



การรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดให้มีการสัมภาษณ์ขั้นต้น เพื่อทราบข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับน้ำเสีย จากการวิเคราะห์ค่าซีโอดีในเขตกรุงเทพมหานคร โดยจะนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการวิเคราะห์การจัดตั้งศูนย์บำบัดน้ำเสีย โดยจัดทำเป็นกรณีศึกษา และกำหนดให้จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นศูนย์บำบัดน้ำเสีย

แบบสัมภาษณ์ที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล แสดงในภาคผนวก ข.1

ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ขั้นต้นนี้ ได้นำมาพิจารณาตามหัวข้อ ดังต่อไปนี้

1. จำนวนและที่ตั้งของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนและที่ตั้งของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ได้นำมาจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจะต้องไปยื่นทะเบียนเพื่อรับใบอนุญาตประกอบกิจการ ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพน้ำที่ทำการสัมภาษณ์ ประกอบด้วยหน่วยงานราชการ 7 แห่ง และหน่วยงานเอกชน 13 แห่ง โดยมีระยะทางระหว่างห้องปฏิบัติการกับจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยต่างกัน โดยมีรายชื่อดังแสดงในตารางที่ 5.1

ที่ตั้งของห้องปฏิบัติการ แสดงในภาคผนวก ข.

2. วิธีการในการวิเคราะห์ค่าซีโอดีและปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้น

มาตรฐานของวิธีการในการวิเคราะห์ซีโอดีของห้องปฏิบัติการทุกแห่งที่ทำการสัมภาษณ์เป็นไปตาม Standard Method โดยวิธีการวิเคราะห์ค่าซีโอดีแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ

1. open dichromate reflux
2. close dichromate reflux

วิธีการในการวิเคราะห์ซีโอดีของแต่ละห้องปฏิบัติการแสดงได้ดังตาราง 5.1

ตาราง 5.2 วิธีการในการวิเคราะห์ค่าซีโอดีของแต่ละห้องปฏิบัติการ

ห้องปฏิบัติการ	วิธีการวิเคราะห์ COD ตาม Standard Method	
	Close reflux	Open reflux
Quality	/	
C.A.L	/	
San E.68	/	
S.G.S	/	
S.P.S	/	
Watertest	/	
Test tec		/
MT & T		/
SEATEC		/
Nisshin		/
Senier		/
I.Q.A		/
U.A.E		/
TISTR		/
ส.วิจัย		/
สวต.		/
จุฬา		/
กรมวิทย์		/
มหิดล		/
กรมอนามัย		/
รวม	6	14

ในปัจจุบันได้มีการวิเคราะห์ไอดี โดยใช้วิธี open dichromate reflux กันมากโดยพบว่ามีห้องปฏิบัติการจำนวน 14 แห่ง จากทั้งหมด 20 แห่ง ที่ใช้วิธีการวิเคราะห์วิธีนี้ ซึ่งคิดเป็น 70 % ส่วนวิธี close dichromate reflux พบว่ามีการวิเคราะห์ค่าไอดีโดยวิธีนี้จำนวน 6 แห่ง ซึ่งคิดเป็น 30 % ส่วนวิธี permanganate นั้น ในปัจจุบันไม่นิยมใช้วิธีนี้ในการวิเคราะห์ค่าไอดีแล้ว นอกจากบางห้องปฏิบัติการที่นำวิธีนี้มาใช้ในบางครั้ง

วิธี open dichromate reflux ได้มีการใช้อย่างแพร่หลายในห้องปฏิบัติการของทางราชการ ส่วนวิธี close dichromate reflux ได้มีการนำมาใช้ในห้องปฏิบัติการของเอกชน เนื่องจากวิธีนี้ปริมาณน้ำและสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ค่าไอดีน้อย และสามารถทดลองได้หลายตัวอย่างต่อการทดลองหนึ่งครั้ง

2.1 วิธี close dichromate reflux

ห้องปฏิบัติการที่ทำการวิเคราะห์ค่าไอดีโดยวิธีนี้มีทั้งหมด 6 แห่ง ปริมาณน้ำเสียที่เกิดของแต่ละห้องปฏิบัติการ ตั้งแต่ปี 2533 ถึงปี 2536 แสดงดังตารางที่ 5.2 ส่วนข้อมูลก่อนปี 2534 ของแต่ละห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่ไม่มีการจดบันทึกไว้แน่นอน จึงไม่ได้นำมาแสดงไว้

ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นแต่ละห้องปฏิบัติการ ขึ้นอยู่กับ

2.1.1 จำนวนตัวอย่างในการวิเคราะห์ต่อเดือนซึ่งจากการสัมภาษณ์พบว่า จำนวนน้ำตัวอย่างในการวิเคราะห์ต่อเดือนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนข้อมูลในปี 2537 ได้จากการสัมภาษณ์โดยประมาณการเพิ่มของจำนวนตัวอย่างที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้นของแต่ละห้องปฏิบัติการ โดยการเพิ่มขึ้นของจำนวนตัวอย่างในการวิเคราะห์ต่อเดือนประมาณ 20% นอกจากบางห้องปฏิบัติการที่รับงานวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากบริษัทเอกชนที่นำน้ำมาวิเคราะห์ประจำ โดยไม่ได้รับวิเคราะห์คุณภาพน้ำจากแห่งอื่นอีก

2.1.2 ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นต่อหนึ่งตัวอย่าง ซึ่งเป็นค่ารวมของปริมาณน้ำที่เหลือหลังจากการทดลอง และปริมาณน้ำที่ใช้ในการล้างภาชนะที่บรรจุน้ำเสียอยู่ โดยทั่วไป น้ำเสียที่เหลือหลังจากการทดลองมีประมาณ 30 มิลลิลิตร เมื่อรวมกับน้ำที่ใช้ในการชะล้างจะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 183.3 มิลลิลิตร

ปริมาณน้ำเสียเฉลี่ยต่อเดือนที่เกิดขึ้นของแต่ละห้องปฏิบัติการในแต่ละปี จึงหาได้จากผลคูณจำนวนตัวอย่างต่อเดือนกับปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นทั้งหมดต่อหนึ่งตัวอย่าง

ตาราง 5.3 ปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากการวิเคราะห์โดยวิธี close dichromate reflux

ห้องปฏิบัติการ	จำนวนตัวอย่างเฉลี่ยต่อเดือน					ปริมาณน้ำเสียทั้งหมด ต่อ 1 ตัวอย่าง (มล./คย.)	ปริมาณน้ำเสียเฉลี่ยต่อ 1 ตัวอย่าง (มล./คย.)	ปริมาณน้ำเสียรวม (ลิตร/เดือน)				
	ปี33	ปี34	ปี35	ปี36	ปี37			ปี33	ปี34	ปี35	ปี36	ปี37
1. Quality	-	5	10	10	12	150	183.3	-	0.9	1.8	1.8	2.2
2. C.A.L.	-	-	10	10	12	200	183.3	-	-	1.8	1.8	2.2
3. San E.68	-	18	20	25	30	200	183.3	-	3.3	3.6	4.6	5.5
4. S.G.S.	18	20	25	30	35	150	183.3	3.3	3.6	4.6	5.5	6.4
5. S.P.S.	10	20	20	20	20	200	183.3	1.8	3.6	3.6	3.6	3.6
6. Watertest	-	-	60	200	240	200	183.3	-	-	11.0	36.6	44.0
ปริมาณน้ำเสียรวม								5.1	11.4	26.4	53.9	63.9

ศูนย์วิจัยทรัพยากรน้ำ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 วิธี open dichromate reflux

ห้องปฏิบัติการที่ทำการวิเคราะห์ค่าซีโอดีโดยวิธีนี้มีทั้งหมด 14 แห่ง ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นของแต่ละห้องปฏิบัติการ ตั้งแต่ปี 2533 ถึงปี 2536 แสดงดังตารางที่ 5.3 ส่วนข้อมูลก่อนปี 2533 ของแต่ละห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่ไม่มีการจดบันทึกไว้แน่นอน จึงไม่ได้นำมาแสดงไว้

ปริมาณน้ำเสียของแต่ละห้องปฏิบัติการ ขึ้นอยู่กับ

2.2.1 จำนวนตัวอย่างน้ำในการวิเคราะห์หาค่าเค็มน จากการศึกษาพบว่าหน่วยงานของราชการมีจำนวนตัวอย่างในการวิเคราะห์หาค่าเค็มนมากกว่าหน่วยงานเอกชนเนื่องจากโครงการของหน่วยงานรัฐบาลต่างๆมีมาก ส่วนงานของเอกชนจะเป็นตัวอย่างน้ำจากโรงงานและงานที่บริษัทรับผิดชอบอยู่ ปริมาณน้ำเสียที่คาดว่าจะเพิ่มขึ้นของแต่ละห้องปฏิบัติการในปี 2537 คิดเป็น 20% ของปริมาณน้ำเสียที่มีอยู่ในปัจจุบัน

2.2.2 ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นต่อหนึ่งตัวอย่างโดยทั่วไปปริมาณน้ำที่เหลือหลังจากการทดลองประมาณ 170 มิลลิลิตร และเมื่อรวมกับน้ำที่ชะล้างอุปกรณ์ที่บรรจุน้ำเสีย จะมีค่าประมาณ 300-400 มิลลิลิตรต่อหนึ่งตัวอย่าง

ปริมาณน้ำเสียรวมของแต่ละห้องปฏิบัติการ โดยใช้การวิเคราะห์โดยวิธี open dichromate reflux ในแต่ละเดือน แสดงในตารางที่ 5.3

ปริมาณน้ำเสียรวมของทุกห้องปฏิบัติการ (ทั้งห้องปฏิบัติการที่วิเคราะห์ค่าซีโอดีโดยวิธี close dichromate reflux และ open dichromate reflux) ในแต่ละเดือน ตั้งแต่ปี 2533-2537 แสดงในตารางที่ 5.4 โดยมีปริมาณน้ำเสียในปัจจุบัน 470.4 ลิตร/เดือน

3. การพยากรณ์ปริมาณน้ำเสียในอนาคต

จากปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นตั้งแต่ปี 2533-2536 ดังแสดงในตารางที่ 5.4 พบว่าปริมาณน้ำเสียเพิ่มขึ้นทุกปี ปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณน้ำเสียที่เพิ่มขึ้นมาจากการเปิดดำเนินการของห้องปฏิบัติการซึ่งพบว่าห้องปฏิบัติการเอกชนที่เปิดดำเนินการในปี 2529 มีจำนวน 4 แห่ง เปิดดำเนินการในปี 2533 จำนวน 3 แห่ง (ซึ่งเปิดหลายปีเป็นส่วนมาก) เปิดดำเนินการในปี 2534 จำนวน 4 แห่ง และ ปี 2535 จำนวน 2 แห่ง ข้อมูลของน้ำเสียก่อนปี 2533 พบว่าห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่ไม่ได้ทำการบันทึกไว้ ข้อมูลที่ได้มาจึงเป็นข้อมูลตั้งแต่ปี 2533 เป็นต้นมา

ตาราง 5.4 ปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากการวิเคราะห์โดยวิธี open dichromate reflux

ห้องปฏิบัติการ	จำนวนตัวอย่าง/เดือน [*]					ปริมาณน้ำเสีย ทั้งหมด ต่อ 1 ตัวอย่าง [*] (มล./ตย.)	ปริมาณน้ำเสีย เฉลี่ยต่อ 1 ตัวอย่าง (มล./ตย.)	ปริมาณน้ำเสียรวม [*] (ลิตร/เดือน)				
	ปี33	ปี34	ปี35	ปี36	ปี37			ปี33	ปี34	ปี35	ปี36	ปี37
1. Test tec	20	34	47	50	60	300	321.4	6.4	10.9	15.1	16.1	19.3
2. HT & T	-	100	95	30	36	300	321.4	-	32.1	30.5	9.6	11.6
3. SEATEC	15	17	18	20	24	400	321.4	4.8	5.5	5.8	6.4	7.7
4. Nisshin	40	50	35	35	42	300	321.4	12.8	16.0	11.2	11.2	13.5
5. Senier	-	20	22	22	25	400	321.4	-	6.4	7.0	7.0	8.0
6. I.Q.A.	30	35	40	54	65	300	321.4	9.6	11.2	12.8	17.3	20.9
7. U.A.E.	-	28	30	50	70	300	321.4	-	9.0	9.6	16.0	22.5
8. TISTR	150	180	190	200	260	300	321.4	48.2	57.8	61.1	64.3	83.5
9. ส.วิจัย	180	200	200	200	240	300	321.4	57.8	64.2	64.2	64.2	77.1
10. สวล.	50	60	66	70	84	300	321.4	16.0	19.3	21.2	22.5	27.0
11. จุฬา	18.1	19	28	31.7	38	300	321.4	5.8	6.1	9.0	10.2	12.2
12. กรมวิทย์	80	100	100	150	225	300	321.4	25.7	32.1	32.1	48.2	72.3
13. มหิดล	40	45	50	50	60	400	321.4	12.8	14.4	16.1	16.1	19.3
14. กรมอนามัย	20	27	28	30	36	300	321.4	6.4	8.7	9.0	9.6	11.6
ปริมาณน้ำเสียรวม								206.3	293.7	304.7	318.7	406.5

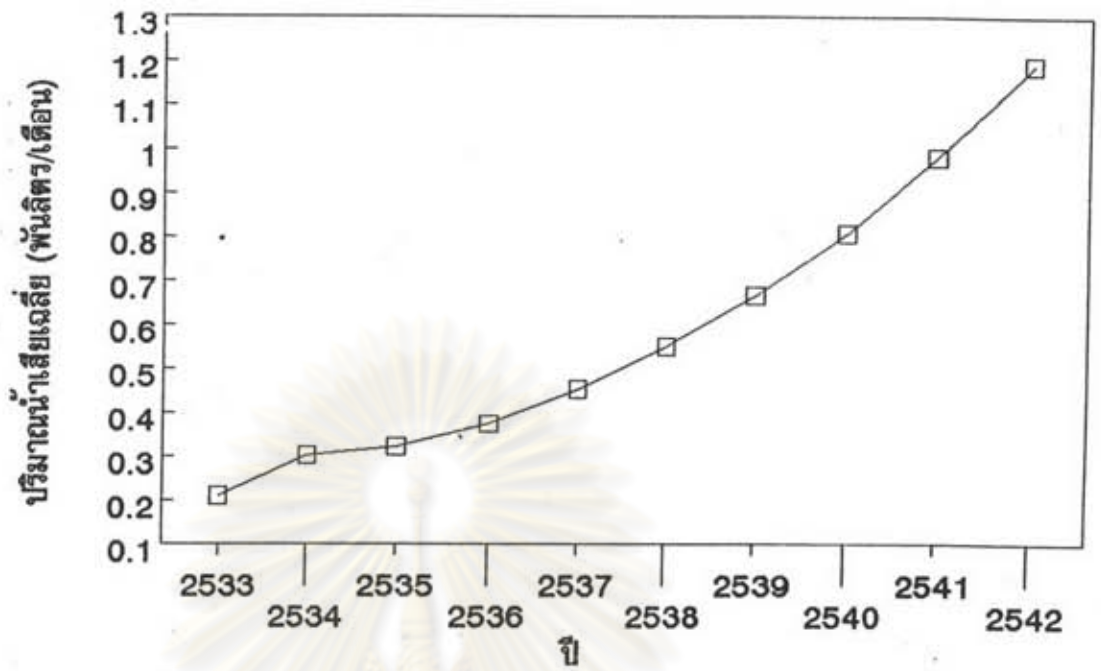
ตาราง 5.5 แสดงน้ำเสียน้ำที่เกิดขึ้นของห้องปฏิบัติการในแต่ละเดือนตั้งแต่ปี 2533-2536

ปี	น้ำเสียจากวิธีที่วิเคราะห์ค่าซีไอดี (ลิตร/เดือน)		น้ำเสียรวม (ลิตร/เดือน)	น้ำเสียทั้งหมด ต่อปี (ลิตร)
	close reflux	open reflux		
2533	5.1	206.3	211.4	2536.8
2534	11.4	293.7	305.1	3661.2
2535	26.4	304.7	331.1	3973.2
2536	53.9	318.7	372.6	4471.3
2537	63.9	406.5	470.4	5644.8

ปริมาณน้ำเสียในปี 2534 ยังคงไม่มาก เนื่องจากห้องปฏิบัติการบางแห่งเริ่มเปิดดำเนินการ จึงไม่สามารถรับตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์ได้อย่างเต็มที่ รวมทั้งโครงการภาครัฐบาลยังคงมีไม่มากนัก ปริมาณน้ำที่นำมาวิเคราะห์จึงมีไม่มาก เมื่อเทียบกับปีต่อมา

ส่วนในปี 2535-2536 พบว่าปริมาณน้ำเสียมีมากขึ้น เนื่องจากโครงการภาครัฐบาลมีมากขึ้น รวมทั้งกฎหมายด้านควบคุมการปล่อยน้ำเสียจากโรงงานได้เข้มงวดขึ้น ปริมาณน้ำเสียจึงมากตามไปด้วย

ในปี 2537 และปีต่อไป การประมาณปริมาณน้ำเสียของแต่ละห้องปฏิบัติการพบว่าปริมาณน้ำเสียจะเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 20% เนื่องจากโครงการภาครัฐบาลทั้งโครงการต่อเนื่องและโครงการใหม่มีมาก รวมทั้งกฎหมายด้านสภาวะแวดล้อมเข้มงวดกว่าเดิม โดยในระยะปลายปี 2536 นี้ห้องปฏิบัติการหลายแห่งพบว่า โรงงานได้มีการส่งน้ำมาวิเคราะห์เป็นจำนวนมากขึ้นจากเดิม



รูปที่ 5.1) แสดงแนวโน้มในการเพิ่มปริมาณน้ำเสียในอนาคต

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 แสดงรายชื่อห้องปฏิบัติการและอักษรย่อของห้องปฏิบัติการ

หน่วยงาน	ระยะทาง ไปสนามบิน (กม.)	อักษรย่อ
1.บ. ควบคุม คุณภาพ แอนด์ วัสดุ จก.	23	Quality
2.บ. คอนกรีตคาน้ำ พื้นคอนกรีต แล็บ จก.	8	C.A.L.
3.บ. แซนอี 68 คอนกรีตคาน้ำ เอนจินีเยอร์ จก.	27	San E.68
4.บ. เอสจีเอส ประเทศไทย จก.	31	S.G.S.
5.บ. เอสพีเอส คอนกรีตคาน้ำ เซอร์วิส จก.	28	S.P.S.
6.บ. วอเตอร์เทสต์ จก.	35	Watertest
7.บ. เทสต์เทค จก.	3	Test tec
8.บ. โมเดิร์น ทวิค แอนด์ เทค จก.	15	MT & T
9.บ. ซีเทค จก.	31	SEATEC
10.บ. นิชชิน เอนจินีเยอร์ไทยแลนด์ จก.	18	Nisshin
11.บ. ซีเนียร์ เทคโนโลยี จก.	28	Senier
12.บ. อินเตอร์เนชันแนล ควบคุมคุณภาพข้าววันส์ แลบบอราทอรี จก.	35	I.Q.A.
13. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แห่งประเทศไทย	30	T ISTR
14. สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม	18	ส.วิจัย
15. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	24	ผวล.
16. คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	18	จุฬา
17. กรมวิทยาศาสตร์บริการ	22	กรมวิทย์

การพยากรณ์ปริมาณน้ำเสียจะทำการพยากรณ์จนถึงปี 2542 โดยใช้ข้อมูลปี 2533 ถึงปี 2536 เป็นข้อมูลพื้นฐาน โดยใช้วิธีพยากรณ์แบบอัตราการเพิ่มแบบต่อเนื่อง (exponential rate of growth) เนื่องจากปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี

$$\text{สมการที่ใช้} \quad P_n = P_0 e^{rn}$$

$$\text{โดย} \quad P_n = \text{ปริมาณน้ำเสียในปี 2536} = 372.6 \text{ ลิตร}$$

$$P_0 = \text{ปริมาณน้ำเสียในปี 2533} = 211.4 \text{ ลิตร}$$

$$n = \text{จำนวนปีระหว่างปีเริ่มต้นและปีสุดท้าย} = 3$$

อัตราการเพิ่มของน้ำเสียที่ได้ = 0.19 ต่อปี หรือ 19.0 % ต่อปี เมื่อเทียบกับอัตราการเพิ่มของน้ำเสียที่ได้จากการสัมภาษณ์ ซึ่งมีค่า 20 % ต่อปี เห็นได้ว่ามีค่าใกล้เคียงกัน

ปริมาณน้ำเสียจากการพยากรณ์ช่วงปี 2537 - 2542 แสดงดังตารางที่ 5.5

กราฟแสดงแนวโน้มในการเพิ่มปริมาณน้ำเสียแสดงในรูปที่ 5.1

ตารางที่ 5.6 แสดงปริมาณน้ำเสียจากการพยากรณ์ปี 2537 - 2542

ปี	ปริมาณน้ำเสีย จากการสัมภาษณ์ (ลิตร/เดือน)	ปริมาณน้ำเสีย จากการพยากรณ์ (ลิตร/เดือน)
2533	211.4	-
2534	305.1	-
2535	331.1	-
2536	372.6	-
2537	470.4	452.0
2538	-	546.6
2539	-	661.0
2540	-	799.3
2541	-	966.5
2542	-	1168.8

4. การยอมรับในการบำบัดน้ำเสีย

จากการสัมภาษณ์พบว่า ผู้ที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับห้องปฏิบัติการได้แก่ ผู้ควบคุมห้องปฏิบัติการ ผู้ดำเนินการ ผู้ปฏิบัติงานทดลอง ของห้องปฏิบัติการทุกแห่ง เห็นด้วยที่จะให้มีการบำบัดน้ำเสียจากการวิเคราะห์ค่าซีโอดี เนื่องจากในน้ำเสียนั้นมีโลหะหนักเจือปนอยู่และมีความเป็นพิษสูง พร้อมกับให้ข้อเสนอแนะต่างๆ สรุปได้ดังนี้

4.1 เสนอให้มีการนำกลับของโลหะหนัก เมอร์คิวรี, โครเมียม และซิลเวอร์ เพื่อนำมาใช้ใหม่

4.2 เสนอให้มีการบำบัดน้ำเสียทั้งหมดที่มาจากห้องปฏิบัติการ

4.3 เสนอให้มีการจัดระบบการเก็บรวบรวมน้ำเสียของแต่ละห้องปฏิบัติการโดยแยกเป็นประเภทต่างๆ คือ waste organic, waste inorganic และ heavy metal (toxic) เพื่อนำไปบำบัด

