื่องสูบลมกระบังลม                                     | 68,000     |
| – เครื่องอัดอากาศ  | 24,000     |
| – เครื่องสูบลมสารละลายแมกนีเซียมออกไซด์                    | 100,000    |
| – เครื่องสูบลมกรดซัลฟูริก                                  | 80,000     |
| ตะแกรงละเอียดชนิดไฮโดรสกรีน                                | 110,000    |
| ท่อ, ข้อต่อและวาล์ว  | 76,125     |
| ไฟฟ้า  | 24,500     |
| เบ็ดเตล็ด (ค่าขนส่ง, ค่าติดตั้ง)                           | 35,000     |
| รวมราคาอุปกรณ์   | 734,375    |
| เงินสำรองจ่าย (5%)   | 36,719     |
| ค่าอำนาจการและกำไร (10%)                                   | 73,438     |
| เงินลงทุนรวม   | 844,531    |
| ภาษีมูลค่าเพิ่ม (Value Added Tax)(7%)                      | 59,117     |
| เงินลงทุนรวมทั้งหมด (รวม VAT)                              | 903,648    |

| LEGEND |                         |
|--------|-------------------------|
| T1     | CHROME TREATMENT TANK   |
| T2     | CHROME DISSOLUTION TANK |
| T3     | CHROME STORAGE TANK     |
| T4     | MgO TANK                |
| T5     | SULFURIC ACID TANK      |
| P1     | TRANSFER PUMP           |
| P2     | SCREW PUMP              |
| P3     | SULFURIC ACID PUMP      |
| P4     | MgO PUMP                |
| P5     | CR RECYCLE PUMP         |
| M1     | MIXER TREATMENT TANK    |
| M2     | MIXER DISSOLUTION TANK  |
| M3     | MIXER MgO TANK          |
| HS     | HYDRO SCREEN            |
| S1     | RESIDUE FLOAT SUMP      |
| BS     | BUCKET SCREEN           |



\* อุปกรณ์ที่ซื้อมา

รูปที่ ค2 แผนภาพการไหลของโรงทดลองน้ำร่อน กรณีใช้อุปกรณ์บางส่วน

## ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการประจำปี

### 1. ค่าบำรุงรักษา

- 1.1 เครื่องสูบล (10% ของเงินลงทุน)
- 1.2 บ่อรวบรวมน้ำเสียฟอกโครม (3% ของเงินลงทุน)
- 1.3 ท่อ, ข้อต่อ และวาล์ว (3% ของเงินลงทุน)
- 1.4 ถัง (3% ของเงินลงทุน)
- 1.5 ตะแกรงละเอียดชนิด Hydroscreen (5% ของเงินลงทุน)

### 2. ค่าสารเคมี

- 2.1 น้ำเสียที่ไม่มีสารช่วยตรึงโครเมียม ใช้แมกนีเซียมออกไซด์ในการตกตะกอนผลึก  
(จากตารางที่ 5.1) อัตราการฟอกหนึ่งคิบ = 10.76 ตันต่อวัน  
MgO ที่ใช้ต่อปี =  $1.61 \times 10.76 \times 300 = 5,197$  กก.ต่อปี (1ปีเท่ากับ 300  
วันทำงาน)  
ราคา MgO ต่อปี =  $5,197 \times 14 = 72,759$  บาทต่อปี  
 $H_2SO_4$  ที่ใช้ต่อปี =  $1.82 \times 10.76 \times 300 = 5,875$  กก.ต่อปี  
ราคา  $H_2SO_4$  ต่อปี =  $5,875 \times 4.45 = 26,144$  บาทต่อปี  
ราคาสารเคมีทั้งหมด =  $72,759 + 26,144 = 98,903$  บาทต่อปี
- 2.2 น้ำเสียที่มีสารช่วยตรึงโครเมียม ใช้แมกนีเซียมออกไซด์ในการตกตะกอนผลึก  
(จากตารางที่ 5.4) อัตราการฟอกหนึ่งคิบ = 10.76 ตันต่อวัน  
MgO ที่ใช้ต่อปี =  $0.75 \times 10.76 \times 300 = 2,421$  กก.ต่อปี (1 ปีเท่ากับ  
300 วันทำงาน)  
ราคา MgO ต่อปี =  $2,421 \times 14 = 33,894$  บาทต่อปี  
 $H_2SO_4$  ที่ใช้ต่อปี =  $1.04 \times 10.76 \times 300 = 3,357$  กก.ต่อปี  
ราคา  $H_2SO_4$  ต่อปี =  $3,357 \times 4.45 = 14,939$  บาทต่อปี  
ราคาสารเคมีทั้งหมด =  $33,894 + 14,939 = 48,833$  บาทต่อปี

### 3. ค่าไฟฟ้า

#### 3.1 กรณีใช้อุปกรณ์ทั้งหมด

|  |                     |
|--|---------------------|
| 3.1.1 เครื่องอัดอากาศ (air compressor) | 3.73 kw x 2 hr      |
|  | = 7.46 kw-hr        |
| 3.1.2 เครื่องสูบลมแบบสกรู              | 1.87 kw x 1 hr      |
|  | = 1.87 kw-hr        |
| 3.1.3 เครื่องสูบลมสารเคมี (1)          | 0.18 kw x 0.5 hr    |
|  | = 0.09 kw-hr        |
| 3.1.4 เครื่องสูบลมสารเคมี (2)          | 0.37 kw x 0.5 hr    |
|  | = 0.185 kw-hr       |
| 3.1.5 เครื่องผสม 3 ตัว                 | 3 x 0.746 kw x 1 hr |
|  | = 2.238 kw-hr       |
| รวมทั้งหมด                             | = 11.84 kw-hr       |

$$\text{กำลังไฟฟ้า/ตันหนึ่งดิบ} = 11.84/10.76 = 1.1 \text{ kw-hr/ตันหนึ่งดิบ}$$

$$\text{ราคาค่าไฟฟ้าต่อปี} = 1.1 \text{ kw-hr/ตันหนึ่งดิบ} \times 10.76 \times 300 \text{ วัน} \\ \times 2.40 \text{ บาท/kw-hr}$$

$$= 8,522 \text{ บาทต่อปี}$$

#### 3.2 กรณีใช้อุปกรณ์บางส่วน

|  |                     |
|--|---------------------|
| 3.2.1 เครื่องอัดอากาศ (air compressor) | 3.73 kw x 2 hr      |
|  | = 7.46 kw-hr        |
| 3.2.2 เครื่องสูบลมสารเคมี (1)          | 0.18 kw x 0.5 hr    |
|  | = 0.09 kw-hr        |
| 3.2.3 เครื่องสูบลมสารเคมี (2)          | 0.37 kw x 0.5 hr    |
|  | = 0.185 kw-hr       |
| 3.2.4 เครื่องผสม 2 ตัว                 | 2 x 0.746 kw x 1 hr |
|  | = 1.492 kw-hr       |



$$\begin{aligned}
 \text{รวมทั้งหมด} &= 9.23 \text{ kw-hr} \\
 \text{กำลังไฟฟ้า/ตันหนึ่งดิบ} &= 9.23/10.76 = 0.86 \text{ kw-hr/ตันหนึ่งดิบ} \\
 \text{ราคาค่าไฟฟ้าต่อปี} &= 0.86 \text{ kw-hr/ตันหนึ่งดิบ} \times 10.76 \times 300 \text{ วัน} \\
 &\quad \times 2.40 \text{ บาท/kw-hr} \\
 &= 6,643 \text{ บาทต่อปี}
 \end{aligned}$$

#### 4. ค่าน้ำ

$$\begin{aligned}
 \text{ส่วนใหญ่ใช้ในการล้างอุปกรณ์ประมาณ } &0.1 \text{ ลบ.ม./ตันหนึ่งดิบ} \\
 \text{ราคาน้ำต่อปี} &= 0.1 \times 10.76 \times 300 \times 1 \text{ บาท/ลบ.ม.} \\
 &= 323 \text{ บาทต่อปี}
 \end{aligned}$$

#### 5. ค่าแรงงาน

$$\begin{aligned}
 \text{คนงานค่าจ้าง } &3,500 \text{ บาท/เดือน} = 42,000 \text{ บาท/ปี} \\
 \text{คิดเงินเดือนเพิ่ม } &7\% \text{ ต่อปี ในระยะเวลา } 5 \text{ ปี} \\
 \text{ปีที่ } 1 &= 44,940 \\
 \text{ปีที่ } 2 &= 48,086 \\
 \text{ปีที่ } 3 &= 51,452 \\
 \text{ปีที่ } 4 &= 55,053 \\
 \text{ปีที่ } 5 &= \underline{58,907} \\
 \text{รวม} &= \underline{258,438} \\
 \text{เงินค่าจ้างเฉลี่ย } &5 \text{ ปี} = 258,438/5 = 51,688 \text{ บาทต่อปี}
 \end{aligned}$$

ภาคผนวก ง.