4.4 เสนอให้หน่วยงานราชการ หรือ บริษัทเอกชน มีการเตรียม reagent ใช้ในการวิเคราะห์ค่าทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ ในลักษณะของผลิตภัณฑ์บรรจุหีบห่อ (package) โดยจำหน่ายให้ห้องปฏิบัติการ หลังจากใช้ reagent หมดแล้ว ให้บรรจุ waste ที่ได้จากการทดลองลงในภาชนะที่เคยใช้บรรจุ reagent นั้น กลับไปยังหน่วยงานหรือบริษัทที่ทำการจำหน่าย reagent เพื่อนำไปบำบัดต่อไป โดยการดำเนินงานนี้เพื่อรวบรวมของเสียให้ถูกรวมที่ใดที่หนึ่งก่อน ทำให้สะดวกกับการบำบัด

4.5 มีการเสนอให้หน่วยงานราชการหรือ ศูนย์กำจัดกากแสมค่า เข้ามาดำเนินการในการที่จะบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากห้องปฏิบัติการ

4.6 มีการเสนอให้มีการตรวจวิเคราะห์ค่าซีโอดีโดยวิธี close dichromate reflux ให้มากขึ้น เพื่อลดปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียให้น้อยลง โดยให้หน่วยงานราชการเป็นผู้ริเริ่มก่อน

4.7 มีการเสนอให้ใช้เทคนิคในการวิเคราะห์ค่าซีโอดี โดยใช้ซิลเวอร์ (Ag) แทนการใช้เมอร์คิวรี (Hg) เพื่อป้องกันการรั่วซวาทดลองของคลอไรด์ ในน้ำที่คาดว่ามีความเข้มข้นคลอไรด์น้อย

5. การรวบรวมน้ำเสีย

ในการรวบรวมน้ำเสียมาบำบัดที่ศูนย์ พบว่าแต่ละห้องปฏิบัติการได้เสนอช่วงเวลาในการเก็บรวบรวมน้ำเสียเพื่อให้ศูนย์บำบัดน้ำเสียมารับน้ำเสียไปบำบัด ซึ่งทำให้ศูนย์บำบัดน้ำเสียมีปริมาณน้ำเสียในแต่ละเดือนที่แตกต่างกันไป ช่วงเวลาในการรับน้ำเสียของแต่ละห้องปฏิบัติการ แบ่งได้เป็น 3 กรณี ดังนี้

5.1 การรับน้ำเสียทุกเดือน

กรณีนี้ ห้องปฏิบัติการนั้นมีน้ำเสียในปริมาณที่มากพอ และอยู่ไม่ไกลจากศูนย์บำบัดน้ำเสีย ซึ่งในการศึกษานี้ศูนย์บำบัดน้ำเสียตั้งอยู่ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยห้องปฏิบัติการที่เสนอให้ทางศูนย์ฯ มารับน้ำเสียจากการวิเคราะห์ค่าซีโอดีทุกเดือนมีจำนวน 6 แห่ง นอกจากนี้มีห้องปฏิบัติการบางแห่งไม่มีสถานที่ในการเก็บน้ำเสียเพียงพอ ทางศูนย์ฯ จึงต้องรับน้ำเสียส่วนนี้ทุกเดือน ห้องปฏิบัติการดังกล่าวนี้มีจำนวน 1 แห่ง

5.2 การรับน้ำเสียทุก 3 เดือน

ห้องปฏิบัติการหลายแห่ง ได้ใช้วิธีการในการวิเคราะห์ค่าซีโอดีเป็นแบบ close dichromate reflux ปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือนจึงมีน้อย การให้ศูนย์ฯ ไปรับน้ำเสียทุกเดือนจึงไม่เหมาะสม ทางห้องปฏิบัติการจึงให้มีการรับน้ำเสียทุก 3 เดือน ซึ่งห้องปฏิบัติการบางแห่งที่อยู่ไกลจากศูนย์บำบัดน้ำเสียมาก เช่น บริษัท Test Tec จำกัด ซึ่งตั้งอยู่บริเวณถนนชนบุรี-ปากท่อ ได้เสนอให้มารับน้ำเสียทุก 3 เดือนเช่นกัน

5.3 การรับน้ำเสียทุก 6 เดือน

ห้องปฏิบัติการบางแห่งมีการวิเคราะห์ซีโอดีน้อยมาก การรับน้ำเสียทุกเดือนหรือ ทุก 3 เดือน จึงไม่เหมาะสมเนื่องจากน้ำเสียมีปริมาณน้อยเกินไป การรับน้ำเสียทุก 6 เดือนจึงเหมาะสมกว่า ห้องปฏิบัติการดังกล่าวมีจำนวน 3 แห่ง คือ บริษัท คอนซิลแลนต์ เซ็นเตอร์ แอนด์ แล็บ จำกัด , บริษัท ควอลิตี้ แอนด์ รีเสิร์ช จำกัด และ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เวลาในการรับน้ำเสียจากแต่ละห้องปฏิบัติการมายังศูนย์บำบัดน้ำเสีย แสดงในตารางที่ 5.6

จากการสัมภาษณ์พบว่าห้องปฏิบัติการ 3 แห่ง ได้มีระบบบำบัดน้ำเสียในการบำบัดน้ำส่วนนี้ จึงไม่มีการส่งน้ำเสียมาบำบัด ได้แก่ บริษัท ยูไนเต็คแอนทาลิสต์แอนด์เอ็นจิเนียริง คอนซิลแลนต์ จำกัด, กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข และคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ตารางที่ 5.7 แสดงเวลาในการรับน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการแต่ละแห่ง

ห้องปฏิบัติการ	เวลาในการรับน้ำเสีย		
	ทุกเดือน	ทุก 3 เดือน	ทุก 6 เดือน
1. Quality			/
2. C.A.L.			/
3. San E.68		/	
4. S.G.S.		/	
5. S.P.S.		/	
6. Watertest	/		
7. Test tec		/	
8. MT & T		/	
9. SEATEC		/	
10. Nisshin	/		
11. Senior		/	
12. I.Q.A.		/	
13. T ISTR	/		
14. ส.วิจัย	/		
15. สวล.	/		
16. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย			/
17. กรมวิทย์	/		

6. ค่าใช้จ่ายในการบำบัด

จากการสัมภาษณ์พบว่า อัตราค่าใช้จ่ายที่ยอมรับได้ ของแต่ละห้องปฏิบัติการโดยคร่าวๆแล้ว พบว่า ถ้ารวมค่าใช้จ่ายในการบำบัดทั้งหมด ได้แก่ ค่าบำบัดน้ำเสีย ค่ากำจัดตะกอน และค่าขนส่งน้ำเสีย ควรอยู่ในช่วง 5 - 10 % ของราคาวิเคราะห์ไฮโดรคัล 1 ตัวอย่าง โดย มีรายละเอียดของราคาวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 5.7 และค่าบำบัดค่อน้ำเสีย 1 ลิตร ในตารางที่ 5.8



ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.8 แสดงราคาค่าวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการ

ห้องปฏิบัติการ	ราคาค่าวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการ				
	200 บ.	250 บ.	300 บ.	350 บ.	400 บ.
1. Quality				/	
2. C.A.L.	/				
3. San E.68		/			
4. S.G.S.					/
5. S.P.S.	/				
6. Watertest			/		
7. Test tec	/				
8. MT & T				/	
9. SEATEC					/
10. Nisshin	/				
11. Senier	/				
12. I.Q.A.	/				
13. TISTR	/				
14. ศ.วิจัย		/			
15. สวล. *	/				
16. จุฬา		/			
17. กรมวิทย์	/				

ตารางที่ 5.9 อัตราค่าบำบัดน้ำเสียของแต่ละห้องปฏิบัติการยอมรับ โดยคิดเป็นบาทค่อน้ำเสีย

1 ลิตร

ห้องปฏิบัติการ	ปริมาณน้ำเสีย ต่อ 1 ตัวอย่าง (มล.)	ค่าวิเคราะห์ ต่อ 1 ตัวอย่าง (บาท)	ค่าวิเคราะห์ ค่อน้ำเสีย 1ล. (บาท/ลิตร)	อัตรา ค่าใช้จ่าย (%)	ค่าบำบัด ค่อน้ำเสีย (บาท/ลิตร)	ค่าบำบัด ต่อตัวอย่าง (บาท)
1. Quality	183.3	350	1,909	5	95.4	17.5
2. C.A.L.	183.3	200	1,091	5	54.5	10.0
3. San E.68	183.3	250	1,364	5	68.2	12.5
4. S.G.S.	183.3	400	2,182	5	109.1	20.0
5. S.P.S.	183.3	200	1,091	5	54.5	10.0
6. Watertest	183.3	300	1,636	5	81.8	15.0
7. Test tec	321.4	200	622	5	31.1	10.0
8. MT & T	321.4	350	1,088	5	54.4	17.5
9. SEATEC	321.4	400	1,244	5	62.2	20.0
10. Nisshin	321.4	200	622	5	31.1	10.0
11. Senior	321.4	200	622	5	31.1	10.0
12. I.Q.A.	321.4	200	622	5	31.1	10.0
13. TISTR	321.4	200	622	5	31.1	10.0
14. ส.วิจัย	321.4	250	777	5	38.8	12.5
15. สวล.	321.4	200	622	5	31.1	10.0
16. จุฬา	321.4	250	777	5	38.8	12.5
17. กรมวิทย์	321.4	200	622	5	31.1	10.0
เฉลี่ย	321.4	256	1,030	5	51.5	13.5

การทดลองในห้องปฏิบัติการ



1. การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำเสียซีโอดี

ในการศึกษาการตกตะกอนโลหะหนักจากน้ำเสียซีโอดีนี้ ผู้วิจัยได้นำน้ำเสียมาจากห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ 3 แห่ง คือ ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และ สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แห่งประเทศไทย โดยนำน้ำเสียทั้ง 3 แห่งมาผสมกัน เพื่อให้มีลักษณะสมบัติเดียวกัน รูปที่ 5.5 แสดงลักษณะน้ำเสียซีโอดี

ค่าพีเอชของน้ำเสียมีค่า 1.1 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำมาก เนื่องจากในการทดลองซีโอดีมีการใช้กรดซัลฟิวริกในการทำปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดการออกซิไดส์สารอินทรีย์ในน้ำ ปริมาณของแข็งในน้ำเสีย ส่วนใหญ่เป็นของแข็งละลายซึ่งหมายถึงปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์หาค่าซีโอดี ส่วนที่เหลือเป็นของแข็งแขวนลอย เมื่อเทียบกับปริมาณของแข็งละลาย พบว่าของแข็งแขวนลอยมีค่าน้อยมาก ค่าของแข็งทั้งหมดเป็น 314,212.7 มก./ล. ของแข็งละลาย 314,194.7 มก./ล. คิดเป็น 99.8 % และ ของแข็งแขวนลอยเป็น 18 มก./ล. คิดเป็น 0.2 %

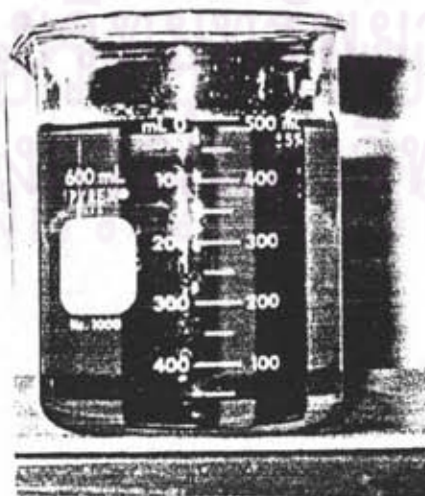
โลหะหนักในน้ำเสียประกอบด้วย เมอร์คิวรี ซิลเวอร์ และ โครเมียม พบว่าค่าเฉลี่ยเมอร์คิวรีทั้งหมด 1,803.7 มก./ล. ค่าเฉลี่ยซิลเวอร์ทั้งหมด 1,150 มก./ล. ค่าเฉลี่ยโครเมียม 700 มก./ล. และเหล็ก 670 มก./ล. ซึ่งโลหะหนักเหล่านี้มาจากสารเคมีที่ใช้ในการหาค่าซีโอดี ได้แก่ เมอร์คิวรีมาจากเมอร์คิวรีซัลเฟต ซิลเวอร์มาจากซิลเวอร์ซัลเฟต โครเมียมมาจากโปตัสเซียมไดโครเมต และ เหล็กมาจากเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต จากค่าโลหะหนักดังกล่าวจะเห็นได้ว่าในน้ำเสียซีโอดีมีโลหะหนักอยู่ในปริมาณที่มาก

นอกจากนี้พบว่า ค่าเฉลี่ยของสารอินทรีย์ดังนี้ โปตัสเซียม 190 มก./ล. ค่าแอมโมเนียม 72 มก./ล. และซัลเฟต 310,000 มก./ล. ค่าต่างๆของลักษณะสมบัติน้ำเสียซีโอดี แสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.10 ลักษณะสมบัติของน้ำเสียซีไอดี

ลักษณะสมบัติ	ค่าที่วัดได้ (มก./ล.)				ค่าทาง ทฤษฎี (มก./ล.)
	1	2	3	ค่าเฉลี่ย	
ของแข็งทั้งหมด	301,864	307,031	334,906	314,212.7	346,337
ของแข็งละลาย	301,844	307,023	334,890	314,194.7	346,319
ของแข็งแขวนลอย	20	18	16	18	18
เมอร์คิวรี	1,810	1,804	1,797.1	1,803.7	1,920
ซิลเวอร์	1,150	1,152	1,148	1,150	1,300
โครเมียม	675	710	715	700	309
เหล็ก	653	690	667	670	670
โบดิสเซียม	193	187	190	190	190
ซีลีเนียม	297,300	302,405	330,295	310,000	341,500
แอมโมเนียม	63	75	78	72	430

Assumes 140 mL final volume.



ภาพที่ 5.1 แสดงลักษณะน้ำเสียซีไอดี

2. การทดสอบหาปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมในการตกตะกอนผลึกซิลเวอร์

สารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอนผลึกซิลเวอร์ได้แก่โซเดียมคลอไรด์ ปริมาณที่ใช้คิดเป็นจำนวนเท่าของค่าความต้องการทางทฤษฎี คือ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เท่า โดยมีค่าความต้องการโซเดียมคลอไรด์ทางทฤษฎีเป็น 0.054 มล./ซิลเวอร์ 1 กรัม จากผลการทดสอบพบว่า ค่าซิลเวอร์ในตะกอนเป็น 232.47, 456.33, 614.06, 687.23, 596.16 และ 423.51 มก./ก. และค่าเมอร์คิวรีในตะกอนเป็น 178.46, 205.79, 213.67, 325.94, 400.52 และ 514.32 มก./ก. แสดงในรูปที่ 5.3

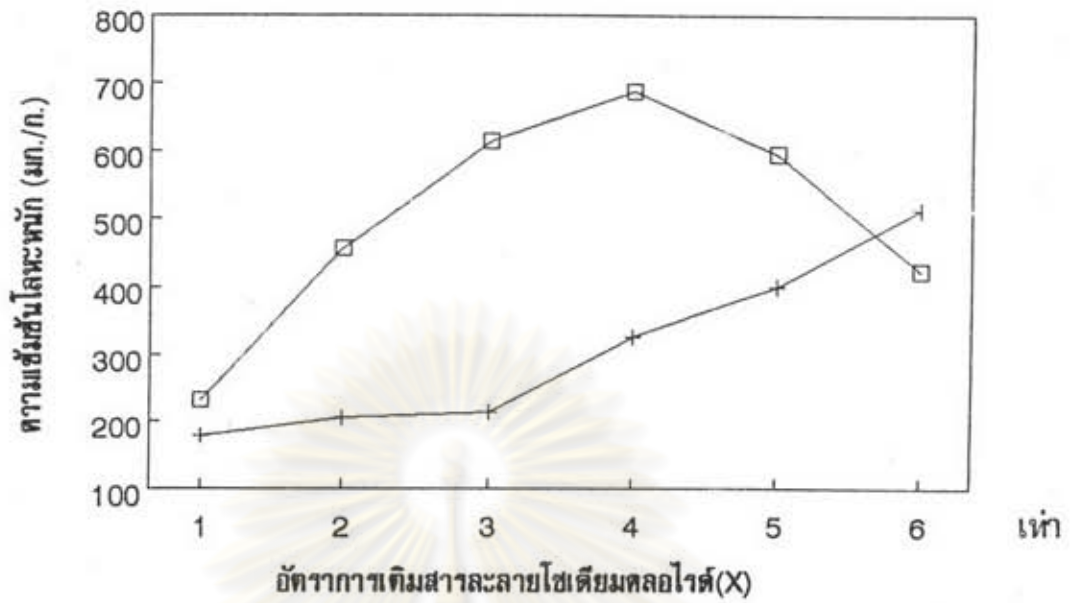
ในการใช้โซเดียมคลอไรด์เป็นสารสร้างตะกอนผลึกทำให้เกิดการตกตะกอนผลึกของเมอร์คิวรีด้วย ทำให้ตะกอนผลึกที่ได้ประกอบด้วยซิลเวอร์คลอไรด์ และเมอร์คิวรีคลอไรด์ ซึ่งมีลักษณะเป็นตะกอนผลึกสีขาวเหมือนกันปนกันอยู่ การตกตะกอนผลึกของเมอร์คิวรีนี้ เนื่องจากค่าความสามารถในการละลายของซิลเวอร์คลอไรด์มากกว่าเมอร์คิวรีคลอไรด์คือ 1.56×10^{-10} และ 2×10^{-8} ตามลำดับ นั่นคือ เมอร์คิวรีคลอไรด์สามารถตกตะกอนได้ดีกว่าซิลเวอร์คลอไรด์ แต่เมื่อคำนวณสารชนิดใดตกตะกอนก่อนพบว่า ซิลเวอร์ตกตะกอนเมื่อมีคลอไรด์ 1.46×10^{-8} โมล ส่วนเมอร์คิวรีตกตะกอนเมื่อมีคลอไรด์ 2.106×10^{-8} ซึ่งแสดงว่า ซิลเวอร์จะตกตะกอนก่อนระยะหนึ่ง เมอร์คิวรีจึงตกตะกอนลงมา

ในการตกตะกอนผลึกของซิลเวอร์พบว่า ในช่วงแรกการตกตะกอนผลึกของซิลเวอร์แปรผันตามปริมาณโซเดียมคลอไรด์ที่เติม จนถึงค่าหนึ่ง (เติมโซเดียมคลอไรด์เป็น 4 เท่า) การตกตะกอนผลึกของซิลเวอร์จะลดลง ส่วนการตกตะกอนผลึกของเมอร์คิวรีคลอไรด์ พบว่าแปรผันตามปริมาณโซเดียมคลอไรด์ที่เติม คือมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณโซเดียมคลอไรด์ที่เพิ่ม

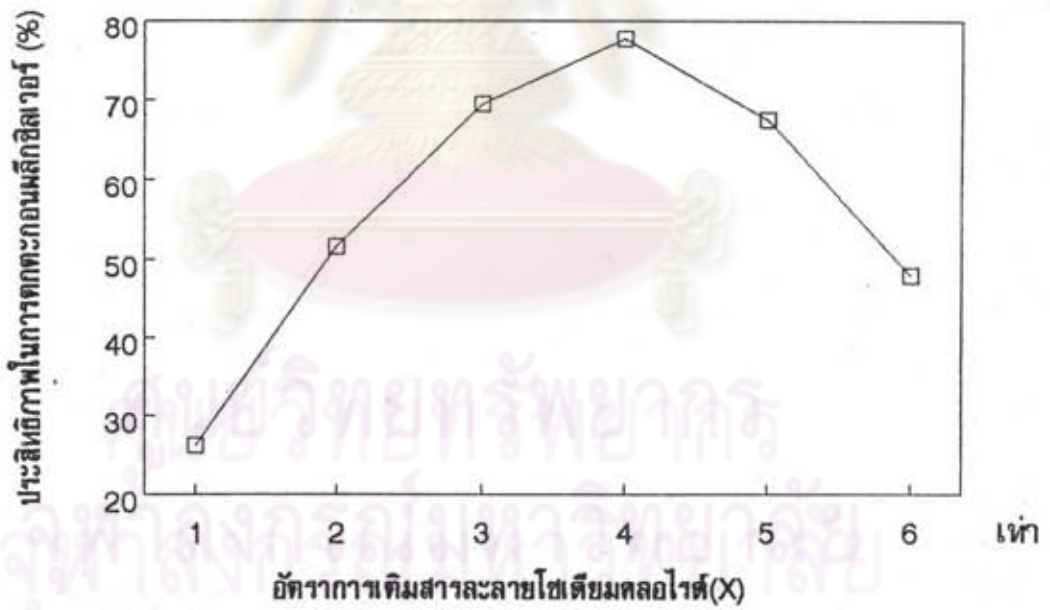
จากผลการทดสอบ ประสิทธิภาพในการตกตะกอนผลึกของซิลเวอร์คลอไรด์คิดเป็น 26.28, 51.59, 69.42, 77.69, 67.39 และ 47.88 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แสดงในรูปที่ 5.4

ผลการทดสอบที่ได้

ในการตกตะกอนผลึกซิลเวอร์คลอไรด์ออกจากน้ำเสีย การใช้โซเดียมคลอไรด์ทำให้เมอร์คิวรีคลอไรด์ตกตะกอนผลึกลงมาด้วย ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ที่เติมแล้วให้ซิลเวอร์คลอไรด์มากที่สุด คือ 4 เท่าของค่าความต้องการทางทฤษฎี หรือ 2.5 กรัม/น้ำเสีย 1 ลิตร ตะกอนผลึกประกอบด้วยซิลเวอร์ 687.33 มก./ก. และเมอร์คิวรี 400.52 มก./ก.