ลักษณะสมบัติของน้ำเสียฟอกโครม, น้ำส่วนบน, สลัดจ์และน้ำจากเครื่องอัดกรอง

## TEST RESULT (RAW DATA)

| Sample  | Date     | Parameter             |      |               |               |       |                           |                            |                            |                            |               |
|---|----------|-----------------------|------|---------------|---------------|-------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------|
|   |          | Cr<br>(mg/l)          | pH   | TKN<br>(mg/l) | G&O<br>(mg/l) | % WC  | Cl <sup>-</sup><br>(mg/l) | Fe <sup>2+</sup><br>(mg/l) | Ca <sup>2+</sup><br>(mg/l) | Mg <sup>2+</sup><br>(mg/l) | TSS<br>(mg/l) |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>filter – water<br>dissolution | 3/02/93  | 1,059                 | –    | 353           | 4             | –     | –                         | –                          | 681                        | 5,929                      | –             |
|   |          | 97.5                  | 9.05 | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 7,920                 | 8.81 | –             | –             | 87.11 | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | –                     | –    | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 5,687                 | 2.95 | 1,344         | 19            | –     | 272,238                   | 79.2                       | –                          | –                          | –             |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>filter – water<br>dissolution | 4/02/93  | 2,062                 | 3.97 | 1,120         | 2             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 143.55                | –    | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 10,033                | –    | –             | –             | 85.52 | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | –                     | –    | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 7,158                 | 2.71 | 63            | 13            | –     | 7,950                     | 54.2                       | –                          | –                          | –             |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>filter – water<br>dissolution | 6/02/93  | 1,255                 | 4.12 | 14            | 6             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>filter – water<br>dissolution | 8/02/93  | 2,372                 | 3.47 | 442           | N.D.          | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 5.58                  | 9.18 | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 54.59 <sub>mg/l</sub> | 9.31 | –             | –             | 57.53 | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 1.22                  | 9.09 | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 9,952                 | 3.05 | 511           | 26            | –     | 10,500                    | 11.4                       | –                          | –                          | –             |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>filter – water<br>dissolution | 13/02/93 | 1,031                 | 4.16 | 340           | N.D.          | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 113.85                | 9.55 | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 34.41 <sub>mg/l</sub> | 9.50 | –             | –             | 67.45 | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 65.69                 | 9.60 | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 2,475                 | 3.28 | 896           | N.D.          | –     | 3,000                     | 45.6                       | –                          | –                          | –             |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>filter – water<br>dissolution | 18/02/93 | 3,816                 | 2.94 | 650           | N.D.          | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 397.8                 | 9.26 | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 21,953                | 9.28 | –             | –             | 82.37 | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | –                     | –    | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 15,315                | 2.81 | 1,071         | 225           | –     | 33,490                    | 62.8                       | –                          | –                          | –             |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>filter – water<br>dissolution | 19/02/93 | 4,022                 | 2.81 | 1,265         | N.D.          | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 11.77                 | 9.11 | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 6,053                 | 9.26 | –             | –             | 86.90 | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | –                     | –    | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 5,355                 | 3.30 | 1,337         | 240           | –     | 41,487                    | 42.8                       | –                          | –                          | –             |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>filter – water<br>dissolution | 20/02/93 | 5,559                 | 3.30 | 1,106         | N.D.          | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 99.05                 | 9.17 | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 13,222                | 9.26 | –             | –             | 84.92 | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | –                     | –    | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 2,856                 | 3.25 | 1,330         | 395           | –     | 33,989                    | 40.8                       | –                          | –                          | –             |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>filter – water<br>dissolution | 22/02/93 | 2,448                 | 2.78 | 1,239         | N.D.          | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 429.7                 | 8.83 | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 68.47 <sub>mg/l</sub> | 8.52 | –             | –             | 63.32 | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 5.52                  | 8.31 | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 13,081                | 2.35 | 924           | 55            | –     | 14,495                    | 51.8                       | –                          | –                          | –             |

## TEST RESULT (RAW DATA)

| Sample  | Date     | Parameter             |      |               |               |       |                           |                            |                            |                            |               |
|---|----------|-----------------------|------|---------------|---------------|-------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------|
|   |          | Cr<br>(mg/l)          | pH   | TKN<br>(mg/l) | G&O<br>(mg/l) | % WC  | Cl <sup>-</sup><br>(mg/l) | Fe <sup>2+</sup><br>(mg/l) | Ca <sup>2+</sup><br>(mg/l) | Mg <sup>2+</sup><br>(mg/l) | TSS<br>(mg/l) |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>filter – water<br>dissolution | 24/02/93 | 4,039                 | 3.00 | 1,519         | N.D.          | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 273.8                 | 9.05 | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 60.58 <sub>mg/l</sub> | 9.08 | –             | –             | 63.09 | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 6.07                  | 8.81 | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 25,132                | 2.84 | 1,162         | 360           | –     | 19,993                    | 127.2                      | –                          | –                          | –             |
| residue float<br>supernatant  | 25/02/93 | 3,889                 | 2.67 | 1,141         | N.D.          | –     | –                         | –                          | –                          | –                          |               |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>filter – water<br>dissolution | 2/03/93  | 1,071                 | 3.58 | 1,267         | N.D.          | –     | –                         | –                          | –                          | –                          |               |
|   |          | –                     | –    | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          |               |
|   |          | 34.17 <sub>mg/l</sub> | –    | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 49.71                 | 8.86 | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 5,355                 | 2.03 | 630           | 15            | –     | 6,500                     | 72.8                       | –                          | –                          | –             |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>filter – water<br>dissolution | 3/03/93  | 2,907                 | 2.83 | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          |               |
|   |          | –                     | –    | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          |               |
|   |          | 55.66 <sub>mg/l</sub> | –    | –             | –             | 65.95 | –                         | –                          | –                          | –                          | 21,530        |
|   |          | 24.69                 | 9.12 | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | –                     | –    | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>filter – water<br>dissolution | 5/03/93  | 1,340                 | 3.83 | 914           | N.D.          | –     | –                         | –                          | –                          | –                          |               |
|   |          | –                     | –    | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          |               |
|   |          | –                     | –    | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | 7,030         |
|   |          | –                     | –    | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | –                     | –    | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>filter – water<br>dissolution | 10/03/93 | 4,460                 | 2.63 | –             | N.D.          | –     | –                         | –                          | –                          | –                          |               |
|   |          | –                     | 9.11 | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          |               |
|   |          | –                     | –    | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          |               |
|   |          | –                     | –    | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          |               |
|   |          | 13,970                | 2.64 | –             | N.D.          | –     | 32,490                    | 51.2                       | –                          | –                          | –             |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>filter – water<br>dissolution | 13/03/93 | 3,270                 | 2.70 | 370           | N.D.          | –     | –                         | –                          | –                          | –                          |               |
|   |          | 8.7                   | 8.76 | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          |               |
|   |          | 72.97 <sub>mg/l</sub> | 7.81 | –             | –             | 65.00 | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | –                     | –    | –             | –             | –     | –                         | –                          | –                          | –                          | –             |
|   |          | 5,472                 | 2.65 | 625           | N.D.          | –     | 25,800                    | 44.6                       | –                          | –                          | –             |

## TEST RESULT (RAW DATA)

| Sample  | Date     | Parameter        |                   |      |               |               |       |                           |                               |                            |                            |
|---|----------|------------------|-------------------|------|---------------|---------------|-------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|
|   |          | Cr(T)*<br>(mg/l) | Cr(C)**<br>(mg/l) | pH   | TKN<br>(mg/l) | G&O<br>(mg/l) | % WC  | Cl <sup>-</sup><br>(mg/l) | Fe <sup>2+***</sup><br>(mg/l) | Ca <sup>2+</sup><br>(mg/l) | Mg <sup>2+</sup><br>(mg/l) |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>dissolution | 22/03/93 | 1,482            | 1,570             | 3.87 | 1,169         | N.D.          | -     | -                         | -                             | 681                        | 5,929                      |
|   |          | 471              | -                 | 9.46 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 3,167            | 3,191             | 9.62 | -             | -             | 89.03 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 4,402            | 5,130             | 3.10 | 1,302         | N.D.          | -     | 36,988                    | 49.2                          | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>dissolution | 23/03/93 | 1,270            | 1,243             | 4.18 | 924           | N.D.          | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 245              | -                 | 8.78 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 4,630            | 4,822             | 8.85 | -             | -             | 88.68 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 4,233            | 4,185             | 3.31 | 1,239         | -             | -     | 38,488                    | 14.0                          | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>dissolution | 24/03/93 | 1,101            | 1,187             | 4.18 | 1,120         | N.D.          | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 91               | -                 | 8.89 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 3,000            | 3,330             | 8.88 | -             | -             | 89.02 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 2,540            | 3,000             | 2.78 | 1,085         | 45            | -     | 38,488                    | 14.0                          | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>dissolution | 25/03/93 | 1,270            | 1,265             | 3.84 | 567           | N.D.          | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 126              | -                 | 8.95 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 3,390            | 4,074             | 9.01 | -             | -             | 89.56 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 3,560            | 4,435             | 2.84 | 1,043         | 15            | -     | 40,487                    | 31.8                          | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>dissolution | 26/03/93 | 2,074            | 2,082             | 3.87 | 1,008         | N.D.          | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 178              | -                 | 8.93 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 4,110            | 3,783             | 8.95 | -             | -             | 89.16 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 3,220            | 3,790             | 2.79 | 994           | 15            | -     | 38,987                    | 20.8                          | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>dissolution | 30/03/93 | 600              | 869               | 4.06 | 771           | 10            | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 168              | -                 | 9.40 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 2,380            | 2,478             | 9.63 | -             | -             | 90.53 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 1,693            | 2,482             | 2.36 | 1,274         | 45            | -     | 31,990                    | 27.8                          | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>dissolution | 1/04/93  | 1,101            | 1,500             | 3.89 | 1,113         | 5             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 93               | -                 | 9.04 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 1,530            | 2,500             | 9.07 | -             | -             | 90.54 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 1,670            | 2,460             | 2.84 | 343           | 20            | -     | 33,489                    | 9.6                           | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>dissolution | 2/04/93  | 3,390            | 4,160             | 3.10 | 980           | 5             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 94               | -                 | 8.62 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 5,530            | 8,986             | 8.59 | -             | -             | 93.76 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 12,191           | 9,400             | 3.30 | 1,393         | 60            | -     | 25,992                    | 22.4                          | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>dissolution | 3/04/93  | 4,490            | 5,169             | 2.90 | 1,239         | 5             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 98               | -                 | 8.81 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 10,330           | 8,680             | 8.85 | -             | -             | 86.82 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 11,940           | 8,960             | 3.27 | 1,526         | 7             | -     | 28,991                    | 24.6                          | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>dissolution | 7/04/93  | 3,730            | 4,382             | 3.15 | 798           | N.D.          | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 348.7            | -                 | 8.44 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 7,243            | 7,370             | 8.04 | -             | -             | 88.01 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 7,216            | 7,070             | 3.37 | 861           | 7             | -     | 30,990                    | 13.6                          | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>dissolution | 9/04/93  | 4,009            | 3,750             | 2.76 | 917           | N.D.          | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 2,390            | -                 | 7.98 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 2,803            | 2,720             | 7.55 | -             | -             | 90.03 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 2,570            | 2,684             | 2.47 | 847           | 7             | -     | 33,490                    | 6.6                           | -                          | -                          |