รูปที่ 5.2 ค่าความเข้มข้นไนโตรเจนและเมอร์คิวรีในตะกอนผลึกที่อัตราการใช้ปุ๋ยเคมีแตกต่างกัน



รูปที่ 5.3 ประสิทธิภาพในการตกตะกอนผลึกซิลเวอร์ที่อัตราการใช้ปุ๋ยเคมีแตกต่างกัน

3. การทดสอบหาเวลาที่เหมาะสมในการกวนข้าว

การทดสอบหาเวลาที่เหมาะสมในการกวนข้าว โดยทำการศึกษาน้ำเสียซีโอดี ใช้สารสร้างตะกอนผลึกคือ แคลเซียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยในการทำปฏิกิริยาจะผสมเร็ว 3 นาที และผสมช้า 1 ชั่วโมง โดยวัดพีเอชตลอดตั้งแต่เริ่มเติมสารเคมีจนกระทั่งพีเอชคงที่

3.1 แคลเซียมไฮดรอกไซด์

โดยการเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ลงในน้ำเสีย จนได้พีเอชเป็น 9.50 พบว่าหลังจากการเติมแคลเซียมไฮดรอกไซด์ พีเอชเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งสูงสุดที่พีเอช 9.60 แล้วลดลงจนกระทั่งคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง โดยมีค่าพีเอชเป็น 9.42 ดังแสดงในรูปที่ 5.5

3.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์

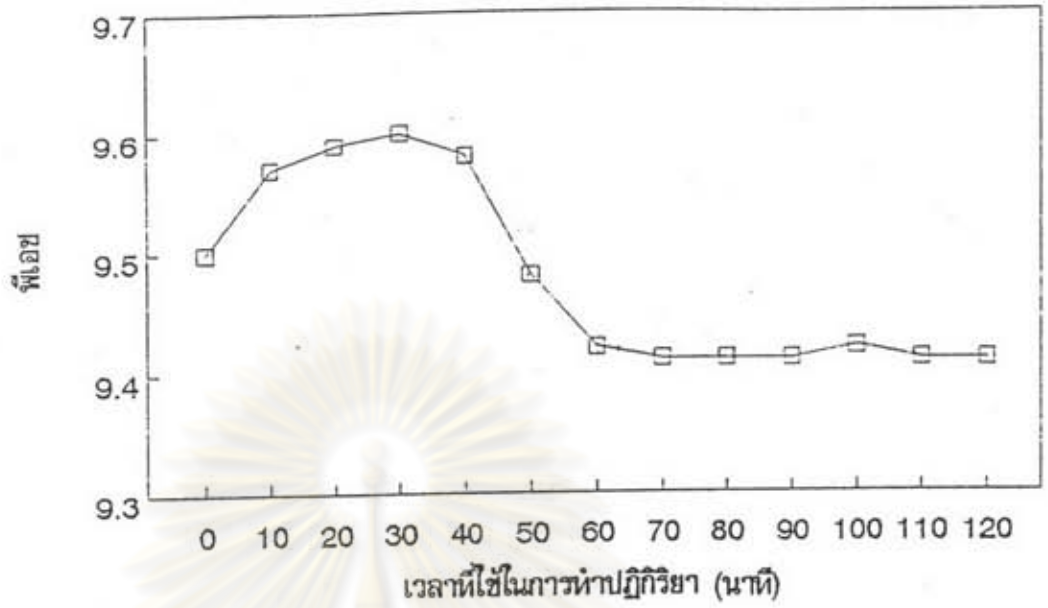
โดยการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงในน้ำเสียจนได้พีเอชเป็น 9.50 พบว่าหลังจากการเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ พีเอชเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งสูงสุดที่พีเอช 9.57 แล้วลดลงจนกระทั่งคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 1 ชั่วโมง โดยมีค่าพีเอชเป็น 9.52 ดังแสดงในรูปที่ 5.6

จากผลการทดสอบเพื่อหาเวลาที่เหมาะสมในการกวนข้าว น้ำเสียซีโอดีต้องใช้เวลาในการกวนข้าว 1 ชั่วโมง เพื่อให้การทำปฏิกิริยาเสร็จสมบูรณ์ โดยดูจากค่าพีเอชที่เริ่มมีค่าคงที่

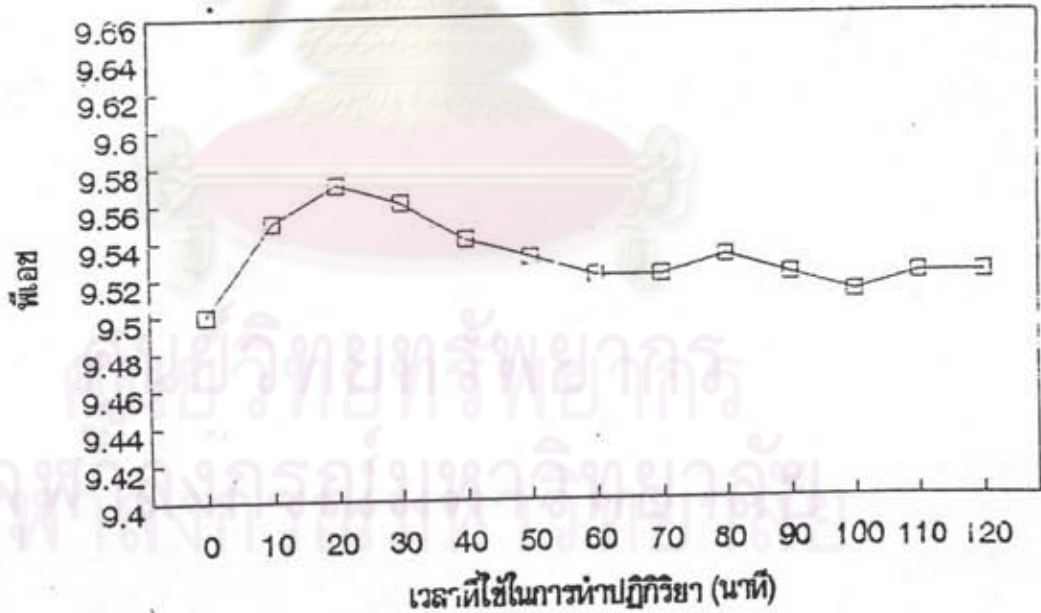
4. การทดสอบการตกตะกอนผลึกโลหะหนักด้วยสารเคมี

น้ำเสียที่ใช้ในการตกตะกอนผลึกในการทดสอบนี้ ได้ผ่านการเติมโซเดียมคลอไรด์ในปริมาณที่เหมาะสมที่ได้ตามผลการทดลองที่ 5.3 ปริมาณโลหะหนักน้ำเสียเริ่มต้นในการทดลองมีดังนี้ ความเข้มข้นโครเมียม 700 มก./ล. ความเข้มข้นเมอร์คิวรี 1470 มก./ล.

การทดสอบการตกตะกอนผลึกโลหะหนักในน้ำเสียซีโอดี ได้ใช้สารสร้างตะกอนผลึก 2 ชนิด คือ แคลเซียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมไฮดรอกไซด์ เพื่อให้โลหะหนักตกตะกอนในรูปไฮดรอกไซด์ โดยการปรับพีเอชเป็น 8.0 , 8.5 , 9.0 , 9.5 , 10.0 และ 10.5 ตามลำดับ และทดสอบเวลาที่ใช้ในการตกตะกอน โดยตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลา 30 , 60 และ 90 นาที ตามลำดับ



รูปที่ 5.4 พืเอชของน้ำเสียที่เวลาในการทำปฏิกิริยาต่างๆโดยใช้เคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นสารสร้างตะกอนผง



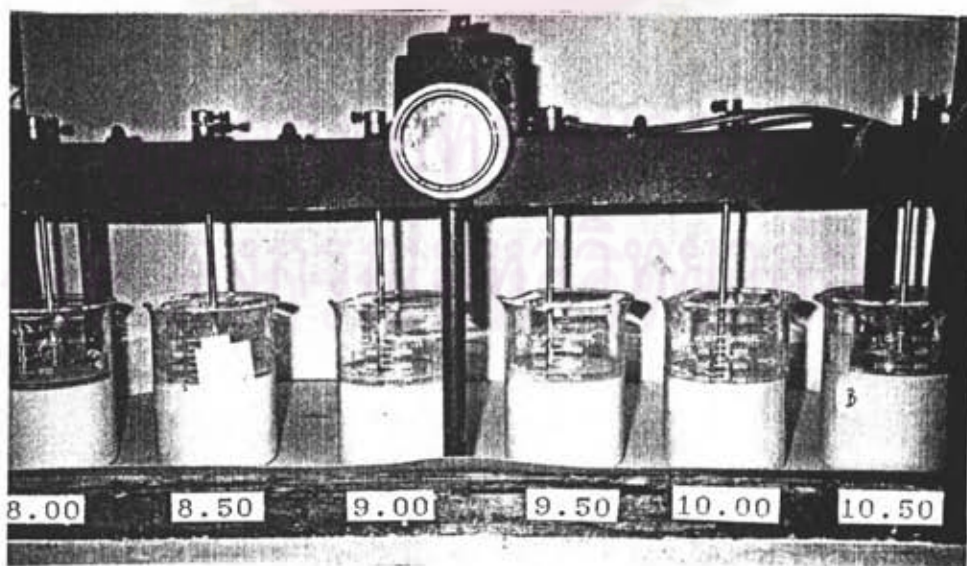
รูปที่ 5.5 พืเอชของน้ำเสียที่เวลาในการทำปฏิกิริยาต่างๆโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นสารสร้างตะกอนผลึก

4.1 แคลเซียมไฮดรอกไซด์

4.1.1 เมื่อใช้เวลาในการตกตะกอน 30 นาที

พบว่าในการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นสารสร้างตะกอนผลึก ต้องใช้ปริมาณสารเคมีเป็นจำนวนมาก โดยหลังจากการเติมสารเคมี ตะกอนผลึกของโลหะหนัก จะมีปริมาณมากเมื่อเทียบกับปริมาตรรวมที่ได้ คือมีค่าประมาณ 930 มล./ล.

ปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียส่วนบนหลังจากตกตะกอน 30 นาทีแล้ว พบว่า ปริมาณโครเมียมทั้งหมดมีค่าเป็น 1.70 , 1.50 , 1.35 , 1.30 , 1.40 และ 1.50 มก./ล. ตามลำดับ ส่วนปริมาณโครเมียมละลายมีค่าเป็น 0.82 , 0.74 , 0.68 , 0.68 0.72 และ 0.75 มก./ล. ตามลำดับ ปริมาณเมอร์คิวรี่ทั้งหมดมีค่าเป็น 22.50 , 20.30 19.25 , 19.02 , 19.30 และ 20.34 มก./ล. ตามลำดับ ปริมาณเมอร์คิวรี่ละลายเป็น 5.34 , 4.89 , 4.78 , 4.63 , 4.81 และ 5.02 มก./ล. ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการตกตะกอนผลึกของโครเมียมเป็น 99.76 , 99.79 , 99.81 , 99.81 , 99.80 และ 99.79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการตกตะกอนผลึกของเมอร์คิวรี่เป็น 98.40 98.55 , 98.63 , 98.66 , 98.63 และ 98.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ภาพที่ 5.2 การตกตะกอนผลึกโลหะหนักในน้ำเสียด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ค่าพีเอชต่างๆ

หลังจากการตกตะกอน 30 นาทีแล้ว พบว่าค่าโครเมียมและเมอร์คิวรีในน้ำใสมีค่าเกินมาตรฐานกำหนด

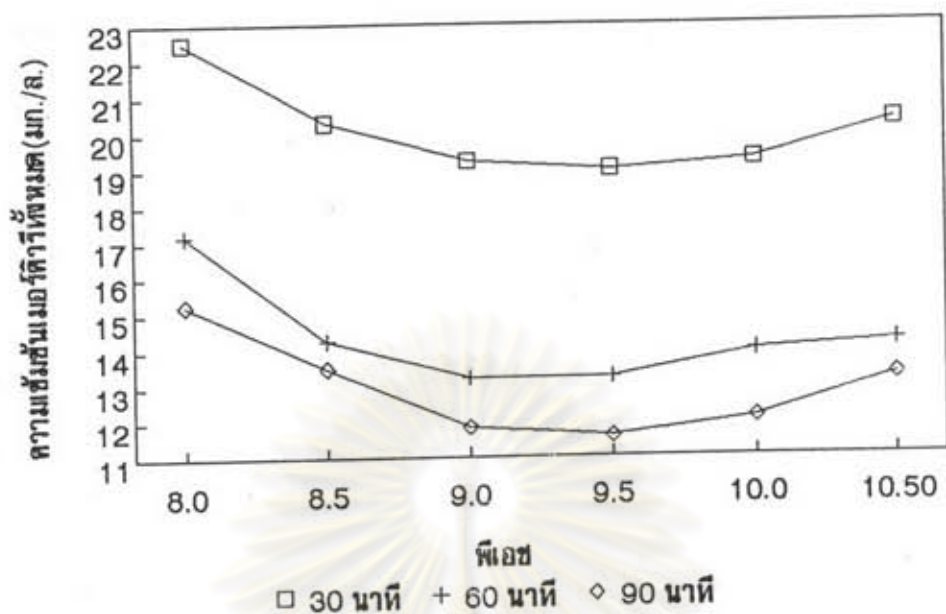
4.1.2 เมื่อใช้เวลาในการตกตะกอน 60 นาที

พบว่าตะกอนผลึกของโลหะหนักสามารถตกตะกอนได้ดีขึ้น ปริมาณตะกอนผลึกเท่ากับ 900 มล./ล. ปริมาณโลหะหนักในน้ำใสส่วนบน พบว่ามีค่าน้อยลงเมื่อเทียบกับปริมาณโลหะหนักเมื่อใช้เวลาในการตกตะกอน 30 นาที ค่าโครเมียมทั้งหมดเป็น 1.40 , 1.30 , 1.20 , 1.16 , 1.25 และ 1.4 มก./ล. ตามลำดับ ค่าโครเมียมละลายมีค่า 0.75 , 0.71 , 0.65 , 0.64 , 0.68 และ 0.73 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเมอร์คิวรีทั้งหมดเป็น 17.18 , 14.26 , 13.23 , 13.23 , 13.97 และ 14.21 มก./ล. ตามลำดับ ปริมาณเมอร์คิวรีละลายเป็น 4.35 , 3.97 , 3.42 , 3.20 , 3.51 และ 4.21 มก./ล. ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการตกตะกอนผลึกโครเมียมเป็น 99.80 , 99.81 , 99.83 , 99.83 , 99.82 และ 99.80 มก./ล. ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการตกตะกอนผลึกเมอร์คิวรีเป็น 98.78 , 98.98 , 99.06 , 99.06 , 99.06 และ 99.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

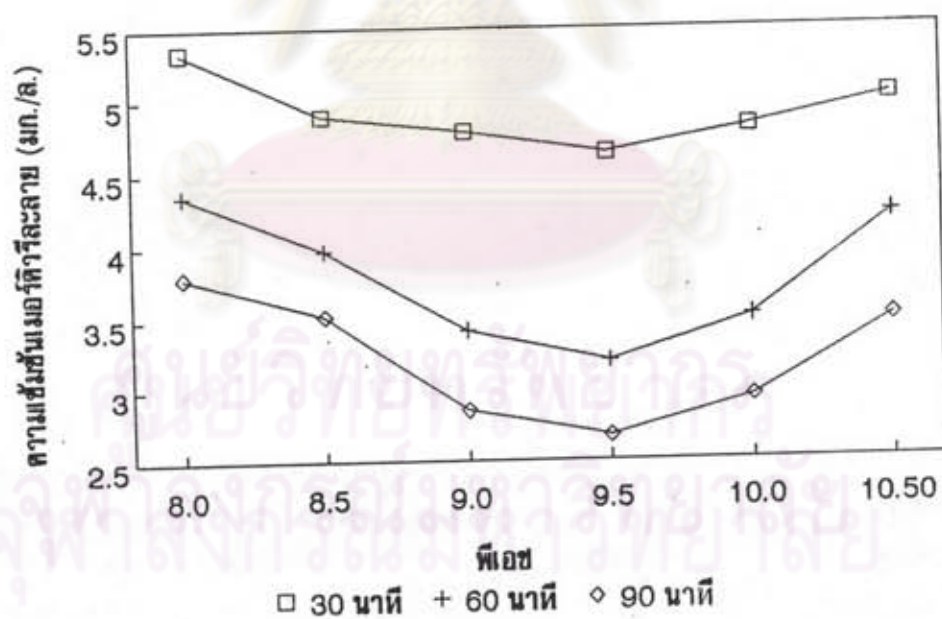
หลังจากการตกตะกอน 60 นาทีแล้ว พบว่าค่าโครเมียมและเมอร์คิวรีในน้ำใสเกินมาตรฐานกำหนด

4.1.3 เมื่อใช้เวลาในการตกตะกอน 90 นาที

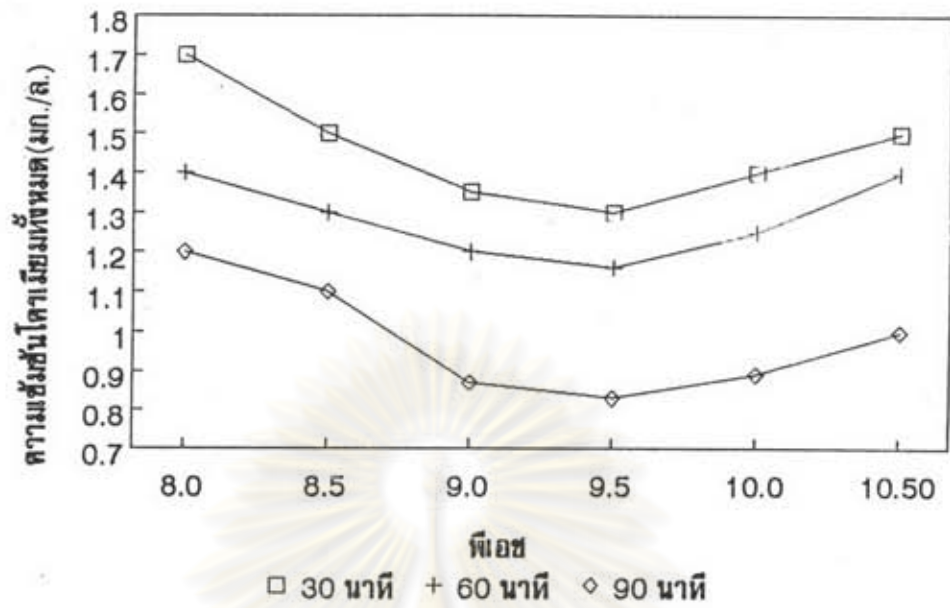
พบว่าตะกอนผลึกของโลหะหนักสามารถตกตะกอนได้ดีขึ้น โดยมีปริมาณตะกอนผลึกเท่ากับ 860 มล./ล. ปริมาณโลหะหนักในน้ำใสส่วนบนพบว่ามีค่าน้อยลง เมื่อเทียบกับปริมาณโลหะหนักเมื่อใช้เวลาในการตกตะกอน 30 และ 60 นาที ค่าโครเมียมทั้งหมดเป็น 1.20 , 1.10 , 0.87 , 0.83 , 0.89 และ 1.00 มก./ล. ตามลำดับ ค่าโครเมียมละลายมีค่า 0.67 , 0.63 , 0.58 , 0.56 , 0.60 และ 0.65 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเมอร์คิวรีทั้งหมดเป็น 15.26 , 13.51 , 11.84 , 11.56 , 12.08 และ 13.26 มก./ล. ตามลำดับ ปริมาณเมอร์คิวรีละลายเป็น 3.79 , 3.52 , 2.85 , 2.67 , 2.94 และ 3.50 มก./ล. ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการตกตะกอนผลึกโครเมียมเป็น 99.83 , 99.84 , 99.88 , 99.88 , 99.87 และ 99.86 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการตกตะกอนผลึกเมอร์คิวรีเป็น 98.92 , 99.04 , 99.16 , 99.18 , 99.14 และ 99.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



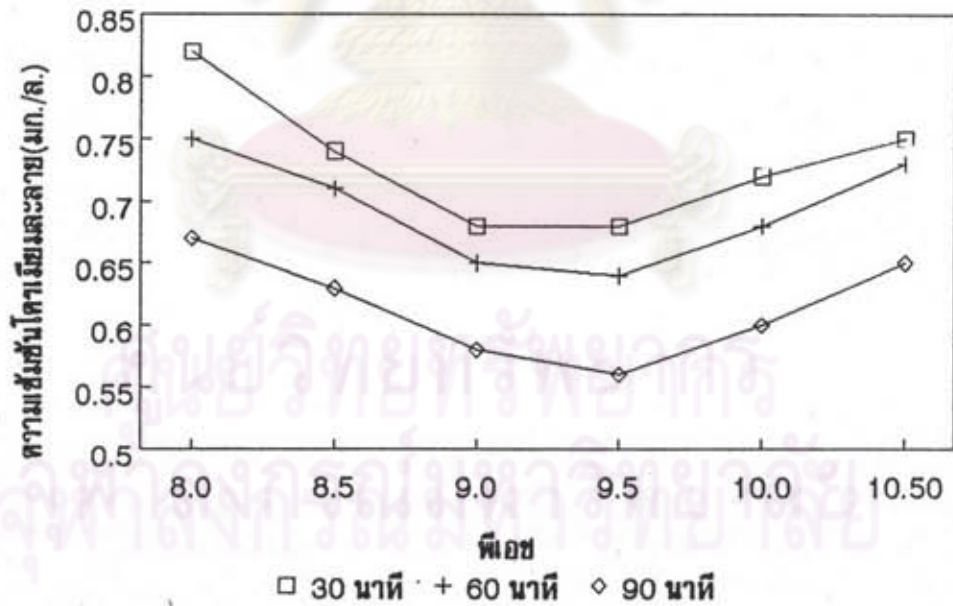
รูปที่ 5.6 ความเข้มข้นเมอริคิวรีทั้งหมดที่เหลือในน้ำใส่ส่วนบน โดยการปรับพีเอชด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์



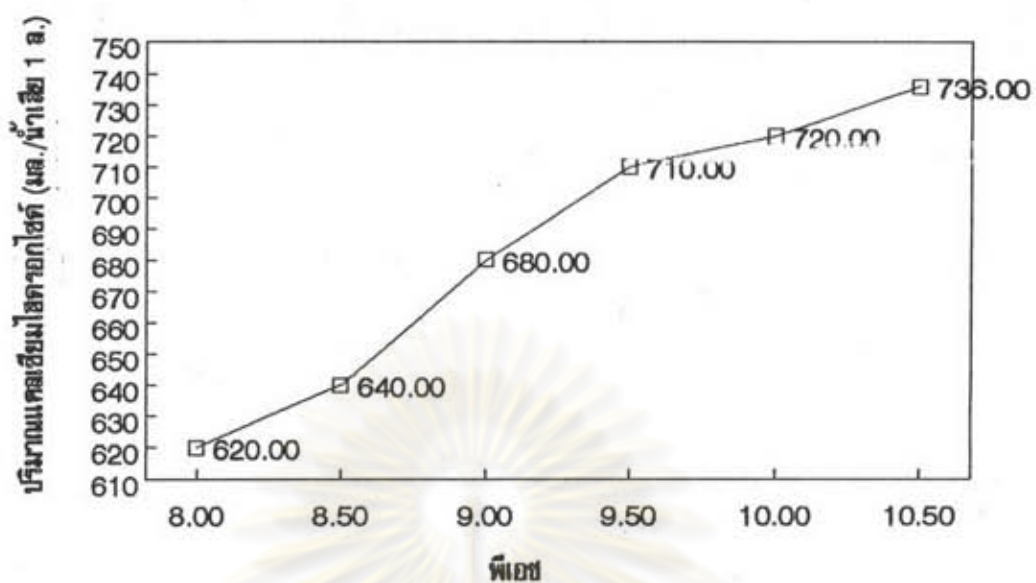
รูปที่ 5.7 ความเข้มข้นเมอริคิวรีละลายที่เหลือในน้ำใส่ส่วนบน โดยการปรับพีเอชด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์