Notes :

\* Titration method

\*\* Colorimetric method

Supernatant analysed by Atomic Absorption Spectrophotometry

## TEST RESULT (RAW DATA)

| Sample  | Date     | Parameter        |                   |      |               |               |       |                           |                               |                            |                            |
|---|----------|------------------|-------------------|------|---------------|---------------|-------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|
|   |          | Cr(T)*<br>(mg/l) | Cr(C)**<br>(mg/l) | pH   | TKN<br>(mg/l) | G&O<br>(mg/l) | % WC  | Cl <sup>-</sup><br>(mg/l) | Fe <sup>2+***</sup><br>(mg/l) | Ca <sup>2+</sup><br>(mg/l) | Mg <sup>2+</sup><br>(mg/l) |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>dissolution | 22/04/93 | 1,533            | 1,813             | 4.26 | 1,092         | N.D.          | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 95.72            | -                 | 9.47 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 4,480            | 4,670             | 9.62 | -             | -             | 89.50 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 4,447            | 4,559             | 2.77 | 1,225         | 13            | -     | 32,490                    | -                             | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>dissolution | 23/04/93 | 4,754            | 5,115             | 3.16 | 945           | N.D.          | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 996.8            | -                 | 8.58 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 15,826           | 15,380            | 8.45 | -             | -             | 86.18 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 14,261           | 13,971            | 3.36 | 1,302         | 18            | -     | 30,990                    | -                             | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>dissolution | 24/04/93 | 4,279            | 4,278             | 2.96 | 1,288         | 5             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 1,235            | -                 | 9.06 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 9,462            | 9,087             | 9.07 | -             | -             | 87.80 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 8,706            | 8,540             | 2.92 | 1,127         | 33            | -     | 30,490                    | -                             | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>dissolution | 26/04/93 | 3,690            | 4,122             | 3.01 | 1,204         | N.D.          | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 277.2            | -                 | 8.87 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 12,142           | 11,991            | 8.62 | -             | -             | 87.00 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 9,591            | 9,308             | 3.35 | 1,302         | 33            | -     | 29,491                    | -                             | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>dissolution | 27/04/93 | 3,671            | 3,970             | 3.02 | 1,120         | N.D.          | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 978              | -                 | 8.78 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 8,610            | 8,352             | 8.44 | -             | -             | 87.71 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 8,116            | 7,886             | 3.41 | 777           | N.D.          | -     | 30,990                    | -                             | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>dissolution | 28/04/93 | 4,084            | 4,452             | 3.24 | 770           | N.D.          | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 251.0            | -                 | 9.18 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 14,980           | 13,944            | 9.19 | -             | -             | 85.96 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 13,280           | 12,530            | 2.95 | 1,176         | 7             | -     | 31,490                    | -                             | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>dissolution | 29/04/93 | 4,280            | 4,413             | 3.11 | 1,015         | N.D.          | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 480              | -                 | 9.21 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 17,653           | 17,195            | 8.94 | -             | -             | 84.64 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 16,970           | 16,386            | 3.23 | 1,533         | 50            | -     | 32,990                    | -                             | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>dissolution | 1/05/93  | 3,541            | 3,883             | 3.12 | 1,218         | N.D.          | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 2,180            | -                 | 8.62 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 9,770            | 9,513             | 8.58 | -             | -             | 88.10 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 7,230            | 6,773             | 2.68 | 1,232         | 20            | -     | 31,990                    | -                             | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>dissolution | 6/05/93  | 3,508            | 3,791             | 3.19 | 1,029         | N.D.          | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 1,391            | -                 | 8.57 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 14,661           | 13,195            | 8.43 | -             | -             | 85.82 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 10,919           | 10,195            | 3.19 | 1,715         | 27            | -     | 34,489                    | -                             | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>dissolution | 7/05/93  | 3,635            | 3,456             | 3.25 | 721           | N.D.          | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 1,370            | -                 | 9.02 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 13,905           | 14,786            | 8.90 | -             | -             | 87.33 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 12,100           | 10,195            | 3.31 | 1,064         | 20            | -     | 30,491                    | -                             | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant<br>sludge<br>dissolution | 8/05/93  | 3,556            | 3,804             | 3.26 | 1,134         | N.D.          | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 325              | -                 | 8.94 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 11,824           | 10,826            | 8.78 | -             | -             | 87.00 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|   |          | 9,591            | 6,665             | 3.24 | 735           | 30            | -     | 29,491                    | -                             | -                          | -                          |