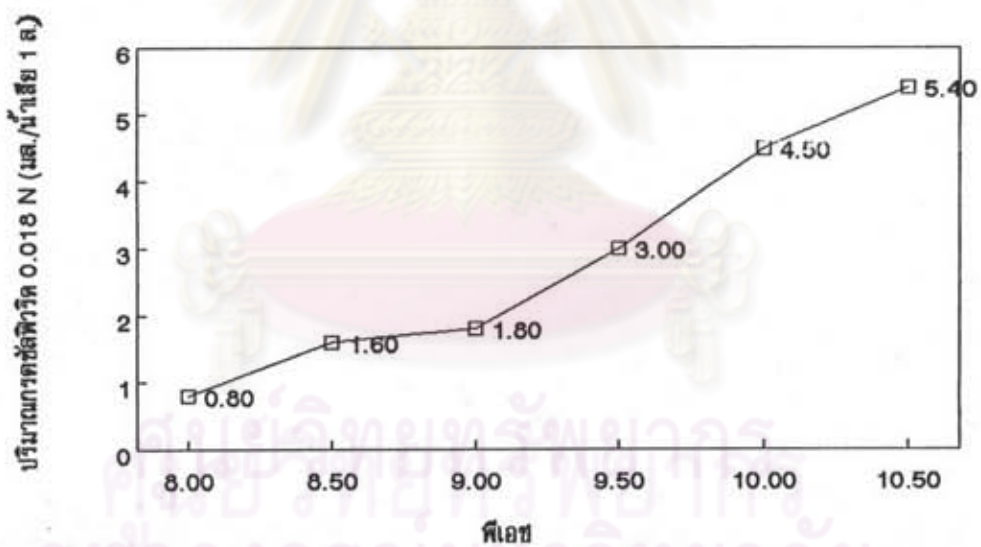
รูปที่ 5.8 ความเข้มข้นโคบาลิตทั้งหมดที่เหลือในน้ำใสส่วนบน โดยการปรับพีเอชด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์



รูปที่ 5.9 ความเข้มข้นโคบาลิตละลายที่เหลือในน้ำใสส่วนบน โดยการปรับพีเอชด้วยแคลเซียมไฮดรอกไซด์



รูปที่ 5.10 ปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการปรับพีเอชค่าต่างๆ



รูปที่ 5.11 ปริมาณการคั่งพิวริคที่ใช้ในการปรับพีเอชน้ำใสส่วนบนให้มีค่าเป็นกลาง ที่ค่าพีเอชต่างๆ

หลังจากการตกตะกอน 90 นาทีแล้ว พบว่าค่าโครเมียมและเมอร์คิวรีในน้ำใสเกินมาตรฐานกำหนด

กราฟแสดงความเข้มข้นของเมอร์คิวรีและโครเมียมในน้ำใสส่วนบนของแต่ละค่าพีเอช ในแต่ละช่วงเวลาการตกตะกอน แสดงในรูปที่ 5.8 - 5.11

ปริมาณแคลเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้แต่ละค่าพีเอช พบว่าในการปรับพีเอชแต่ละค่าใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ในปริมาณที่มาก โดยใช้ในปริมาณ 620 , 640 , 680 , 710 720 , 736 มล.ค่อน้ำเสีย 1 ลิตร ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5.12

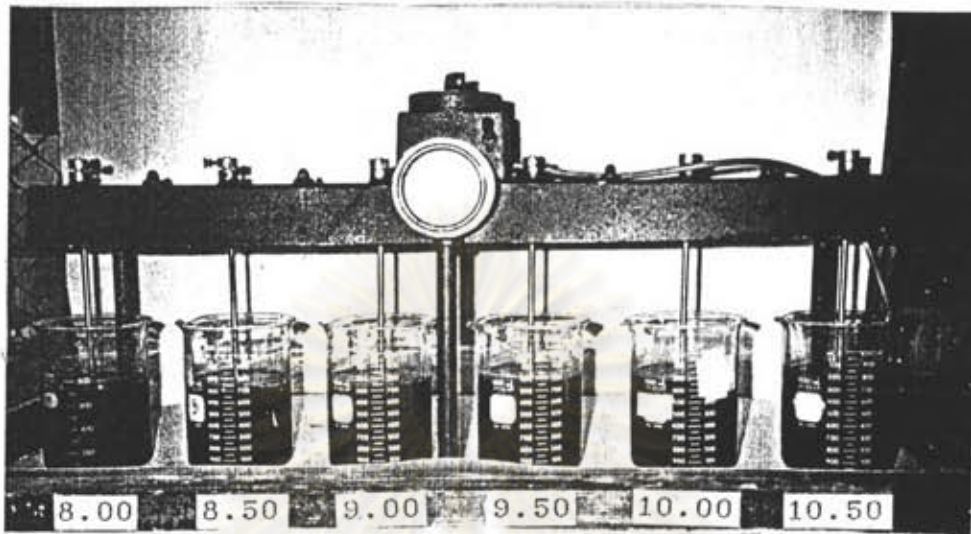
ค่าพีเอชที่ได้หลังจากการตกตะกอนแล้วพบว่าเป็น 8.04 , 8.53 , 8.77 , 9.27 , 9.67 และ 10.27 ตามลำดับ โดยปริมาณกรดซัลฟิวริก 0.018 N ที่ใช้ในการปรับพีเอชน้ำใสส่วนบนเป็น 0.80 , 1.60 , 1.80 , 3.00 , 4.50 และ 5.40 มล.ค่อน้ำเสีย 1 ลิตร ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5.13

4.2 โซเดียมไฮดรอกไซด์

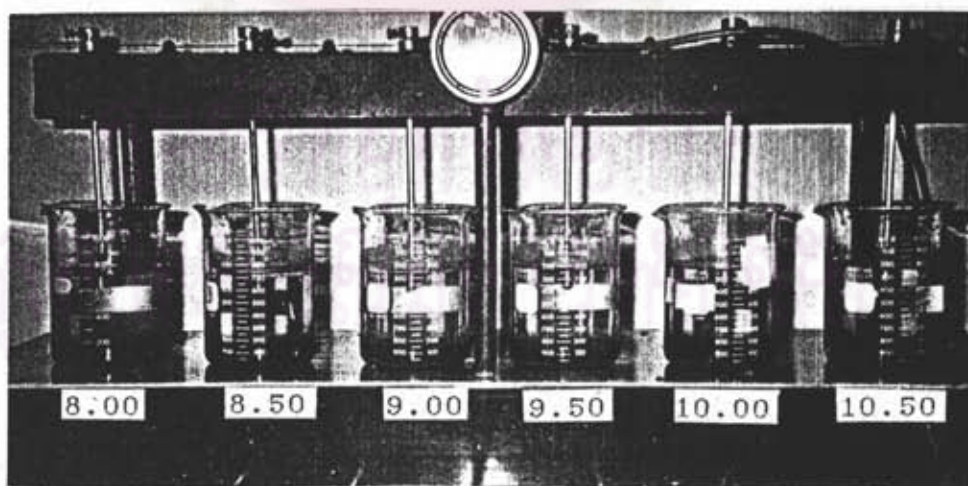
4.2.1 เมื่อใช้เวลาในการตกตะกอน 30 นาที

เนื่องจากน้ำเสียมีค่าพีเอชค่ามาก เมื่อใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นสารสร้างตะกอนผลึกทำให้เกิดปฏิกิริยาที่มีความร้อนเกิดขึ้น ตะกอนที่ได้หลังจากตกตะกอนแล้วมีสีน้ำตาลแดง หลังจากการตกตะกอน 30 นาทีแล้ว พบว่าตะกอนส่วนใหญ่ยังคงแขวนลอยอยู่ในน้ำ รูปแสดงการทดสอบการตกตะกอนผลึก แสดงในรูปที่ 5.14 และ 5.15 โดยมีปริมาณตะกอนเป็น 300 มล./ล. ปริมาณโลหะหนักในน้ำใสส่วนบนมีค่าดังนี้ โครเมียมทั้งหมดมีค่า 0.60 , 0.50 , 0.40 , 0.40 , 0.6 และ 0.8 มก./ล. ตามลำดับ ค่าโครเมียมละลายเป็น 0.30 , 0.20 , 0.10 , 0.10 , 0.20 และ 0.30 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเมอร์คิวรีทั้งหมดมีค่า 2.33 , 1.90 , 1.10 , 0.60 , 0.71 และ 1.20 มก./ล.ตามลำดับ ค่าเมอร์คิวรีละลายมีค่าเป็น 0.38, 0.31 , 0.25 , 0.21 , 0.23 และ 0.37 มก./ล. ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการตกตะกอนผลึกของโครเมียมเป็น 99.91 , 99.93 , 99.94 , 99.94 , 99.91 และ 99.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการตกตะกอนผลึกของเมอร์คิวรีเท่ากับ 99.83 , 99.86 , 99.92 , 99.96 , 99.95 และ 99.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การตกตะกอนโดยใช้เวลา 30 นาที พบว่าค่าโครเมียมและเมอร์คิวรีในน้ำใสมีค่าเกินมาตรฐานกำหนด



ภาพที่ 5.3 การตักตะกอนหนักโลหะหนักด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีเลขค่าต่างๆ



ภาพที่ 5.4 ตะกอนหนักและน้ำใสที่ได้หลังจากการตกตะกอนแล้ว 90 นาที

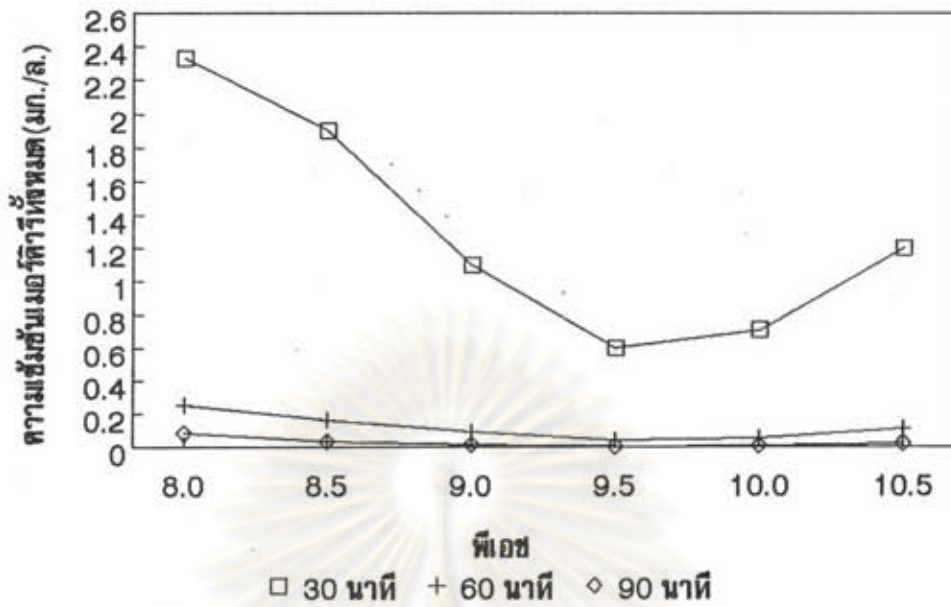
4.2.2 เมื่อใช้เวลาในการตกตะกอน 60 นาที

หลังจากที่ตกตะกอน 60 นาทีแล้ว พบว่าค่าโครเมียม และค่าเมอร์คิวรีในน้ำใสส่วนบนลดลง เมื่อเทียบกับปริมาณโลหะหนักเมื่อใช้เวลาในการตกตะกอน 30 นาที และตะกอนที่ได้มีปริมาณตะกอนลดลงคือ 200 มล./ล. และยังคงมีตะกอนแขวนลอยปะปนอยู่กับน้ำใสส่วนบน ปริมาณโลหะหนักในน้ำใสส่วนบนเป็นดังนี้ ปริมาณโครเมียมทั้งหมด 0.40 , 0.35 , 0.20 , 0.20 , 0.35 และ 0.60 มก./ล. ตามลำดับ ค่าโครเมียมละลายมีค่าเท่ากับ 0.20 , 0.20 , 0.10 , N.D. , 0.10 และ 0.20 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเมอร์คิวรีทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0.25 , 0.16 , 0.09 , 0.04 , 0.05 และ 0.11 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเมอร์คิวรีละลายเท่ากับ 0.20 , 0.15 , 0.07 , 0.02 , 0.03 และ 0.09 มก./ล. ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการตกตะกอนหลักของโครเมียมเป็น 99.98 , 99.99 , 99.99 , 100.0, 100.0 และ 99.99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการตกตะกอนหลักของเมอร์คิวรีเท่ากับ 99.94 , 99.95 , 99.97 , 99.97 , 99.95 และ 99.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

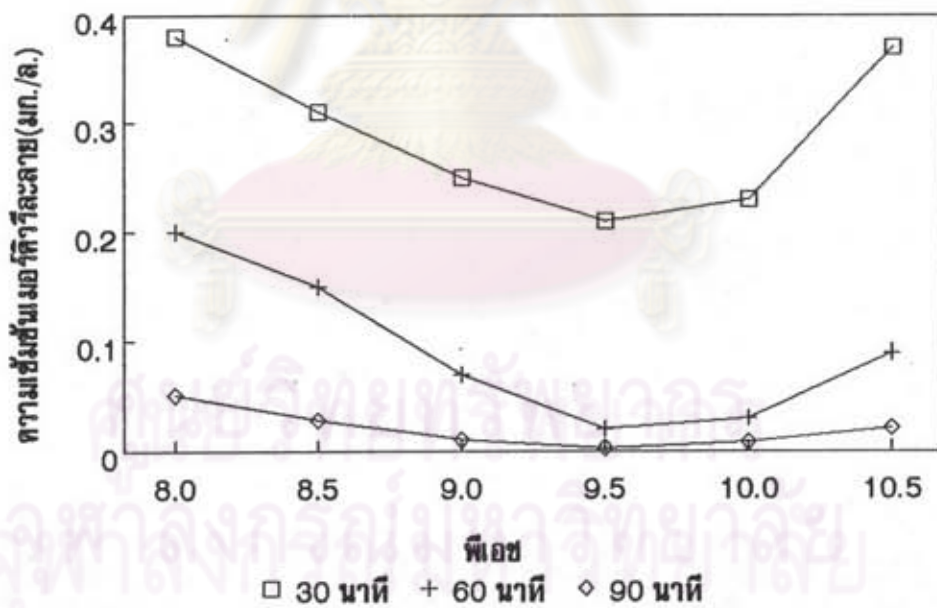
การตกตะกอนโดยใช้เวลา 60 นาที ค่าโครเมียมในน้ำใสของพีเอช 8.0 , 8.5 , 9.0 , 9.5 และ 10.0 มีค่าผ่านมาตรฐาน ส่วนค่าเมอร์คิวรีในน้ำใสมีค่าเกินที่มาตรฐานกำหนด

4.2.3 เมื่อใช้เวลาในการตกตะกอน 90 นาที

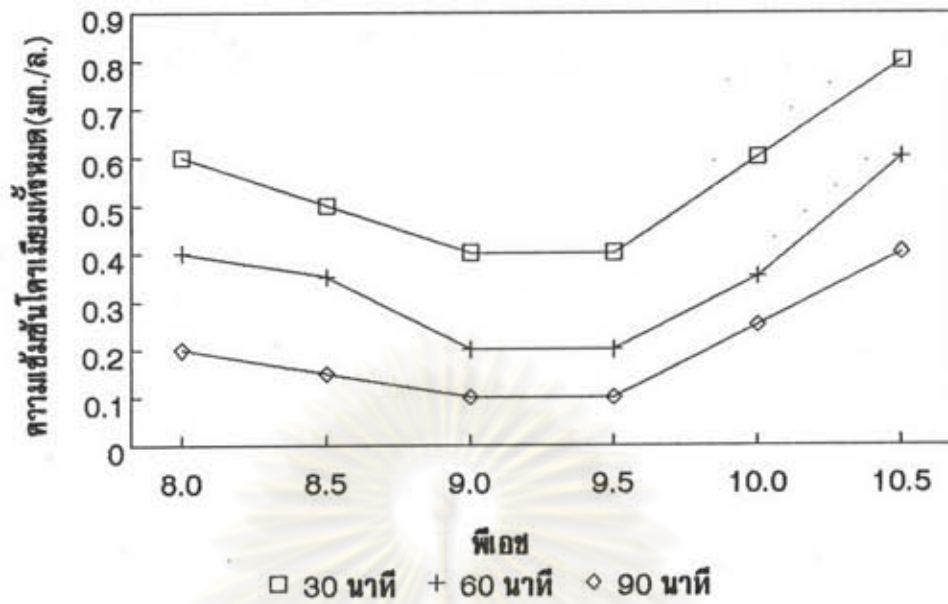
หลังจากการตกตะกอน 90 นาทีแล้ว พบว่าตะกอนหลักโลหะหนักตกตะกอนดีขึ้น ตะกอนที่แขวนลอยในน้ำน้อยมาก โดยมีปริมาณตะกอนเป็น 150 มล./ล. น้ำใสส่วนบนมีโลหะหนักเหลืออยู่น้อยมาก พบว่าปริมาณโครเมียมทั้งหมดเป็น 0.20 , 0.15 , 0.10 , 0.10 , 0.25 และ 0.40 มก./ล. ตามลำดับ ค่าโครเมียมละลายมีค่าเท่ากับ 0.10 , 0.05 , N.D. , N.D. , 0.10 และ 0.10 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเมอร์คิวรีทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 0.082 , 0.031 , 0.012 , 0.004 , 0.008 และ 0.023 มก./ล. ตามลำดับ ค่าเมอร์คิวรีละลายมีค่าเท่ากับ 0.051, 0.028 , 0.010 , 0.003 , 0.008 และ 0.021 มก./ล. ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการตกตะกอนหลักของโครเมียมเป็น 99.98 , 99.99 , 99.99 , 100.0 , 99.99 และ 99.99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ประสิทธิภาพในการตกตะกอนหลักของเมอร์คิวรีเป็น 99.97 , 99.98 , 99.99 , 99.99 , 99.96 และ 99.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



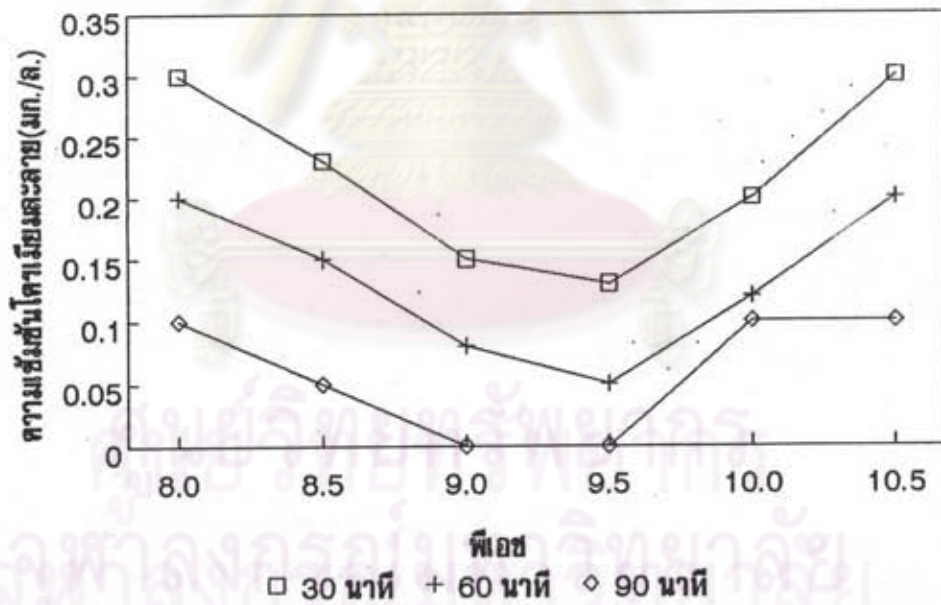
รูปที่ 5.12 ปริมาณเมอริคิวรี่ทั้งหมดที่เหลือในน้ำใสส่วนบน โดยการปรับพีเอชด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์



รูปที่ 5.13 ปริมาณเมอริคิวรี่ละลายที่เหลือในน้ำใสส่วนบน โดยการปรับพีเอชด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์



รูปที่ 5.14 ปริมาณโคคาเมียมทั้งหมดที่เหลือในน้ำใสส่วนบน โดยการปรับพีเอชด้วยไฮเดียมไฮดรอกไซด์



รูปที่ 5.15 ปริมาณโคคาเมียมละลายที่เหลือในน้ำใสส่วนบน โดยการปรับพีเอชด้วยไฮเดียมไฮดรอกไซด์

การตกตะกอนโดยใช้เวลา 90 นาที พบว่าน้ำใสที่ผ่านการเติม โพรเซียมไฮดรอกไซด์ทุกค่าพีเอชมีค่าโครเมียมทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน โดยค่าพีเอชที่ 9.0 และ 9.5 มีค่าโครเมียมในน้ำใสที่น้อยที่สุด ส่วนค่าเมอร์คิวรีทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน 1 ค่า คือที่ค่าพีเอช 9.5

กราฟแสดงความเข้มข้นของเมอร์คิวรีและโครเมียมในน้ำใสส่วนบน ของแต่ละค่าพีเอช ในแต่ละช่วงเวลาการตกตะกอน แสดงในรูปที่ 5.16 - 5.19

ปริมาณโพรเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้แต่ละค่าพีเอช พบว่าปริมาณโพรเซียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้แตกต่างกันน้อยมาก โดยใช้ในปริมาณ 407.5 , 412.5 , 422.5 , 426.25 , 430.75 , 432.6 มล.ค่อน้ำเสีย 1 ลิตร ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5.20