Notes :

\* Titration method

\*\* Colorimetric method

Supernatant analysed by Atomic Absorption Spectrophotometry



## TEST RESULT (RAW DATA)

| Sample   | Date     | Parameter        |      |               |               |       |                           |                                |                            |                            |
|--|----------|------------------|------|---------------|---------------|-------|---------------------------|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|
|  |          | Cr(T)*<br>(mg/l) | pH   | TKN<br>(mg/l) | G&O<br>(mg/l) | % WC  | Cl <sup>-</sup><br>(mg/l) | Fe <sup>2+</sup> ***<br>(mg/l) | Ca <sup>2+</sup><br>(mg/l) | Mg <sup>2+</sup><br>(mg/l) |
| residue float<br>supernatant.1 *1<br>supernatant.2 *2<br>sludge<br>dissolution | 26/05/93 | 952              | 4.01 | 189           | 15            | -     | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 108              | 9.08 | -             | -             | -     | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 820              | 9.12 | -             | -             | -     | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 1,494            | 9.10 | -             | -             | 90.35 | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 2,856            | 3.42 | 203           | 63            | -     | 34,989                    | 113                            | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant.1<br>supernatant.2<br>sludge<br>dissolution       | 28/05/93 | 1,190            | 4.21 | 91            | N.D.          | -     | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 48               | 9.21 | -             | -             | -     | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 936              | 9.37 | -             | -             | -     | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 2,050            | 9.28 | -             | -             | 88.99 | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 2,856            | 3.28 | 112           | 43            | -     | 41,986                    | 61                             | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant.1<br>supernatant.2<br>sludge<br>dissolution       | 29/05/93 | 2,142            | 4.06 | 112           | N.D.          | -     | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 11               | 8.72 | -             | -             | -     | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 1,516            | 8.87 | -             | -             | -     | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 4,660            | 8.88 | -             | -             | 86.45 | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 7,854            | 4.06 | 462           | 43            | -     | 36,988                    | 157                            | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant.1<br>supernatant.2<br>sludge<br>dissolution       | 2/06/93  | 1,312            | 4.06 | 74            | 5             | -     | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 50               | 8.72 | -             | -             | -     | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 1,005            | 8.87 | -             | -             | -     | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 2,323            | 8.88 | -             | -             | 88.04 | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 3,748            | 4.06 | 149           | 13            | -     | 41,487                    | 68                             | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant.1<br>supernatant.2<br>sludge<br>dissolution       | 3/06/93  | 1,374            | 4.06 | 1,141         | N.D.          | -     | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 40               | 8.87 | -             | -             | -     | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 983              | 8.95 | -             | -             | -     | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 2,027            | 8.97 | -             | -             | 88.98 | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 3,332            | 4.13 | 89            | 13            | -     | 38,988                    | 59                             | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant.1<br>supernatant.2<br>sludge<br>dissolution       | 4/06/93  | 1,428            | 4.11 | 1,498         | 5             | -     | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 46               | 8.81 | -             | -             | -     | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 1,580            | 8.94 | -             | -             | -     | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 1,321            | 9.01 | -             | -             | 89.65 | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 1,670            | 4.15 | 1,400         | 7             | -     | 37,488                    | 52                             | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant.1<br>supernatant.2<br>sludge<br>dissolution       | 7/06/93  | 1,428            | 3.97 | 1,517         | N.D.          | -     | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 9                | 8.55 | -             | -             | -     | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 533              | 8.75 | -             | -             | -     | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 4,262            | 8.73 | -             | -             | 86.01 | -                         | -                              | -                          | -                          |
|  |          | 5,831            | 3.86 | 357           | 33            | -     | 39,988                    | 79                             | -                          | -                          |

Notes :

- \* Titration method  
 \*\*\* Atomic Absorption Spectrophotometry method  
 \*1 Supernatant before mixing  
 \*2 Supernatant after mixing  
 Supernatant analysed by Atomic Absorption Spectrophotometry

## TEST RESULT (RAW DATA)

| Sample   | Date     | Parameter        |      |               |               |       |                           |                               |                            |                            |
|--|----------|------------------|------|---------------|---------------|-------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|
|  |          | Cr(T)*<br>(mg/l) | pH   | TKN<br>(mg/l) | G&O<br>(mg/l) | % WC  | Cl <sup>-</sup><br>(mg/l) | Fe <sup>2+***</sup><br>(mg/l) | Ca <sup>2+</sup><br>(mg/l) | Mg <sup>2+</sup><br>(mg/l) |
| residue float<br>supernatant.1<br>supernatant.2<br>sludge<br>dissolution       | 8/06/93  | 952              | 4.00 | 868           | 30            | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|  |          | 142              | 8.72 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|  |          | 888              | 8.82 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|  |          | 2,811            | 8.87 | -             | -             | 93.76 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|  |          | 2,380            | 4.09 | 471           | 53            | -     | 41,987                    | 44                            | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant.1<br>supernatant.2<br>sludge<br>dissolution       | 10/06/93 | 1,110            | 4.04 | 1,367         | N.D.          | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|  |          | 2                | 9.44 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|  |          | 127              | 9.30 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|  |          | 7,875            | 9.39 | -             | -             | 86.36 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|  |          | 5,531            | 3.46 | 1,680         | 33            | -     | 39,988                    | 185                           | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant.1<br>supernatant.2<br>sludge<br>dissolution       | 14/06/93 | 1,224            | 4.06 | 1,218         | 5             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|  |          | 13               | 9.38 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|  |          | 443              | 9.43 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|  |          | 9,960            | 9.34 | -             | -             | 84.65 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|  |          | 3,456            | 3.54 | 490           | 33            | -     | 40,987                    | 159                           | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant.1 *1<br>supernatant.2 *2<br>sludge<br>dissolution | 15/06/93 | 1,152            | 3.93 | 1,183         | 35            | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|  |          | 7                | 9.55 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|  |          | 1,180            | 9.60 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|  |          | 4,468            | 9.60 | -             | -             | 87.95 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|  |          | 5,040            | 3.96 | 1,358         | 13            | -     | 39,988                    | 104                           | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant.1<br>supernatant.2<br>sludge<br>dissolution       | 18/06/93 | 1,925            | 4.09 | 1,393         | 5             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|  |          | 7                | 9.66 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|  |          | 878              | 9.82 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|  |          | 5,757            | 9.81 | -             | -             | 87.09 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|  |          | 4,590            | 4.24 | 1,232         | 20            | -     | 35,489                    | 194                           | -                          | -                          |
| residue float<br>supernatant.1<br>supernatant.2<br>sludge<br>dissolution       | 21/06/93 | 1,407            | 4.14 | 1,057         | N.D.          | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|  |          | 12               | 9.38 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|  |          | 554              | 9.50 | -             | -             | -     | -                         | -                             | -                          | -                          |
|  |          | 5,118            | 9.43 | -             | -             | 88.30 | -                         | -                             | -                          | -                          |
|  |          | 4,442            | 4.15 | 763           | 33            | -     | 35,989                    | 120                           | -                          | -                          |

Notes :

- \* Titration method  
 \*\*\* Atomic Absorption Spectrophotometry method  
 \*1 Supernatant before mixing  
 \*2 Supernatant after mixing  
 Supernatant analysed by Atomic Absorption Spectrophotometry



ภาคผนวก จ.

คู่มือการเดินระบบโรงทดลองน้ำร้อน

### ขั้นตอนการเดินระบบโรงทดลองนำร่อง : กรณีน้ำเสียที่มีสารซัลเฟอร์ไดออกไซด์

1. เก็บรวบรวมน้ำเสียฟอกโครมจากถังปั่นฟอกโครมโดยใช้สายยางอ่อนสวมเกลียวที่ถังปั่นฟอกโครม นำน้ำเสียฟอกโครมผ่านตะแกรงหยาบตาที่ 5 มิลลิเมตร ลงสู่บ่อรวบรวมน้ำเสียฟอกโครม รอจนได้ปริมาตร 3 ลูกบาศก์เมตร (3,000 ลิตร)
2. เปิดเครื่องสูบบวกกะบังลม (สูบ 1) สูบน้ำเสียฟอกโครมไปผ่านตะแกรงละเอียด ชนิดไฮโครสกรีน ตาที่ 0.5 มิลลิเมตร น้ำเสียจะไหลผ่านลงสู่ถังบำบัดโครเมียม
3. เปิดเครื่องกวน (1) เพื่อผสมน้ำเสียให้เป็นเนื้อเดียวกัน เก็บตัวอย่างวิเคราะห์โครเมียมด้วยวิธีเทียบสีด้วยตา
4. เตรียมสารละลายแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) โดยเติมน้ำประปาลงในถังสารเคมี 300 ลิตร ถึงขีดบอกปริมาตรที่กำหนดไว้ เติม MgO 30 กิโลกรัม เปิดเครื่องกวน (3) ผสมให้เข้ากัน (ควรเตรียมไว้ข้ามคืน)
5. คำนวณปริมาณสารละลายแมกนีเซียมออกไซด์ที่ต้องเติมโดยคำนวณจากความเข้มข้นของโครเมียมออกไซด์ที่อ่านได้จากวิธีเทียบสีด้วยตา (ดูการคำนวณด้านหลัง)
6. เปิดเครื่องสูบสารเคมี (สูบ 4) เติมสารละลายแมกนีเซียมออกไซด์ ที่คำนวณไว้ลงในถังบำบัดโครเมียม เปิดเครื่องกวน(1) เพื่อกวนสารละลายและน้ำเสียให้ผสมกันเป็นเวลา 1 ชั่วโมง
7. หลังจาก 1 ชั่วโมงเก็บตัวอย่างใส่กรวยขนาด 1 ลิตร ปิดเครื่องกวน (1) ปล่องให้ตกตะกอน 1 ชั่วโมง
8. อ่านปริมาตรตะกอนในกรวยขนาด 1 ลิตรเทียบกับตะกอนในถังบำบัดโครเมียม โดยคูณด้วยปริมาตรน้ำเสีย 3 ลูกบาศก์เมตร เพื่อให้ทราบปริมาตรตะกอนที่ต้องระบายไปที่ถังละลายโครเมียม
9. เปิดเครื่องสูบบวกสกรู(สูบ 2) ระบายตะกอนจากถังบำบัดโครเมียมไปยังละลายโครเมียม
10. เตรียมกรดกำมะถัน (1+1) โดยใส่กรดซัลฟูริก 50 ลิตร เติมน้ำประปา 50 ลิตร (ควรเตรียมไว้ก่อน)
11. คำนวณกรดกำมะถันที่ต้องเติมโดยประมาณ ซึ่งได้จากโครเมียมในถังทั้งหมด คูณด้วย 3.01 (ตัวอย่างการคำนวณด้านหลัง)