ค่าพีเอชที่ได้หลังจากการตกตะกอนแล้วพบว่าเป็น 8.06 , 8.61 , 9.01 , 9.51 , 9.81 และ 10.30 ตามลำดับ โดยปริมาณกรดซัลฟิวริก 0.018 N ที่ใช้ในการปรับพีเอชน้ำใสส่วนบนเป็น 6.40 , 8.00 , 11.20 , 12.70 , 15.50 และ 19.30 มล.ค่อน้ำเสีย 1 ลิตร ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5.21

ผลการทดสอบที่ได้

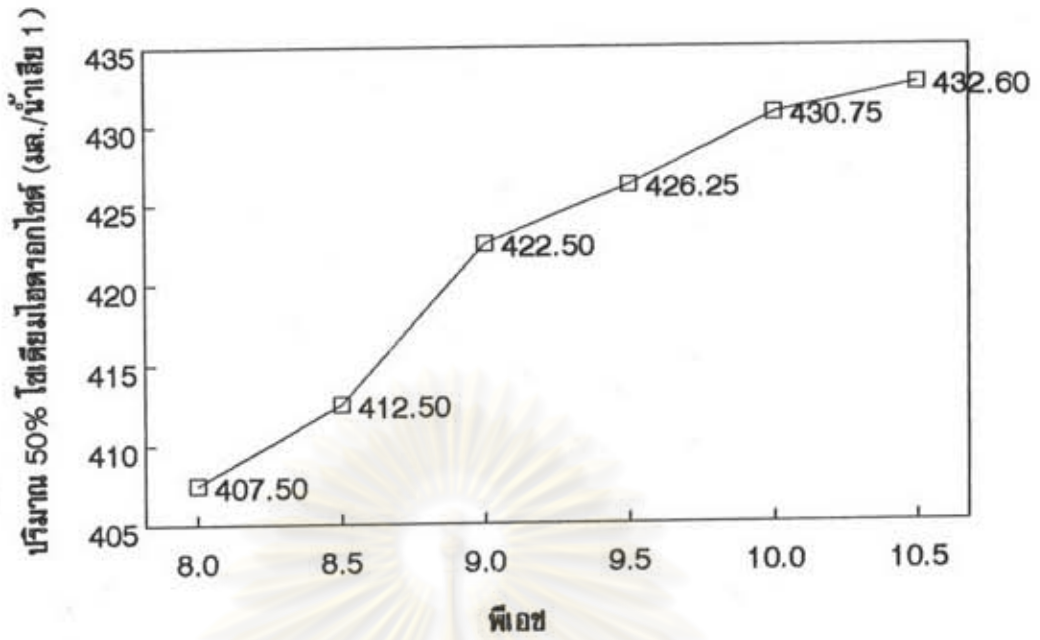
จากการทดสอบจาร์เทสต์ เพื่อหาค่าพีเอชที่เหมาะสมในการตกตะกอนผลึกโลหะหนัก โดยการใช้สารเคมี 2 ชนิด

ก) แคลเซียมไฮดรอกไซด์ พีเอชที่เหมาะสมคือ 9.5 โดยมีค่าเมอร์คิวรีเหลือในน้ำส่วนบน 11.56 มก./ล. และค่าโครเมียม 0.83 มก./ล. ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง

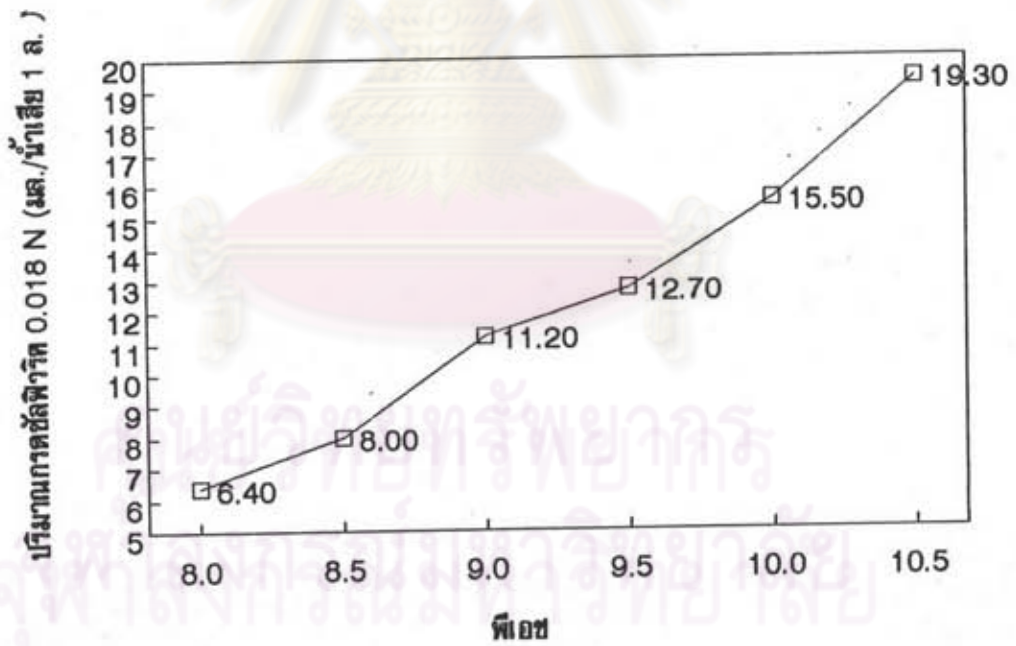
การใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นสารสร้างตะกอนผลึก พบว่าเกิดปริมาณตะกอนผลึกเป็นจำนวนมาก ทำให้ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากตะกอนสูงเมื่อเทียบกับการใช้โพรเซียมไฮดรอกไซด์ รวมทั้งน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้น แคลเซียมไฮดรอกไซด์จึงไม่เหมาะสมในการนำเป็นสารสร้างตะกอนผลึกสำหรับการบำบัดน้ำเสียซีไอดี

ข) โพรเซียมไฮดรอกไซด์ พีเอชที่เหมาะสมคือ 9.5 โดยมีค่าเมอร์คิวรีเหลือในน้ำส่วนบน 0.004 มก./ล. และค่าโครเมียม 0.10 มก./ล. ซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง

การใช้โพรเซียมไฮดรอกไซด์ เป็นสารสร้างตะกอนผลึกมีความเหมาะสมมากกว่าการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์ เนื่องจากสามารถกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำเสียโดยน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง รวมทั้งปริมาณตะกอนที่นำไปกำจัดมีปริมาณน้อย



รูปที่ 5.16 ปริมาณไฮเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการปรับพีเอชค่าต่างๆ



รูปที่ 5.17 ปริมาณกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการปรับพีเอชน้ำใสส่วนบนให้มีค่าเป็นกลาง ที่ค่าพีเอชต่างๆ

5. การทดสอบการบำบัดน้ำเสียในแบบจำลอง

การทดสอบการบำบัดน้ำเสียในแบบจำลอง ได้นำข้อมูลจากการทดลองที่ 2 และ 4 มาใช้ โดยประกอบด้วย

5.1 การตกตะกอนผลึกของซิลเวอร์โดยใช้ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ในอัตราความต้องการทางทฤษฎี 4 เท่า หรือ 2.5 กรัม/น้ำเสีย 1 ลิตร เพื่อแยกตะกอนซิลเวอร์ออกและใช้ในการนำกลับ

5.2 การตกตะกอนผลึกของโลหะหนัก โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นสารสร้างตะกอนผลึก ทดสอบที่เลขที่ 9.5

แบบจำลองที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย แสดงในรูปที่ 5.22 และ 5.23

การทดสอบนี้ ได้จัดทำขึ้น 5 ชุด เพื่อหาค่าเฉลี่ยของการบำบัดน้ำเสีย

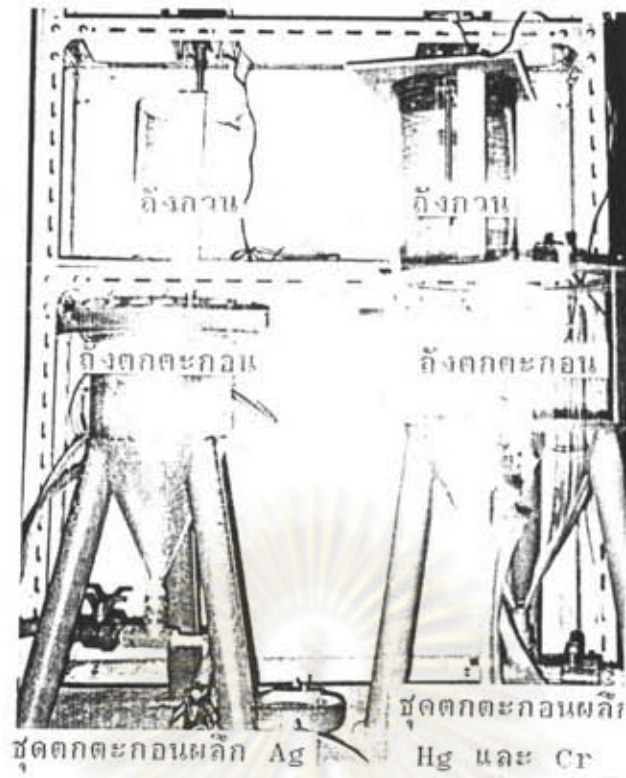
ค่าเฉลี่ยผลการทดสอบ แสดงในตารางที่ 5.10 โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 การตกตะกอนผลึกซิลเวอร์

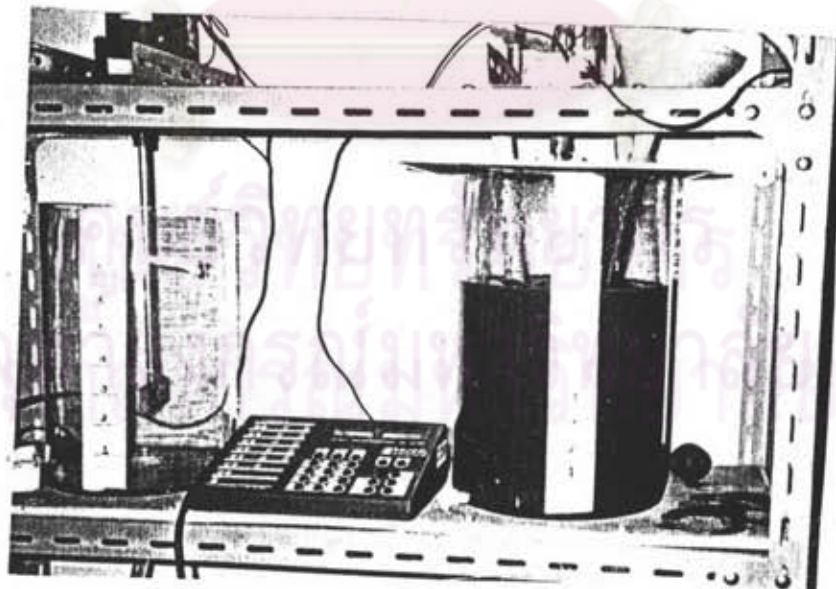
การตกตะกอนผลึกซิลเวอร์ ได้ใช้โซเดียมคลอไรด์เป็นสารสร้างตะกอนผลึก ในปริมาณ 12.5 กรัมโดยใช้น้ำเสีย 5 ลิตร พบว่าปริมาณซิลเวอร์ในน้ำเสียลดลงโดยมีซิลเวอร์ในน้ำเสียหลังจากตกตะกอนผลึกแล้วเป็น 0.34 มก./ล. เมอร์คิวรีในน้ำเสียเป็น 1396.60 มก./ล. ส่วนโครเมียมมีปริมาณเท่ากับ 698 มก./ล. ปริมาณซิลเวอร์ในตะกอนเป็น 683.32 มก./ก. และเมอร์คิวรีในตะกอนเป็น 286.57 มก./ก.

5.2 การตกตะกอนผลึกโลหะหนัก

การตกตะกอนผลึกโลหะหนักได้ใช้สารสร้างตะกอนผลึกคือโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยปรับที่เลขที่ 9.5 และเวลาในการตกตะกอน 150 นาที เนื่องจากในการตกตะกอนเวลา 90 นาที พบว่า ตะกอนผลึกที่ได้มีการฟุ้งกระจายแขวนลอยอยู่ในน้ำและตกตะกอนไม่หมด หลังจากการตกตะกอนแล้ว พบว่าปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียลดลง โดยเมอร์คิวรีในน้ำลดลง และเหลืออยู่ในน้ำในส่วนบนเท่ากับ 0.005 มก./ล. และโครเมียมในน้ำเป็น 0.32 มก./ล. ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้เท่ากับ 2150 มล. คิดเป็นเงิน 3.8 บาทค่อน้ำเสีย 1 ลิตร โดยในการทำปฏิกิริยาของโซดาไฟและน้ำเสียพบว่ามีการทำปฏิกิริยาที่รุนแรง และมีความร้อนเกิดขึ้น โดยมีอุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส ที่เลขหลังจากการบำบัดเป็น 9.53 ปริมาณกรดซัลฟิวริก 0.018 N ที่ใช้ในการปรับที่เลขให้เป็นกลางประมาณ 66 มิลลิลิตร ปริมาตรตะกอนเป็น 200 มล./ล.



ภาพที่ 5.5 แบบจำลองที่ใช้ในการทดสอบการบำบัดน้ำเสีย



ภาพที่ 5.6 การตกตะกอนผลึกโลหะหนักในการทดสอบการบำบัดน้ำเสีย

ตารางที่ 5.11 ผลการทดสอบการบำบัดน้ำเสียในแบบจำลอง

ก) การตกตะกอนซิลเวอร์

ปริมาณน้ำเสีย : 5 ล.		ความเข้มข้นเมอร์คิวรี : 1803.7 มก./ล.					
ความเข้มข้นซิลเวอร์ : 1150 มก./ล.		ความเข้มข้นโครเมียม : 700 มก./ล.					
การทดลองที่	อัตราการเติม NaCl (เท)	ความเข้มข้นโลหะหนักในน้ำใส (มก./ล.)			ความเข้มข้นโลหะหนักในตะกอน (มก./ก.)		
		ซิลเวอร์	เมอร์คิวรี	โครเมียม	ซิลเวอร์	เมอร์คิวรี	โครเมียม
1	4.00	350	1407.00	700.00	688.20	267.50	0.00
2	4.00	380	1411.00	700.00	675.29	288.32	0.00
3	4.00	410	1397.00	690.00	688.23	297.61	0.00
4	4.00	280	1401.00	710.00	685.21	301.20	0.00
5	4.00	300	1367.00	690.00	679.87	278.23	0.00
เฉลี่ย	4.00	340	1396.60	698.00	683.36	286.57	0.00

ข) การตกตะกอนโลหะหนัก

ปริมาณน้ำเสีย : 5 ล.					ความเข้มข้นเมอร์คิวรี : 1396.6 มก./ล.		
ความเข้มข้นซัลเฟต : 0.34 ก./ล.					ความเข้มข้นโครเมียม : 698 มก./ล.		
การทดลองที่	อัตราการเติม NaCl (เท่ง)	ความเข้มข้นโลหะหนักในน้ำใส (มก./ล.)			ความเข้มข้นโลหะหนักในตะกอน (มก./ก.)		
		ซัลเฟต	เมอร์คิวรี	โครเมียม	ซัลเฟต	เมอร์คิวรี	โครเมียม
1	9.50	350	0.004	0.20	0.00	21.48	10.72
2	9.50	380	0.008	0.40	0.00	20.67	10.77
3	9.50	410	0.005	0.10	0.00	21.00	10.44
4	9.50	280	0.003	0.50	0.00	22.07	9.73
5	9.50	300	0.005	0.40	0.00	21.07	12.72
เฉลี่ย	9.50	340	0.005	0.32	0.00	21.26	10.88

ศูนย์วิทยาศาสตร์สุขภาพ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6. การทดสอบการนำกลับซิลเวอร์

การทดสอบการนำกลับซิลเวอร์ประกอบด้วย การนำซิลเวอร์คลอไรด์ที่ได้จากการทดสอบใน 5.3 มาทำการทดสอบ ซิลเวอร์คลอไรด์ที่ได้จะมีเมอร์คิวรีสคลอไรด์ปนอยู่ด้วย ในการทดสอบนี้จึงต้องมีการกำจัดเมอร์คิวรีสคลอไรด์ที่มีออกไป ด้วยการเติมสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ลงไปเพื่อละลายซิลเวอร์คลอไรด์ ส่วนเมอร์คิวรีสคลอไรด์จะตกตะกอนอยู่ในรูปเมอร์คิวรี-อามีน คอมเพล็กซ์ ทำให้สามารถแยกเมอร์คิวรีออกจากซิลเวอร์ได้

การนำกลับซิลเวอร์ ทำได้โดยนำโลหะทองแดงเติมในสารละลายซิลเวอร์-อามีนคอมเพล็กซ์ ซึ่งจะได้ซิลเวอร์เป็นผงสีเทา ส่วนโลหะทองแดงส่วนหนึ่งจะอยู่ในรูปสารละลาย และจะเหลือโลหะทองแดงที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาอยู่

6.1 การละลายตะกอนหลักซิลเวอร์

การละลายตะกอนหลักซิลเวอร์ ทำได้โดยการเติมสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณสารละลายที่ใช้ในการละลายตะกอนหลัก คิดเป็นจำนวนเท่าของค่าความต้องการทางทฤษฎี (หรือ X) โดย 1 X มีค่าเท่ากับ 0.648 ก.สารละลาย / ซิลเวอร์ 1 ก. หรือ 2.2 มล./ซิลเวอร์ 1 ก. การละลายตะกอนหลักซิลเวอร์ขึ้นอยู่กับปริมาณสารละลาย เนื่องจากสารละลายที่เติมลงไปจะทำปฏิกิริยากับเมอร์คิวรีสคลอไรด์ด้วย นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ทำปฏิกิริยา โดยความเข้มข้นซิลเวอร์ที่ละลายได้เพิ่มขึ้นตามเวลาเนื่องจากสารละลายที่เติมจะทำปฏิกิริยากับเมอร์คิวรีสคลอไรด์ก่อนที่จะทำปฏิกิริยากับซิลเวอร์คลอไรด์ ถ้าเวลาที่ใช้ทำปฏิกิริยาน้อย ความเข้มข้นซิลเวอร์ที่ได้จะน้อยตามไปด้วย

การทดสอบการละลายตะกอนหลักซิลเวอร์ ประกอบด้วย การทดสอบเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา และการทดสอบปริมาณสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์

6.1.1 การทดสอบเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

การทดสอบมีการแปรผันปริมาณสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 2 ค่า คือ 2.5 และ 3.0 เท่า ตะกอนที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นของซิลเวอร์เท่ากับ 654.23 มก./ก. พบว่าเมื่อเติมสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ในช่วง 5-10 นาทีแรก ความเข้มข้นซิลเวอร์ของสารละลายเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และเริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 40 นาที โดยพบว่าความเข้มข้นซิลเวอร์ของสารละลายที่ได้หลังจากการเติมแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์โดยใช้ เวลาในการทำปฏิกิริยา 60 นาที เป็น 146,210 และ 110,370 มก./ล. ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5.24

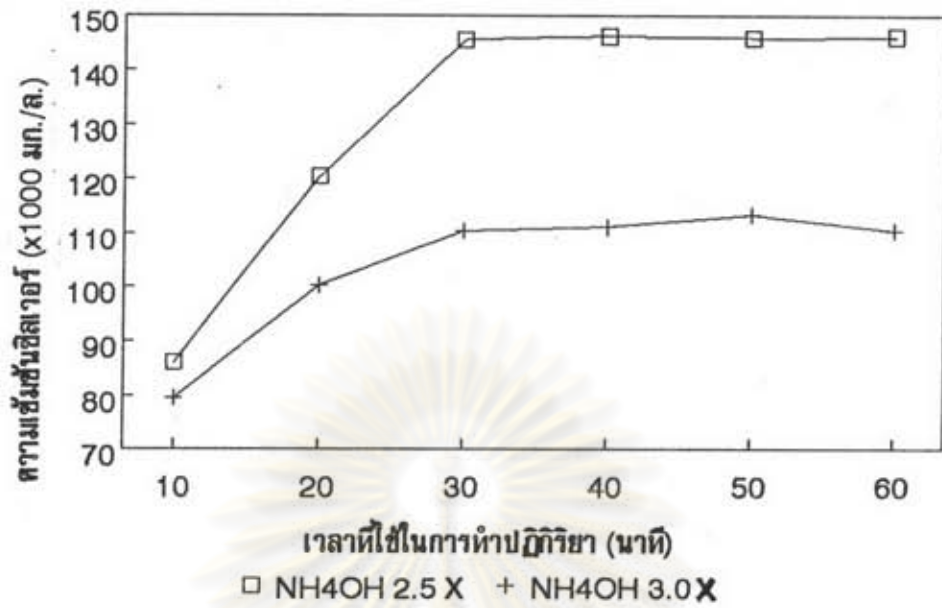
ในการทำปฏิกิริยาในช่วงแรกซึ่งได้สารละลายที่มีซิลเวอร์น้อย เนื่องจากแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ที่เติมจะทำปฏิกิริยากับเมอร์คิวรีคลอไรด์ ก่อนที่จะทำปฏิกิริยากับซิลเวอร์คลอไรด์ ส่วนเมอร์คิวรีคลอไรด์ที่ได้จะตกตะกอนเป็นสีดำซึ่งสามารถแยกออกจากสารละลายได้โดยง่าย

6.1.2 การทดสอบปริมาณสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์

การทดสอบมีการแปรผันปริมาณสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 6 ค่า คือ 1.0 , 1.5 , 2.0 , 2.5 , 3.0 และ 3.5 เท่า โดยเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาเป็น 30 นาที หากตะกอนที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นซิลเวอร์เท่ากับ 654.23 มก./ล.