12. เปิดเครื่องสูบลมกรดกำมะถัน (สูบ 3) เติมกรดกำมะถัน (1+1) ลงในถังละลายโครเมียม พร้อมกับเปิดเครื่องกวน (2) กวนเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และควบคุมพีเอชให้อยู่ระหว่าง 2.50-2.80
13. เก็บตัวอย่างน้ำที่ละลายได้วิเคราะห์หาค่าโครเมียมโดยวิธีเทียบสีด้วยตาและวัดปริมาตรน้ำที่ละลายได้
14. คำนวณปริมาณโครเมียมที่นำกลับมาได้เป็นกิโลกรัม และปริมาณโครเมียมในรูปไดอะโครมอาร์ ที่ต้องเติมเพิ่มให้ครบ 5% ของหนึ่งแ่งที่ฟอก
15. เปิดเครื่องสูบบแบบสกรู (สูบ 2) สูบสารละลายโครเมียมที่ละลายได้ใส่ถังเก็บสารละลายโครเมียม เพื่อนำไปใช้ในการฟอกโครมต่อไป
16. เปิดเครื่องสูบบแบบกะบังลม (สูบ 5) สูบสารละลายโครเมียมไปฟอกในถังปั่นฟอกโครม

#### ตัวอย่างการคำนวณ

วันที่.....

|   |                      |                         |
|---|----------------------|-------------------------|
| โครเมียมออกไซด์ ( $Cr_2O_3$ ) ที่อ่านได้จากการเทียบสี | = 1.8                | กิโลกรัม/ลบ.ม.          |
| โครเมียมในถังทั้งหมด (Cr)                             | = 1.8 x 2.052        | = 3.69 กิโลกรัมโครเมียม |
| เติมสารละลายแมกนีเซียมออกไซด์ ( $MgO$ )               | = 3.69 x 46.4        | = 171.2 ลิตร            |
| ปริมาตรตะกอนในถังบำบัดโครเมียมทั้งหมด                 | = 200 x 3.0/1000     | = 0.6 ลบ.ม.             |
| ปริมาตรตะกอนที่สูบทั้งหมด                             | = 0.6                | ลบ.ม.                   |
| เติมกรดกำมะถัน ( $H_2SO_4$ 1+1)                       | = 3.69 x 3.01        | = 11.1 ลิตร             |
| กรดกำมะถัน (1+1) ที่เติมจริง                          | = 18                 | ลิตร                    |
| โดยควบคุมพีเอชระหว่าง 2.5-2.8                         |                      |                         |
| โครเมียมที่ละลายได้จากการอ่านวิธีเทียบสี              | = 9.0                | กิโลกรัม/ลบ.ม.          |
| ปริมาตรโครเมียมที่ละลายได้                            | = 0.61               | ลบ.ม.                   |
| โครเมียมที่ละลายได้ทั้งหมด                            | = 9.0 x 0.61         | = 5.49 กิโลกรัม         |
| คิดเป็นสารฟอกโครม (Diachrome R)                       | = 5.49 x 4 ประมาณ 22 | กิโลกรัม                |
|   | ประมาณ 3/4           | ถุง                     |

ต้องเติมสารฟอกโครมเพิ่มอีก 128 กิโลกรัมเพื่อให้ได้สารฟอกโครมเป็น 5% ของต้นหนังแท้ ซึ่ง  
ฟอก 3 ตัน ( $3 \times 50 = 150$  กิโลกรัมสารฟอกโครม)

\* สารฟอกโครม (Diachrome R) 1 ถึงเท่ากับ 25 กิโลกรัม



ประวัติผู้วิจัย

นายชัชวาล จันทร์ดั่ง เกิดเมื่อวันที่ 28 สิงหาคม 2511 จบชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย  
ปีการศึกษา 2529 จากโรงเรียนอุตรดิตถ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ และในปีการศึกษา 2532 ได้  
สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (สภาวะแวดล้อม) คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ แล้วเข้าศึกษาต่อในระดับมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2534