จากการทดสอบ พบว่า อัตราการเติมสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ที่เหมาะสมคือ 2.5 เท่า เมื่ออัตราการเติมสารละลายน้อยกว่าอัตราการเติมสารละลายที่เหมาะสม ความเข้มข้นซิลเวอร์ของสารละลายที่ได้เพิ่มขึ้นกับอัตราสารละลายที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อเติมสารละลายในอัตราที่มากกว่าอัตราที่เหมาะสมแล้ว สารละลายที่ได้จากการละลายตะกอนมีความเข้มข้นเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เนื่องจากปริมาณซิลเวอร์ที่มีในตะกอนได้ละลายออกมาจนเกือบหมดแล้ว

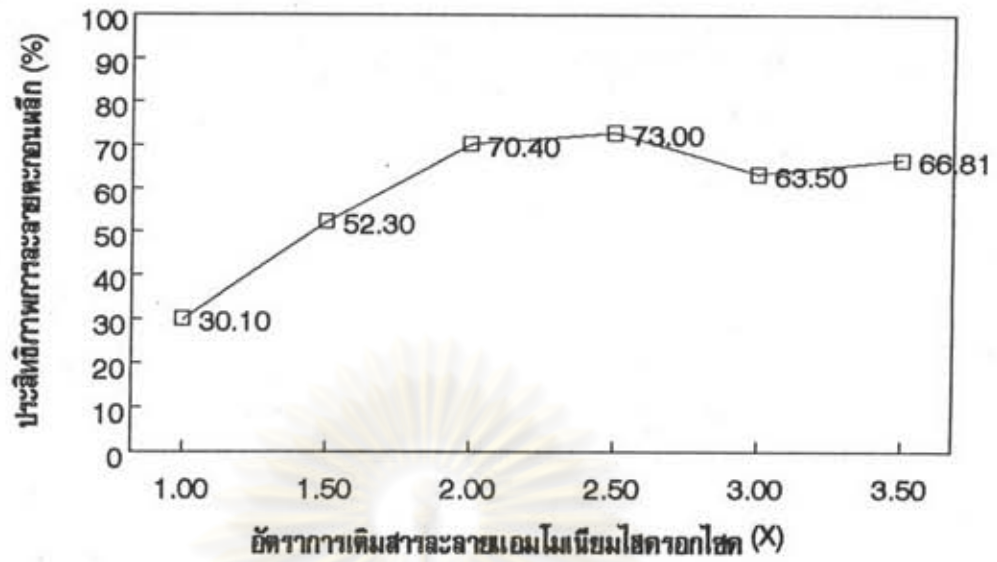
ประสิทธิภาพในการนำกลับของอัตราการเติมสารละลายแต่ละค่า เมื่อเทียบกับปริมาณซิลเวอร์ในน้ำเสียเป็น 30.1 , 52.3 , 70.4 , 73.0 , 63.5 และ 66.81เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สารละลายที่ได้มีความเข้มข้นในช่วง 98,507.1 - 177,943.7 มก./ล. ดังแสดงในรูปที่ 5.25 และ 5.26



รูปที่ 5.18 การละลายตะกอนฟอสเฟตที่เวลาในการทำปฏิกิริยาค่าต่างๆ โดยใช้สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ที่ 2.5X และ 3.0X



รูปที่ 5.19 การละลายตะกอนฟอสเฟตที่อัตราการใช้สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ค่าต่างๆ



รูปที่ 5.20 ประสิทธิภาพในการละลายตะกอนผลึกของอัตราการใช้สารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ที่ค่าต่างๆ

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.2 การทดสอบน้ำหนักกลับซิลเวอร์

การทดสอบการน้ำหนักกลับซิลเวอร์ ทำได้โดยนำสารละลายที่ได้โดยทำการทดสอบตาม 6.1 จากนั้นนำมาเติมโลหะทองแดงในปริมาณที่มากเกินไป เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาโดยซิลเวอร์จะตกตะกอนเป็นกากตะกอนสีเทา ส่วนโลหะทองแดงจะอยู่ในรูปสารละลายคอปเปอร์-อามีน คอมเพล็กซ์ โลหะทองแดงที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาจะอยู่ในรูปของแท่งโลหะเหมือนเดิม การน้ำหนักกลับซิลเวอร์ขึ้นอยู่กับปริมาณทองแดงที่ใช้ต้องมีปริมาณมากพอ เพื่อให้ซิลเวอร์เกิดการทำปฏิกิริยาได้หมด และเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต้องมีเวลามากพอ

การทดสอบในการน้ำหนักกลับซิลเวอร์ประกอบด้วย การทดสอบเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา และ การทดสอบการน้ำหนักกลับซิลเวอร์

6.2.1 การทดสอบเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

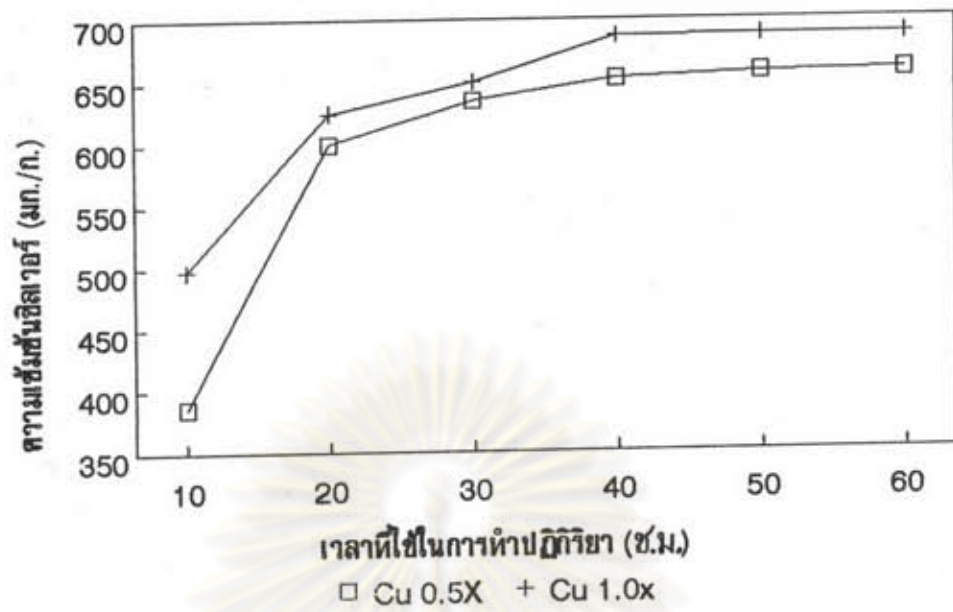
การทดสอบมีการแปรผันปริมาณโลหะทองแดงที่ใช้ 2 ค่า คือ 0.5 และ 1.0 เท่า สารละลายซิลเวอร์-อามีนที่ใช้ในการทดสอบมีความเข้มข้นซิลเวอร์เท่ากับ 151,069 มก./ล. พบว่า เมื่อเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาน้อยกว่าเวลาที่เหมาะสม ความเข้มข้นของซิลเวอร์ที่ได้เพิ่มขึ้นตามเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาที่มากขึ้น แต่เมื่อเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยามากกว่าเวลาที่เหมาะสม ค่าความเข้มข้นซิลเวอร์ที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก

ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงแรก ความเข้มข้นซิลเวอร์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และเริ่มคงที่เมื่อเวลาผ่านไป 30 ชั่วโมง โดยพบว่าความเข้มข้นซิลเวอร์ของตะกอนที่ได้หลังจากทำปฏิกิริยาแล้ว 30 ชั่วโมงเป็น 652.0 และ 686.0 มก./ก. ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 5.27

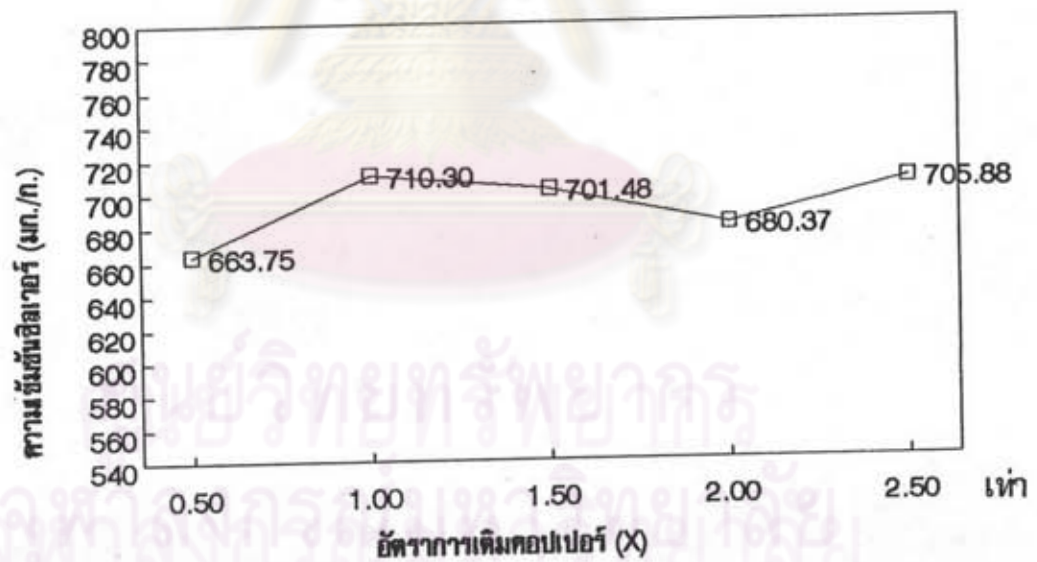
6.2.2 การทดสอบการน้ำหนักกลับซิลเวอร์

การทดสอบการน้ำหนักกลับซิลเวอร์ ทำได้โดยแปรผันปริมาณโลหะทองแดง 5 ค่า คือ 0.5 , 1.0 , 1.5 , 2.0 และ 2.5 เท่า โดยใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาเป็น 30 ชั่วโมง กากตะกอนที่นำมาทดสอบมีความเข้มข้นซิลเวอร์เป็น 150,198 มก./ก.

พบว่าความเข้มข้นซิลเวอร์ในตะกอนเป็น 663.75 , 710.30 , 701.48 , 680.37 และ 705.88 มก./ก. โดยมีประสิทธิภาพในการน้ำหนักกลับเมื่อเทียบกับความเข้มข้นซิลเวอร์ในน้ำเสียเป็น 68.65 , 70.50 , 72.08 , 71.53 และ 71.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อัตราการเติมปริมาณโลหะทองแดงที่เหมาะสมเป็น 2 เท่า โดยที่ตะกอนซิลเวอร์ที่ได้มีทองแดงและปรอทปนอยู่ด้วย ดังแสดงในรูปที่ 5.28 และ 5.29



รูปที่ 5.21 การนำกลับซิลเวอร์ที่เวลาในการทำปฏิกิริยาค่าต่างๆ โดยใช้คอปเปอร์ที่ 0.5X และ 1.0X



รูปที่ 5.22 ความเข้มข้นซิลเวอร์ในตะกอนซิลเวอร์ที่นำกลับที่อัตราการเติมคอปเปอร์ค่าต่างๆ

ในการเติมโลหะทองแดง ต้องเติมให้โลหะทองแดงมีปริมาณเพียงพอในการทำปฏิกิริยา ถ้าใช้ปริมาณโลหะทองแดงมากเกินไปทำให้เหลือโลหะทองแดงที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาอยู่มาก และซิลเวอร์ที่ได้จะเกาะบริเวณโลหะทองแดงเป็นส่วนใหญ่ ทำให้มีซิลเวอร์บางส่วนที่ติดไปกับโลหะทองแดง ซิลเวอร์ที่ได้จะมีปริมาณน้อยกว่าที่เกิดจริง ถ้าใช้ปริมาณโลหะทองแดงน้อยเกินไป ทำให้โลหะทองแดงไม่เพียงพอกับการทำปฏิกิริยา ซิลเวอร์ที่ได้มีปริมาณน้อย

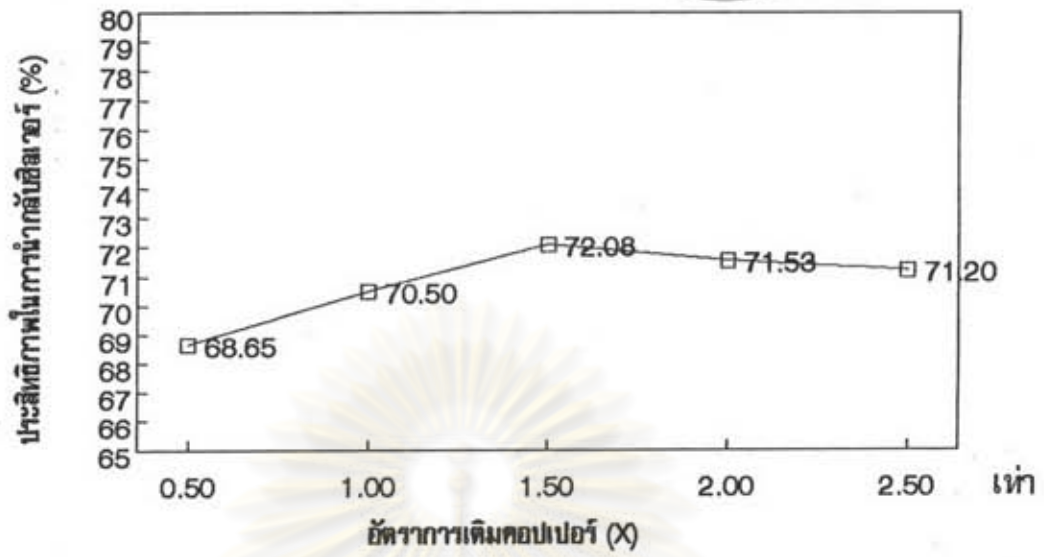
ผลการทดสอบที่ได้

การละลายตะกอนซิลเวอร์ พบว่าเวลาที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา คือ 30 นาที โดยมีอัตราการเติมสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ 2.5 เท่าของความต้องการทางทฤษฎี หรือ 4.90 มล./ภาคตะกอน 1ก. ในการนำกลับซิลเวอร์โดยใช้โลหะทองแดง เวลาที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา คือ 30 ชั่วโมง โดยมีอัตราการเติมโลหะทองแดง 2 เท่าของความต้องการทางทฤษฎี หรือ 0.12 ก./มล. สารละลาย $Ag(NH_3)_2$

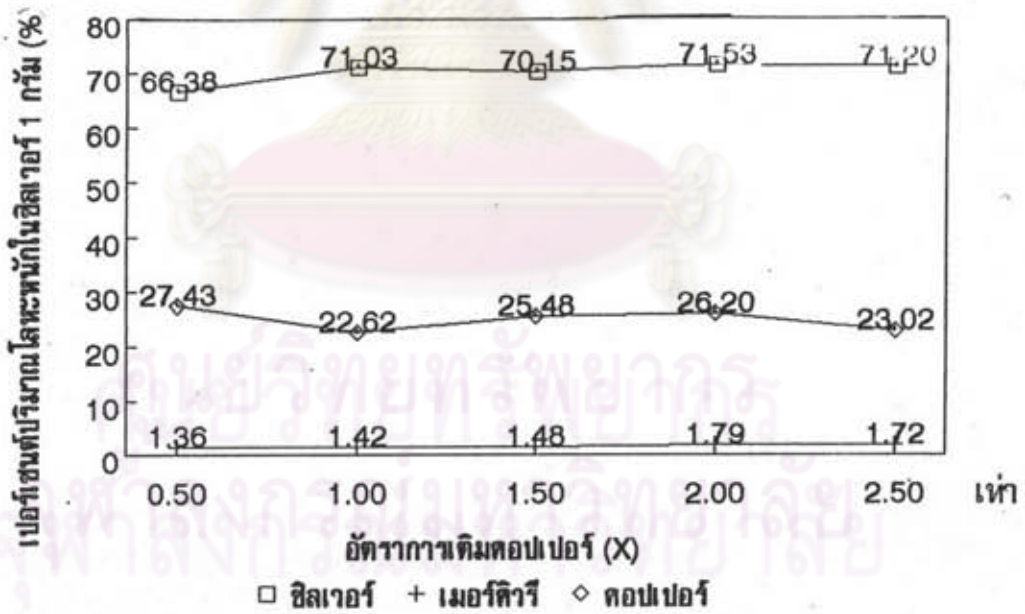
7. การทดสอบสารมลทินในซิลเวอร์ที่ได้จากการนำกลับ

การทดสอบนี้ ทำโดยนำผงซิลเวอร์ที่ได้จากการเติมโลหะทองแดงในอัตราต่างๆ คือ 0.5 , 1.0 , 1.5 , 2.0 และ 2.5 เท่า ของค่าความต้องการทางทฤษฎี มาหาปริมาณสารมลทินที่ปนอยู่ในซิลเวอร์ จากการทดสอบ พบว่ามีความเข้มข้นของทองแดงในตะกอนซิลเวอร์ เป็น 274.53 , 226.16 , 254.78 , 261.98 และ 230.15 มก./ก. ตามลำดับ โดยคิดเป็น 27.43 , 22.62 , 25.48 , 26.20 และ 23.02 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับน้ำหนักตะกอน 1 กรัม ความเข้มข้นของเมอร์คิวรีในตะกอนเป็น 13.64 , 14.17 , 14.86 , 17.87 และ 17.79 มก./ก. ตามลำดับ โดยคิดเป็น 1.36 , 1.42 , 1.48 , 1.79 และ 1.72 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับน้ำหนักตะกอน 1 กรัม ตามลำดับ

เห็นได้ว่า สารมลทินที่เจือปนอยู่ในซิลเวอร์เป็นส่วนใหญ่คือ โลหะทองแดง ซึ่งมีโดยเฉลี่ยประมาณ 25 % การมีโลหะทองแดงในตะกอนซิลเวอร์นี้ มาจากการที่โลหะทองแดงบางส่วนที่เป็นสารละลายคอปเปอร์-อามีน เกิดการเป็นฝ้า และเมื่อนำมากรองส่วนที่เป็นฝ้านี้ จะกลายเป็นผงสีฝ้าเล็กๆปนอยู่กับผงซิลเวอร์ สารมลทินอีกชนิดหนึ่ง คือเมอร์คิวรี ซึ่งมีโดยเฉลี่ยประมาณ 1.4 % โดยที่เมอร์คิวรีมีการตกตะกอนผลึกมาพร้อมกับซิลเวอร์ตั้งแต่ในการทดลอง 5.2.2 เมอร์คิวรีไม่สามารถกำจัดออกหมดได้ เนื่องจากในการละลายตะกอนผลึกมีการแยกตะกอนสีดำของเมอร์คิวรีออกจากสารละลายซิลเวอร์-อามีน โดยใช้กระดาษกรองจึงมีเมอร์คิวรีบางส่วนที่มีขนาดเล็กกว่ากระดาษกรองซึ่งไม่สามารถกำจัดออกได้



รูปที่ 5.23 ประสิทธิภาพในการนำกลับไข่ของตัวอ่อนที่อุณหภูมิต่างๆ



รูปที่ 5.24 ปริมาณสารเจือปนในตะกอนไข่ที่นำกลับได้โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่อุณหภูมิต่างๆ

8. การทดสอบซิลเวอร์ที่ได้จากการนำกลับ

การทดสอบซิลเวอร์ที่ได้จากการนำกลับ ทำได้โดยนำซิลเวอร์ที่ได้มาใช้ในการหาค่าซีไอดี โดยเทียบค่าความถูกต้องที่ได้จากค่าซีไอดีจากการใช้ซิลเวอร์ของรีเอเจนต์เกรดจากทฤษฎี ตามอัตราวิธีการเตรียมสารเคมี พบว่าใช้ซิลเวอร์ซิลเฟต 22 กรัมเติมลงไปในการดิลิวทรีด 2.5 ลิตรโดยในซิลเวอร์ซิลเฟตมีปริมาณซิลเวอร์อยู่จำนวน 15.2 กรัม ดังนั้น ซิลเวอร์ที่ได้จากการนำกลับเมื่อนำมาใช้ในการเตรียมสารเคมี ให้มีอัตราส่วนซิลเวอร์ในการดิลิวทรีดเท่ากับซิลเวอร์รีเอเจนต์เกรด จะใช้ซิลเวอร์ในอัตรา 15.2 กรัมโดยเติมในการดิลิวทรีด 2.5 ลิตร

ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 5.11 และ 5.12

จากผลการทดสอบพบว่า ค่าซีไอดีที่ได้โดยใช้ซิลเวอร์จากการนำกลับ มีค่าใกล้เคียงกับ ค่าซีไอดีที่ได้จากซิลเวอร์รีเอเจนต์เกรด

8.1 การทดสอบค่าซีไอดีแบบปิด

ในการทดสอบได้ใช้น้ำตัวอย่าง 5 ชนิด โดยแบ่งเป็น

8.1.1 สารละลายมาตรฐานกลูโคส โดยมีค่าซีไอดี 100 มก./ล.
เมื่อทำการทดสอบ 3 ครั้ง พบว่า ค่าซีไอดีเฉลี่ยโดยใช้ซิลเวอร์รีเอเจนต์เกรดเป็น 100.60 ในขณะที่ค่าซีไอดีเฉลี่ยโดยใช้ซิลเวอร์ที่ได้จากการนำกลับเป็น 97.60 ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้เมื่อเทียบกันแล้ว มีค่าความแตกต่างประมาณ 2.9 %

8.1.2 สารละลายมาตรฐานกลูโคส โดยมีค่าซีไอดี 300 มก./ล.
เมื่อทำการทดสอบ 3 ครั้ง พบว่า ค่าซีไอดีเฉลี่ยโดยใช้ซิลเวอร์รีเอเจนต์เกรดเป็น 297.78 ในขณะที่ค่าซีไอดีเฉลี่ยโดยใช้ซิลเวอร์ที่ได้จากการนำกลับเป็น 292.51 ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้เมื่อเทียบกันแล้ว มีค่าความแตกต่างประมาณ 1.77 %

8.1.3 สารละลายมาตรฐานกลูโคส โดยมีค่าซีไอดี 500 มก./ล.
เมื่อทำการทดสอบ 3 ครั้ง พบว่า ค่าซีไอดีเฉลี่ยโดยใช้ซิลเวอร์รีเอเจนต์เกรดเป็น 498.50 ในขณะที่ค่าซีไอดีเฉลี่ยโดยใช้ซิลเวอร์ที่ได้จากการนำกลับเป็น 496.33 ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้เมื่อเทียบกันแล้ว มีค่าความแตกต่างประมาณ 0.43 %

ตารางที่ 5.12 ผลการทดสอบค่าซีโอดีของซิลเวอร์ที่ได้จากการนำกลับ โดยใช้วิธีการพาสีโอดีแบบเปิด

การทดลองที่	ชนิด น้ำตัวอย่าง	ค่าซีโอดี มาตรฐาน	ค่าซีโอดีจาก Ag รีเอเจนต์ เกรด	ค่าซีโอดีจาก Ag ที่นำกลับ	% ความแตกต่าง เทียบกับ Ag รีเอเจนต์เกรด
1	กลูโคส	100	98.60	95.63	
2	กลูโคส	100	101.20	99.36	
3	กลูโคส	100	99.80	98.60	
ค่าเฉลี่ย		100	99.87	97.86	2 %
4	กลูโคส	300	298.50	294.32	
5	กลูโคส	300	300.00	298.60	
6	กลูโคส	300	302.50	299.70	
ค่าเฉลี่ย		300	300.33	297.54	0.93 %
7	กลูโคส	500	498.00	498.00	
8	กลูโคส	500	497.00	496.30	
9	กลูโคส	500	501.50	498.00	
ค่าเฉลี่ย		500	498.83	497.43	0.3 %
10	น้ำเสียร.พ.จุฬ	—	124.00	120.00	
11	น้ำเสียร.พ.จุฬ	—	125.00	123.56	
12	น้ำเสียร.พ.จุฬ	—	129.00	128.70	
ค่าเฉลี่ย			126.00	124.09	1.5 %
13	น้ำเสีย	—	257.80	256.30	
14	น้ำเสีย	—	257.80	257.60	
15	น้ำเสีย	—	255.80	255.00	
ค่าเฉลี่ย			257.13	256.30	0.3 %
					1 ±0.45 %

ตารางที่ 5.13 ผลการทดสอบค่าซีโอติของซิลเวอร์ที่ได้จากการนำกลับ โดยใช้วิธีการหาซีโอติแบบปิด

การทดลองที่	ชนิด น้ำตัวอย่าง	ค่าซีโอติ มาตรฐาน	ค่าซีโอติจาก Ag รีเอเจนต์ เกรด	ค่าซีโอติจาก Ag ที่นำกลับ	% ความแตกต่าง เทียบกับ Ag รีเอเจนต์เกรด
1	กลูโทส	100	99.20	95.72	
2	กลูโทส	100	99.20	92.99	
3	กลูโทส	100	103.40	104.10	
ค่าเฉลี่ย			100.60	97.60	2.9 %
4	กลูโทส	300	289.50	283.25	
5	กลูโทส	300	306.06	298.79	
6	กลูโทส	300	297.79	295.50	
ค่าเฉลี่ย			297.78	292.51	1.77 %
7	กลูโทส	500	497.00	495.00	
8	กลูโทส	500	497.00	497.00	
9	กลูโทส	500	501.50	497.00	
ค่าเฉลี่ย			498.50	496.33	0.43 %
10	น้ำเสียว.พ.จุฬ	—	125.00	123.00	
11	น้ำเสียว.พ.จุฬ	—	124.00	124.00	
12	น้ำเสียว.พ.จุฬ	—	128.00	126.00	
ค่าเฉลี่ย			125.67	124.33	1 %
13	น้ำเสียว	—	255.00	253.40	
14	น้ำเสียว	—	257.00	252.60	
15	น้ำเสียว	—	256.00	255.30	
ค่าเฉลี่ย			256.00	253.77	0.89 %
					1.4 ± 0.75 %

8.1.4 น้ำเสียจากโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

เมื่อทำการทดสอบ 3 ครั้ง พบว่า ค่าซีไอดีเฉลี่ยโดยวิธีซิลเวอร์รีเอ-เจนต์เกรดเป็น 125.67 ในขณะที่ค่าซีไอดีเฉลี่ยโดยวิธีซิลเวอร์ที่ได้จากการนำกลับเป็น 124.33 ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้เมื่อเทียบกันแล้ว มีค่าความแตกต่างประมาณ 1 %

8.1.5 น้ำเสียจากรางระบายน้ำเสีย คณะวิศวกรรมศาสตร์

เมื่อทำการทดสอบ 3 ครั้ง พบว่า ค่าซีไอดีเฉลี่ยโดยวิธีซิลเวอร์รีเอ-เจนต์เกรดเป็น 256.00 ในขณะที่ค่าซีไอดีเฉลี่ยโดยวิธีซิลเวอร์ที่ได้จากการนำกลับเป็น 253.77 ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้เมื่อเทียบกันแล้ว มีค่าความแตกต่างประมาณ 0.87 %

จากการทดสอบโดยใช้น้ำตัวอย่าง 5 ชนิด จะเห็นได้ว่าค่าแตกต่างระหว่างค่าซีไอดีเฉลี่ยของซิลเวอร์รีเอเจนต์เกรด และซิลเวอร์ที่ได้จากการนำกลับ มีค่าต่างกันเล็กน้อย ซึ่งเมื่อคิดค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างแล้วจะได้ 1.4 ± 0.75 % ซึ่งค่าดังกล่าวให้ผลการวัดค่าซีไอดีคลาดเคลื่อนเล็กน้อยเท่านั้น

8.2 การทดสอบค่าซีไอดีแบบเปิด

ในการทดสอบได้ใช้น้ำตัวอย่าง 5 ชนิด โดยแบ่งเป็น

8.2.1 สารละลายมาตรฐานกลูโคส โดยมีค่าซีไอดี 100 มก./ล.

เมื่อทำการทดสอบ 3 ครั้ง พบว่า ค่าซีไอดีเฉลี่ยโดยวิธีซิลเวอร์รีเอเจนต์เกรดเป็น 99.87 ในขณะที่ค่าซีไอดีเฉลี่ยโดยวิธีซิลเวอร์ที่ได้จากการนำกลับเป็น 97.86 ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้เมื่อเทียบกันแล้ว มีค่าความแตกต่างประมาณ 2 %

8.2.2 สารละลายมาตรฐานกลูโคส โดยมีค่าซีไอดี 300 มก./ล.

เมื่อทำการทดสอบ 3 ครั้ง พบว่า ค่าซีไอดีเฉลี่ยโดยวิธีซิลเวอร์รีเอ-เจนต์เกรดเป็น 300.33 ในขณะที่ค่าซีไอดีเฉลี่ยโดยวิธีซิลเวอร์ที่ได้จากการนำกลับเป็น 297.54 ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้เมื่อเทียบกันแล้ว มีค่าความแตกต่างประมาณ 0.93 %

8.2.3 สารละลายมาตรฐานกลูโคส โดยมีค่าซีไอดี 500 มก./ล.

เมื่อทำการทดสอบ 3 ครั้ง พบว่า ค่าซีไอดีเฉลี่ยโดยวิธีซิลเวอร์รีเอเจนต์เกรดเป็น 501.50 ในขณะที่ค่าซีไอดีเฉลี่ยโดยวิธีซิลเวอร์ที่ได้จากการนำกลับเป็น 497.43 ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้เมื่อเทียบกันแล้ว มีค่าความแตกต่างประมาณ 0.30 %

8.2.4 น้ำเสียจากโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

เมื่อทำการทดสอบ 3 ครั้ง พบว่า ค่าซีโอดีเฉลี่ยโดยวิธีซิลเวอร์รีเอเจนต์เกรดเป็น 126.00 ในขณะที่ค่าซีโอดีเฉลี่ยโดยวิธีซิลเวอร์ที่ได้จากการนำกลับเป็น 124.09 ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้เมื่อเทียบกันแล้ว มีค่าความแตกต่างประมาณ 1.5 %

8.2.5 น้ำเสียจากรางระบายน้ำเสีย คณะวิศวกรรมศาสตร์

เมื่อทำการทดสอบ 3 ครั้ง พบว่า ค่าซีโอดีเฉลี่ยโดยวิธีซิลเวอร์รีเอเจนต์เกรดเป็น 257.13 ในขณะที่ค่าซีโอดีเฉลี่ยโดยวิธีซิลเวอร์ที่ได้จากการนำกลับเป็น 256.30 ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้เมื่อเทียบกันแล้ว มีค่าความแตกต่างประมาณ 0.30 %

จากการทดสอบโดยใช้น้ำตัวอย่าง 5 ชนิด จะเห็นได้ว่าค่าแตกต่างระหว่างค่าซีโอดีเฉลี่ยของซิลเวอร์รีเอเจนต์เกรด และซิลเวอร์ที่ได้จากการนำกลับ มีค่าต่างกันเล็กน้อย ซึ่งเมื่อคิดค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างแล้วจะได้ 1 ± 0.45 % ซึ่งค่าดังกล่าวให้ผลการวัดค่าซีโอดีคลาดเคลื่อนเล็กน้อยเท่านั้น

เมื่อพิจารณาถึงการนำซิลเวอร์จากการนำกลับนำไปใช้ในการทดลองวิเคราะห์ค่าซีโอดีแต่ละวิธีแล้ว พบว่าการนำไปใช้ในการวิเคราะห์ค่าซีโอดีแบบ close dichromate reflux มีความคลาดเคลื่อนมากกว่า การใช้วิธีแบบ open dichromate reflux เนื่องจากวิธี close dichromate reflux ใช้ปริมาณสารเคมีที่น้อย โอกาสในการคลาดเคลื่อนจึงเกิดได้สูงกว่า

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

9. การนำผลทดสอบไปใช้งาน

การนำผลทดสอบไปใช้งาน แบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนระบบบำบัดน้ำเสีย และ ส่วนน้ำกลับซิลเวอร์ โดยกำหนดให้ปริมาณของสารเคมีที่ใช้ในแต่ละส่วนมีหน่วยเกี่ยวกับการบำบัดน้ำเสีย 1 ลิตร

ส่วนระบบบำบัดน้ำเสีย ประกอบด้วย การทดสอบหาค่าพีเอช และเวลาในการตกตะกอนที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย รวมทั้งปริมาณกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการปรับค่าพีเอชของน้ำ ที่ผ่านการบำบัดให้เป็นกลาง

ในส่วนการนำกลับซิลเวอร์ ประกอบด้วย การตกตะกอนผลึกซิลเวอร์ การละลายตะกอนผลึกซิลเวอร์เพื่อแยกเมอร์คิวรี และการนำกลับซิลเวอร์

จากผลการทดสอบซึ่งเริ่มจากการตกตะกอนผลึกซิลเวอร์ก่อนการบำบัดน้ำเสียโดยใช้โซเดียมคลอไรด์เป็นสารเคมี ปริมาณที่เหมาะสมในการตกตะกอนผลึกคือ การเติมโซเดียมคลอไรด์ 4 เท่าของค่าความต้องการทางทฤษฎี หรือ 2.5 มิลลิกรัม/น้ำเสีย 1 ลิตร โดยปริมาณตะกอนซิลเวอร์ที่ตกตะกอนผลึกประมาณ 1.3 กรัม ประกอบด้วยซิลเวอร์ 687.33 มก./ก. และเมอร์คิวรี 400.52 มก./ก.

หลังจากการตกตะกอนซิลเวอร์แล้ว น้ำเสียจะนำมาบำบัดน้ำเสียต่อ สารเคมีที่เหมาะสมในการตกตะกอนผลึกโลหะหนัก คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยสภาวะที่เหมาะสม คือ การปรับค่าพีเอชเป็น 9.5 และเวลาในการตกตะกอนผลึก 150 นาที น้ำใสที่ได้หลังจากการตกตะกอนโลหะหนัก จะมีค่าเมอร์คิวรีประมาณ 0.005 มก./ล. และค่าโครเมียมประมาณ 0.32 มก./ล. และมีค่าพีเอชของน้ำใสที่ผ่านการบำบัดแล้วประมาณ 9.51 ปริมาณกรดซัลฟิวริกที่ใช้ในการปรับค่าพีเอชให้เป็นกลางประมาณ 12.70 มล./น้ำเสีย 1 ลิตร ส่วนตะกอนโลหะหนักพบว่า มีปริมาณตะกอนประมาณ 300 มล./ล. และปริมาณตะกอน 63 กรัม โดยมีความเข้มข้นเมอร์คิวรีในตะกอนประมาณ 21.25 มก./ก. และความเข้มข้นของโครเมียมในตะกอนประมาณ 11 มก./ล.

ในส่วนของการนำกลับซิลเวอร์ โดยนำตะกอนซิลเวอร์ที่ได้ในขั้นตอนของการตกตะกอนซิลเวอร์มาทดสอบ ซึ่งได้ปริมาณตะกอนซิลเวอร์ประมาณ 1.3 กรัม/น้ำเสีย 1 ลิตร ในการละลายตะกอนผลึก สารเคมีที่เหมาะสม คือ แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ โดยมีสภาวะที่เหมาะสมคือ 2.5 เท่าของค่าความต้องการทางทฤษฎี หรือ 4.90 มล./กรัมของกากตะกอน ดังนั้น ปริมาณสารละลายแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้คือน้ำเสีย 1 ลิตร คือ 6.37 มิลลิกรัม เวลาในการทำ

ปฏิบัติการ 30 นาที โดยจะได้สารละลายซิลเวอร์-อามีนคอมเพล็กซ์ประมาณ 5.6 มล. ซึ่งนำไปใช้ในการนำกลับซิลเวอร์ต่อไป

การนำกลับซิลเวอร์ สารเคมีที่ใช้คือ โลหะทองแดง โดยสภาวะที่เหมาะสมคือ 2 เท่าของค่าความต้องการทางทฤษฎี หรือ 0.12 กรัมของสารละลายซิลเวอร์-อามีน โดยปริมาณโลหะทองแดงที่ใช้เมื่อเทียบกับน้ำเสีย 1 ลิตร คือ 0.672 ก. เวลาในการทำปฏิบัติการ 30 ชั่วโมง โดยได้ตะกอนที่ได้จากการนำกลับประมาณ 0.095 ก./น้ำเสีย 1 ลิตร และมีความบริสุทธิ์ประมาณ 72 % และมีสารปนเปื้อน ได้แก่ ทองแดง 25 % และเมอร์คิวรี 1.4 %

อัตราการเติมสารเคมี และปริมาณสารเคมีที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการทดสอบได้แสดงในตารางที่ 5.14

ตารางที่ 5.14 แสดงอัตราการเติมสารเคมีและปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการทดสอบแต่ละขั้น

ขั้นตอน	สารเคมีที่ใช้	จำนวนเท่าของค่าความต้องการทางทฤษฎี (เท่า)	ปริมาณที่ใช้ต่อน้ำเสีย 1 ลิตร (มล.)	ปริมาณสารละลายต่อน้ำเสีย 1 ลิตร (มล.)	ปริมาณตะกอนที่ได้ต่อน้ำเสีย 1 ลิตร (กรัม)
- การตกตะกอนผลึกซิลเวอร์	- โซเดียมคลอไรด์	4	2.5	980	1.3
- การตกตะกอนผลึกโลหะหนัก	- โซเดียมไฮดรอกไซด์	-	เติมจนค่า pH = 9.5	1900	13
- การปรับพีเอชของน้ำใส	- กรดซัลฟิวริก	-	12.70	1900	-
- การละลายตะกอนผลึกซิลเวอร์	- แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์	2.5	6.37	5.6	0.5 (ตะกอน H_2)
- การนำกลับซิลเวอร์	- โลหะทองแดง	2	7.64 ก.	-	0.905

ตารางที่ 5.15 แสดงประสิทธิภาพในการนำกลับซิลเวอร์ในแต่ละขั้นตอน

* ภาคตะกอน

ขั้นตอน	Ag ใน น้ำเสีย มก./ล	Ag เริ่มต้น การทดสอบ มก./ล. มก./ก.*	ปริมาณ สารเริ่มต้น มล. ก.*	ปริมาณ Ag ที่ได้ มล. ก.*	ความเข้มข้น Ag ที่ได้ มก./ล. มก./ก.	% นำกลับ เทียบกับ Ag ทั้งหมด	% นำกลับ เทียบกับ Ag เริ่มต้น
1. การตกตะกอน ผลึกซิลเวอร์	1150	1150	1000	1.3 ^m	687.23	89.34	89.34
2. การละลาย ตะกอนผลึก ซิลเวอร์	1150	654.23 ^m	10 ^m	43	150,179	73.00	98.70
3. การนำกลับ ซิลเวอร์	1150	161,300	40	9.09	701.48	72.08	98.8

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

การศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์ของการจัดตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย ประกอบด้วยการศึกษา การประมาณรายจ่าย การประมาณรายรับ และการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ ได้แก่ การหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value) อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return) และ ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

รูปแบบของระบบบำบัดน้ำเสียที่ทำการจัดตั้ง ได้นำมาจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ ในส่วนของการบำบัดน้ำเสียโดยใช้แบบจำลอง โดยที่ในการจัดตั้งระบบน้ำกลั่นชีวภาพและระบบบำบัดน้ำเสียนี้ได้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของอุปกรณ์ของระบบ ทั้งนี้เพื่อให้เหมาะสมกับการลงทุน

โดยในการวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

1. การคิดค่าใช้จ่ายขึ้นต้นเฉพาะค่าสารเคมีและค่าบำบัดตะกอน
2. การคิดค่าใช้จ่ายทั้งหมด โดยจัดตั้งเป็นหน่วยบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง

1. การคิดค่าใช้จ่ายขึ้นต้นเฉพาะค่าสารเคมีและค่าบำบัดน้ำเสีย

ห้องปฏิบัติการแต่ละแห่ง สามารถบำบัดน้ำเสียที่โอดีที่เกิดขึ้นได้ โดยการจัดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียขนาดเล็กขึ้น โดยใช้รูปแบบเดียวกันกับแบบจำลองที่ใช้ในการวิจัยนี้ ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นคือค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (operating cost) ประกอบด้วย ค่าสารเคมี และค่าบำบัดตะกอน

1.1 ค่าสารเคมี

ค่าสารเคมี แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ค่าสารเคมีที่ใช้กับระบบบำบัดน้ำเสีย และค่าสารเคมีที่ใช้กับระบบน้ำกลั่นชีวภาพ

1.1.1 ค่าสารเคมีที่ใช้กับระบบบำบัดน้ำเสีย ประกอบด้วยสารเคมี 2 ชนิด คือ 50 % โซเดียมไฮดรอกไซด์ และ 0.018 นอร์มัลของกรดซัลฟิวริก โดยรายการแสดงค่าสารเคมีต่อการบำบัดน้ำเสีย 1 ลิตร แสดงในตารางที่ 5.16

1.1.2 ค่าสารเคมีที่ใช้กับระบบน้ำกลั่นชีวภาพ ประกอบด้วยสารเคมี 3 ชนิด คือ โซเดียมคลอไรด์ สารละลายแอมโมเนียไฮดรอกไซด์ 30 % และ โทเททองแดง โดยแสดงค่าสารเคมีต่อการบำบัดน้ำเสีย 1 ลิตร แสดงในตารางที่ 5.16



ตารางที่ 5.16 แสดงค่าสารเคมีต่อการบำบัดน้ำเสีย 1 ลิตร

ชนิดสารเคมี	ปริมาณที่ใช้ต่อ น้ำเสีย 1 ลิตร (มิลลิลิตร)	ค่าสารเคมีต่อ น้ำเสีย 1 ลิตร (บาท)
<u>ส่วนบำบัดน้ำเสีย</u>		
- 50 % NaOH	430	6.54
- 0.018 N H ₂ SO ₄	13	0.106
<u>ส่วนตกตะกอน</u>		
<u>ซิลเวอร์</u>		
- NaCl	25	0.45
- 30 % NH ₄ OH	6.37	0.914
- Cu ⁺	0.67 ก.	0.618
รวมค่าสารเคมี		8.63

ศูนย์วิจัยการแพทย์ป้องกันโรค
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 ค่าบำบัดตะกอน

ค่าบำบัดตะกอนแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ค่าบำบัดตะกอนของระบบบำบัดน้ำเสีย และค่าบำบัดตะกอนของระบบน้ำกลั่นชีวภาพ โดยกำหนดให้ภาคตะกอนที่ได้นำไปบำบัดยังศูนย์กำจัดกากแสมคำ เขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีอัตราในการบำบัดดังนี้

ค่าขนส่งตะกอนจากศูนย์บำบัดน้ำเสียไปยังศูนย์กำจัดกาก	2	บาท/ตัน-กม.
ค่าขนส่งตะกอนจากศูนย์กำจัดกากไปยังราชบุรี	2	บาท/ตัน-กม.
ค่าบำบัดตะกอนที่ศูนย์กำจัดกากแสมคำ	450	บาท/ตัน
ค่าจัดการฝังตะกอนที่ราชบุรี	100	บาท/ตัน
ระยะทางจากศูนย์กำจัดกากแสมคำไปราชบุรี	100	บาท/ตัน

ปริมาณภาคตะกอนที่เกิดจากการบำบัดน้ำเสียและจากการน้ำกลั่นชีวภาพประมาณ 100 กรัมค่อน้ำเสีย 1 ลิตร

เนื่องจากค่ากำจัดตะกอนขึ้นอยู่กับระยะทางจากแต่ละห้องปฏิบัติการ กับศูนย์กำจัดกากแสมคำอีกด้วย ดังนั้นห้องปฏิบัติการแต่ละแห่งจึงมีค่ากำจัดกากตะกอนที่ต่างกันไปตามระยะทาง ทำให้ค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากตะกอนแตกต่างกันไป ดังแสดงในตารางที่ 5.17

ตัวอย่างในการคำนวณ ได้ใช้ค่าเฉลี่ยของระยะทางทุกห้องปฏิบัติการถึงศูนย์กำจัดกากแสมคำ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 23 กม. ระยะทางไป-กลับ เท่ากับ 46 กม.

$$\begin{aligned}
 \text{ค่ากำจัดกากตะกอน} &= \text{ค่าขนส่งตะกอนจากแสมคำไปราชบุรี} + \\
 &\quad \text{ค่าจัดการฝังตะกอนที่ราชบุรี} + \\
 &\quad \text{ค่าบำบัดตะกอนที่ศูนย์กำจัดกาก} + \\
 &\quad \text{ค่าขนส่งตะกอนจากห้องปฏิบัติการไปศูนย์กำจัดกาก} \\
 &= (2 \times 100 \times 10^{-6} \times 100) + \\
 &\quad (100 \times 100 \times 10^{-6}) + \\
 &\quad (450 \times 100 \times 10^{-6}) + \\
 &\quad (2 \times 100 \times 10^{-6} \times 46) \\
 &= 0.08
 \end{aligned}$$

2. การจัดตั้งหน่วยบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง

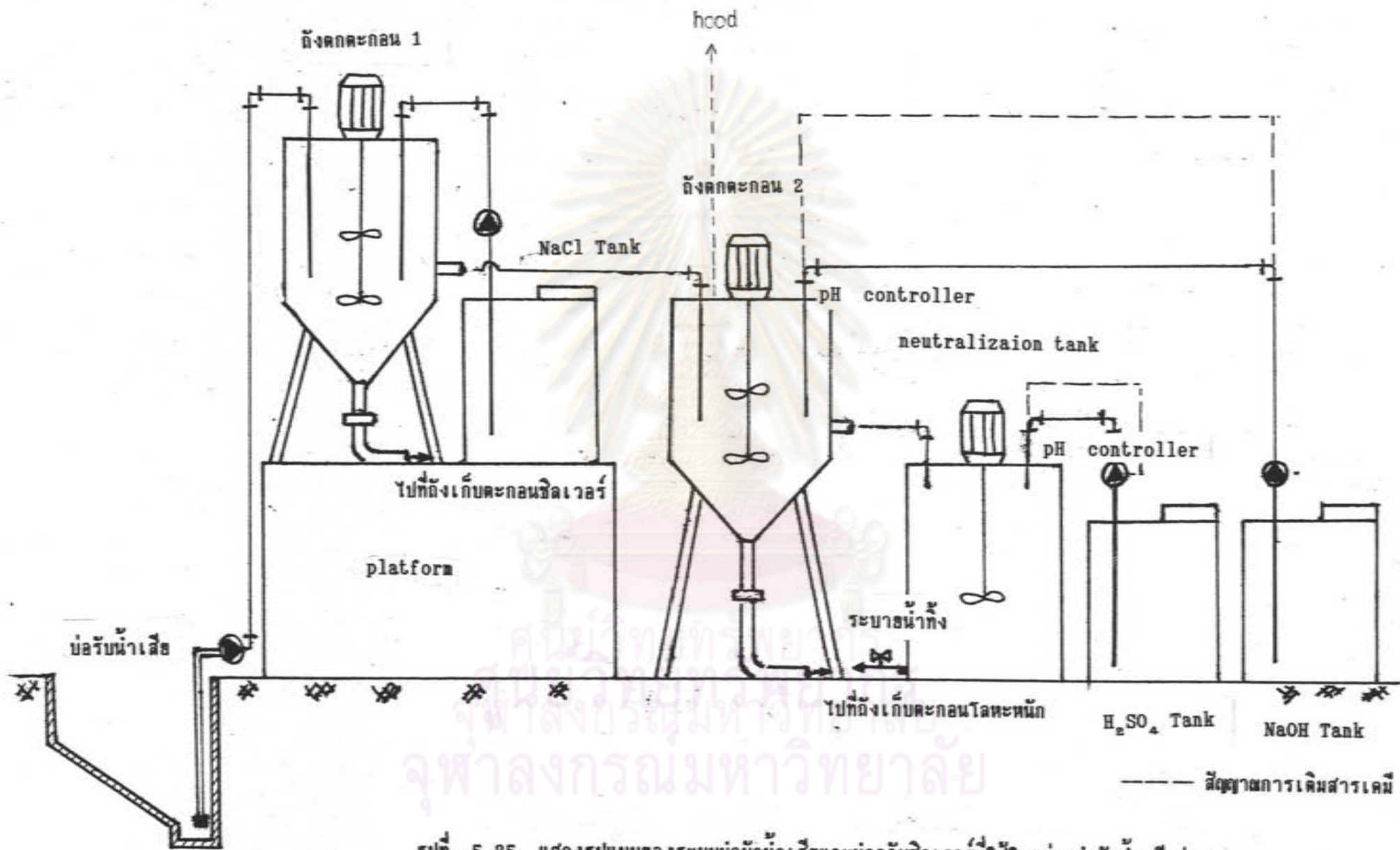
รูปแบบของระบบบำบัดน้ำเสียและน้ำกลับซิลเวอร์ได้แสดงในรูปที่ 5.34 ประกอบด้วย

- | | |
|------------------------------------|---------------------------------|
| 1. ส่วนรวบรวมน้ำเสีย | 2. ส่วนตกตะกอนผลึกซิลเวอร์ |
| - บ่อเก็บกักน้ำเสีย | - ถังตกตะกอนผลึกซิลเวอร์ 1 |
| - เครื่องสูบกระบังลม | - เครื่องกวน 1 |
| - เครื่องอัดอากาศ | - เครื่องสูบสารเคมี 1 |
| | - ถังเก็บสารละลายโซเดียมคลอไรด์ |
| 3. ส่วนบำบัดน้ำเสีย | 4. ส่วนปรับสภาพให้เป็นกลาง |
| - ถังตกตะกอนผลึกโลหะหนัก 2 | - ถังปรับสภาพให้เป็นกลาง |
| - เครื่องกวน 2 | - เครื่องกวน 3 |
| - เครื่องปรับพีเอช | - เครื่องปรับพีเอช |
| - เครื่องสูบสารเคมี 2 | - ถังเก็บกรดซัลฟิวริก |
| - ถังเก็บสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ | - เครื่องสูบสารเคมี 3 |

ปริมาณน้ำเสียที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียครั้งละ 200 ลิตร เริ่มจากการสูบน้ำเสียจากบ่อเก็บกักน้ำเสียมายังถังตกตะกอนผลึกซิลเวอร์เพื่อตกตะกอนผลึกซิลเวอร์ก่อน จากนั้นจึงเข้าไปยังส่วนบำบัดน้ำเสียเพื่อกำจัดตะกอนโลหะหนักออกจากน้ำ และนำน้ำไปปรับสภาพให้เป็นกลางเพื่อที่นำไประบายทิ้งได้ ในส่วนของการนำกลับซิลเวอร์นั้น อุปกรณ์ที่ใช้ในการนำกลับซิลเวอร์หลังจากที่ได้ตะกอนผลึกซิลเวอร์มาแล้ว ให้ใช้อุปกรณ์ของห้องปฏิบัติการในการนำกลับ เช่น บีกเกอร์ กระจกทรง เป็นต้น ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ทางห้องปฏิบัติการมีในการทำงานอยู่แล้ว ในการคิดค่าใช้จ่ายจึงมีเพียงการคิดในส่วนของ การตกตะกอนผลึกซิลเวอร์ และค่าสารเคมีที่ใช้ในการนำกลับเท่านั้น

ในการบำบัดน้ำเสียในแต่ละปี ได้นำตัวเลขที่ได้จากการพยากรณ์น้ำเสียในอนาคตใน 5.1.3 มาคิดจำนวนครั้งในการบำบัดน้ำเสียต่อปี โดยปริมาณน้ำเสียเฉลี่ยต่อเดือนในแต่ละปี เท่ากับ 546.6 , 661.0 , 799.3 , 986.5 และ 1168.8 ดังนั้น จำนวนครั้งในการบำบัดน้ำเสียตั้งแต่ปีที่ 1 - 5 เป็นดังนี้ 34 , 40 , 46 , 53 และ 62 ครั้ง ตามลำดับ

ที่ตั้งของระบบบำบัดน้ำเสียได้กำหนดให้ใช้สถานที่ของ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยคิดอายุของโครงการ 5 ปี



รูปที่ 5.25 แสดงรูปแบบของระบบบำบัดน้ำเสียและน้ำกลับซิลเวอร์ที่ใช้ในหน่วยบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง

2.1 การประมาณรายจ่าย

การประมาณรายจ่าย แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

2.1.1 ส่วนที่เป็นต้นทุนสินทรัพย์ถาวร และค่าใช้จ่ายก่อนดำเนินงาน
 ในส่วนนี้ เนื่องจากมีการกำหนดสถานที่ตั้งของระบบบำบัดน้ำเสีย
 ตั้งที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในการศึกษาจึงกำหนดให้ไม่มีการคิดค่าเช่าที่ ดังนั้นจึงไม่คิดค่า
 ใช้จ่ายในส่วนของที่ดินและตัวอาคาร ในกรณีที่ใช้สถานที่อื่นในการเป็นหน่วยบำบัดน้ำเสียส่วนกลาง
 ต้องมีการคิดค่าเช่าที่ดินด้วย

ในส่วนของอุปกรณ์ที่ใช้ และค่าใช้จ่ายก่อนการดำเนินงานของระบบ
 บำบัดน้ำเสียได้มีการประมาณรายจ่ายโดยแสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ฉ.

2.1.2 ส่วนที่เป็นเงินทุนหมุนเวียน
 ได้แก่ ค่าใช้จ่ายจากการดำเนินงานในแต่ละปี โดยพิจารณาใน
 ด้านต่างๆดังต่อไปนี้

ก) ค่าบำรุงรักษา

ข) ค่าสารเคมี

ค) ค่าไฟฟ้า

ง) ค่าน้ำ

จ) ค่าแรงงาน

ฉ) ค่ากำจัดกากตะกอน

โดยที่ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ พิจารณาตั้งแต่ปีที่ 1 จนถึง ปีที่ 5 ของ
 โครงการ โดยแสดงในภาคผนวก ฉ.

ค่าใช้จ่ายส่วนที่เป็นเงินหมุนเวียน ในแต่ละส่วน ซึ่งได้แก่ ค่าบำรุงรักษา ค่าสารเคมี ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำ ค่าแรงงาน และค่าภาคตะกอน ทำให้ได้ค่าใช้จ่ายรายปีในแต่ละปี โดยแสดงในตารางที่ 5.17

ตารางที่ 5.17 แสดงค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของระบบบำบัดน้ำเสียในแต่ละปี

รายการ	ปี				
	1	2	3	4	5
ค่าบำรุงรักษา	14,365	16,204	18,043	19,882	21,721
ค่าสารเคมี	41,579	54,747	64,847	76,957	92,726
ค่าไฟฟ้า	730	859	987	1,138	1,331
ค่าน้ำ	347	408	469	541	632
ค่าแรงงาน	17,000	22,000	27,830	35,272	45,387
ค่าบำบัดภาคตะกอน	619	728	837	965	1,128
ดอกเบี้ย 10 % ของเงินลงทุน	36,000	36,000	36,000	36,000	36,000
รวมค่าใช้จ่ายรายปี	110,840	130,946	149,013	170,755	198,925

ตารางที่ 5.18 แสดงค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของระบบนำกลับซิลเวอร์ในแต่ละปี

รายการ	ปี				
	1	2	3	4	5
ค่าบำรุงรักษา	3,436	3,893	4,350	4,807	5,264
ค่าสารเคมี	13,430	16,274	19,277	22,876	27,563
ค่าไฟฟ้า	49	57	66	76	89
ค่าน้ำ	425	500	575	663	775
ค่าแรงงาน	17,000	22,000	27,830	35,272	45,387
ค่าบำบัดอากาศก่อน ออกเบส 10 % ของ เงินลงทุน	62	73	84	96	113
	7,000	7,000	7,000	7,000	7,000
รวมค่าใช้จ่ายรายปี	41,402	49,797	59,182	70,790	86,191

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.2 การประมาณรายรับ

รายรับที่ได้ในการจัดตั้งศูนย์บำบัดน้ำเสีย ได้แก่

2.2.1 รายรับจากการบำบัดน้ำเสียของแต่ละห้องปฏิบัติการ จากการสัมภาษณ์ข้อมูลเบื้องต้น พบว่าอัตราค่าบำบัดน้ำเสียของแต่ละห้องปฏิบัติการขอมรับอยู่ในช่วง 5-10 % ของค่าวิเคราะห์ซีโอดีของแต่ละห้องปฏิบัติการ ดังนั้นในการคิดรายรับจึงพิจารณาอัตราค่าบำบัดน้ำเสียที่ 3 % , 5 % และ 10 % เพื่อพิจารณาว่าอัตราใดมีความเหมาะสมกับการนำมาใช้งานมากที่สุด จากตาราง 5.8 ค่าวิเคราะห์ซีโอดีเฉลี่ยมีค่าเป็น 250 บาท ค่อน้ำเสียซีโอดีเฉลี่ย 276 มล. ซึ่งเทียบได้เป็นค่าวิเคราะห์ 900 บาทค่อน้ำเสียซีโอดี 1 ลิตร

ค่าบริการบำบัดน้ำเสีย 3 % คิดเป็นเงิน 27 บาทค่อน้ำเสีย 1 ลิตร

ค่าบริการบำบัดน้ำเสีย 5 % คิดเป็นเงิน 45 บาทค่อน้ำเสีย 1 ลิตร

ค่าบริการบำบัดน้ำเสีย 10 % คิดเป็นเงิน 100 บาทค่อน้ำเสีย 1 ลิตร

รายรับจากการบำบัดน้ำเสียในแต่ละปี แสดงในตารางที่ 5.19

2.2.2 รายรับจากการนำกลับซิลเวอร์ โดยพบว่าน้ำเสีย 1 ลิตร ซิลเวอร์ที่ได้จากการนำกลับประมาณ 0.905 กรัม ซึ่งซิลเวอร์ผงนี้ต้องนำไปเติมในกรดซัลฟิวริกก่อนจึงจะนำไปใช้ในการหาค่าวิเคราะห์ซีโอดีได้ จากการทดสอบที่ 5.2.8 ในการนำซิลเวอร์ที่ได้จากการนำกลับไปใช้ในการหาค่าซีโอดี พบว่ามีความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย รวมทั้งซิลเวอร์ผงที่ได้มีความบริสุทธิ์ 70 % โดยมีคอปเปอร์และเมอร์คิวรีเจือปนอยู่ ในการคิดราคาของซิลเวอร์ผงนี้ จึงคิดราคาในอัตรา 50 % ของราคาซิลเวอร์ซิลเฟตที่เป็นสารเคมีรีเอเจนต์เกรด โดยราคาของซิลเวอร์ซิลเฟตรีเอเจนต์เกรดเท่ากับ 2400 บาทต่อ 100 กรัม ราคาของซิลเวอร์ที่ได้จากการนำกลับจึงเป็น 1200 บาทต่อ 100 กรัม โดยที่ในการบำบัดน้ำเสีย 1 ครั้งในปริมาณ 200 ลิตร ได้ซิลเวอร์ผงประมาณ 181 กรัม

รายรับที่ได้จากการจำหน่ายซิลเวอร์ที่ได้จากการนำกลับ แสดงในตารางที่ 5.20

ตารางที่ 5.19 ราชรับจากการนำบักน้ำเสียในแต่ละปี

รายการ	ปี				
	1	2	3	4	5
จำนวนครั้งที่นำบักน้ำเสีย	34	40	46	53	62
ปริมาณน้ำเสียที่นำบัก/ครั้ง	200	200	200	200	200
ปริมาณน้ำเสียที่นำบัก/ปี	6,800	8,000	9,200	10,600	12,400
ค่าบริการที่เรียกเก็บ					
- 10 % (90 บ./ล.)	612,000	720,000	828,000	1,954,000	1,116,000
- 5 % (45 บ./ล.)	306,000	360,000	414,000	477,000	558,000
- 3 % (27 บ./ล.)	183,600	216,000	248,400	286,200	334,800

ตารางที่ 5.20 ราชรับจากการจำหน่ายซิลเวอร์ที่ได้จากการนำกลับ

รายการ	ปี				
	1	2	3	4	5
จำนวนครั้งที่นำบักต่อปี	34	40	46	53	62
ซิลเวอร์ที่นำกลับได้ (บาท/ครั้ง)	2,172	2,172	2,172	2,172	2,172
รวมราชรับที่ได้(บ./ปี)	73,848	86,880	99,912	115,116	134,664

2.3 การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์เป็นการวิเคราะห์ในด้านการเงิน เพื่อพิจารณาว่า การลงทุนในการจัดตั้งศูนย์บำบัดน้ำเสีย มีความเหมาะสมในด้านการเงินหรือไม่ โดยพิจารณาจาก

1. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value)
 2. ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)
 3. อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return)
- โดยมีรายละเอียดของการวิเคราะห์แต่ละประเภท ดังนี้

2.3.1 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value)

ได้จากการนำค่ากระแสเงินสดสุทธิของแต่ละปี มาเทียบให้เป็นมูลค่าปัจจุบันให้เป็นมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดสุทธิ โดยใช้อัตราส่วนลดที่กำหนดขึ้น จากนั้นนำมารวมกันเพื่อ หามูลค่าปัจจุบันสุทธิของศูนย์บำบัดน้ำเสีย

ถ้ามูลค่าปัจจุบันสุทธิของศูนย์บำบัดน้ำเสียมากกว่า 0 แสดงว่าการจัดตั้งศูนย์บำบัดน้ำเสียนี้มีกำไรเกิดขึ้น ถ้าเท่ากับ 0 แสดงว่ามีรายรับเท่ากับรายจ่าย และถ้าติดลบแสดงว่าไม่คุ้มกับการลงทุน

อัตราส่วนลด คำนวณได้จากสูตร

$$a_t = \frac{1}{(1+k)^n}$$

โดยที่ a_t = อัตราส่วนลด ในปีที่ 1, 2, 3, ..., n

k = อัตราดอกเบี้ยของโครงการ

n = ปีที่ต้องการคำนวณ

การหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ โดยใช้อัตราการบำบัดน้ำเสียที่ 10 % แสดงในตารางที่ 5.21 , อัตราการบำบัดน้ำเสียที่ 5% แสดงในตารางที่ 5.22 และอัตราการบำบัดน้ำเสียที่ 3 % แสดงในตารางที่ 5.23

การหามูลค่าปัจจุบันสุทธิของการนำกลับซิลเวอร์ แสดงในตารางที่

2.3.2 ระยะเวลาคืนทุน

คือ จำนวนปีในการดำเนินการ ซึ่งทำให้ผลกำไรที่ได้ในแต่ละปีรวมกันแล้วมีค่าเท่ากับเงินลงทุนเริ่มต้น ในการวิเคราะห์กำหนดให้ไม่คิดค่าเสื่อมราคา โดยให้ใช้เป็นเงินลงทุนเริ่มต้นทั้งหมด

การหาระยะเวลาคืนทุนในอัตราการบำบัดน้ำเสียที่ 10 %, 5 % และ 3 % แสดงในตารางที่ 5.21 , 5.22 และ 5.23

การหาระยะเวลาคืนทุนของการนำกลับซิลเวอร์ แสดงในตารางที่ 5.24 :

2.3.4 อัตราผลตอบแทนการลงทุน

เป็นการหาอัตราส่วนลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่าย ถ้าอัตราส่วนลดมีค่าสูงกว่าอัตราดอกเบี้ยเงินฝาก แสดงว่าโครงการให้ผลตอบแทนสูงกว่าการฝากเงินกับธนาคาร

อัตราผลตอบแทนการลงทุน ของระบบบำบัดน้ำเสียและระบบนำกลับซิลเวอร์แสดงในตารางที่ 5.25 และ 5.26 ตามลำดับ

ตารางที่ 5.21 มูลค่าปัจจุบันสุทธิและระยะเวลาคืนทุนของระบบบำบัดน้ำเสีย โดยคิดอัตราค่าบำบัดน้ำเสียที่ 10 %

ปี	รายรับ	รายจ่าย	กระแสเงินสดสุทธิ	อัตราส่วนลด 15 %	มูลค่าเทียบปัจจุบัน	มูลค่าเทียบปัจจุบันสะสม
0		360,000	(360,000)	1	(360,000)	(360,000)
1	612,000	110,640	501,360	0.8696	435,983	75,983
2	720,000	130,946	589,054	0.7561	445,384	521,366
3	828,000	149,013	678,987	0.6575	446,434	967,800
4	954,000	170,755	783,245	0.5718	447,859	1,415,660
5	1,116,000	198,925	917,075	0.4972	455,970	1,871,630

ระยะเวลาคืนทุน = $360,000 / 435,983 = 0.83$ ปี หรือ 10 เดือน

ตารางที่ 5.22 มูลค่าปัจจุบันสุทธิและระยะเวลาคืนทุนของระบบบำบัดน้ำเสีย โดยคิด
อัตราค่าบำบัดน้ำเสียที่ 5 %

ปี	รายรับ	รายจ่าย	กระแสเงินสด สุทธิ	อัตราส่วนลด 15 %	มูลค่าเทียบ ปัจจุบัน	มูลค่าเทียบ ปัจจุบันสะสม
0		360,000	(360,000)	1	(360,000)	(360,000)
1	306,000	360,000	195,360	0.8696	169,885	(190,115)
2	360,000	130,946	229,054	0.7561	173,188	(16,927)
3	414,000	149,013	264,987	0.6575	174,229	157,302
4	477,000	170,755	306,245	0.5718	175,111	332,413
5	588,000	198,925	359,075	0.4972	178,532	510,945
ระยะเวลาคืนทุน = $2 + (16,927 / 174,229) = 2.10$ ปี หรือ 2 ปี 2 เดือน						

ตารางที่ 5.23 มูลค่าปัจจุบันสุทธิและระยะเวลาคืนทุนของระบบบำบัดน้ำเสีย โดยคิด
อัตราค่าบำบัดน้ำเสียที่ 3 %

ปี	รายรับ	รายจ่าย	กระแสเงินสด สุทธิ	อัตราส่วนลด 15 %	มูลค่าเทียบ ปัจจุบัน	มูลค่าเทียบ ปัจจุบันสะสม
0		360,000	(360,000)	1	(360,000)	(360,000)
1	183,600	110,640	72,960	0.8696	63,446	(296,554)
2	216,000	130,946	85,054	0.7561	64,309	(232,245)
3	248,400	149,013	99,387	0.6575	65,347	(166,898)
4	286,000	170,755	115,245	0.5718	65,897	(101,001)
5	334,800	198,925	135,875	0.4972	67,557	(33,444)
ระยะเวลาคืนทุน มากกว่า 5 ปี						

ตารางที่ 5.24 มูลค่าปัจจุบันสุทธิและระยะเวลาคืนทุนของระบบนำกลับซิลเวอร์

ปี	รายรับ	รายจ่าย	กระแสเงินสดสุทธิ	อัตราส่วนลด 15 %	มูลค่าเทียบปัจจุบัน	มูลค่าเทียบปัจจุบันสะสม
0		70,000	(70,000)	1	(70,000)	(70,000)
1	73,848	41,402	32,446	0.8696	28,215	(41,785)
2	86,880	49,797	37,083	0.7561	28,083	(13,747)
3	99,912	59,182	40,730	0.6575	26,780	13,033
4	115,116	70,790	44,326	0.5718	25,346	38,379
5	134,664	86,191	48,473	0.4972	24,100	62,479
ระยะเวลาคืนทุน = $2 + (13,747 / 26,780) = 2.5$ ปี หรือ 2 ปี 6 เดือน						

ตารางที่ 5.25 อัตราผลตอบแทนการลงทุนของระบบบำบัดน้ำเสีย โดยคิดอัตราค่าบำบัดน้ำเสีย 5 %

ปี	กระแสเงินสดสุทธิ	อัตราส่วนลด 60 %	มูลค่าเทียบปัจจุบัน	อัตราส่วนลด 59.5 %	มูลค่าเทียบปัจจุบัน	อัตราส่วนลด 59 %	มูลค่าเทียบปัจจุบัน
0	(360,000)	1	(360,000)	1	(360,000)	1	(360,000)
1	195,360	0.6250	122,100	0.6270	122,491	0.6289	122,862
2	229,054	0.3906	89,468	0.3931	90,041	0.3956	90,614
3	264,987	0.2441	64,683	0.2465	65,319	0.2488	65,929
4	306,245	0.1526	46,733	0.1545	47,315	0.1565	47,927
5	359,075	0.0954	34,256	0.0970	34,830	0.0984	35,333
			(2,759)		(4)		2,665

ตารางที่ 5.26 อัตราผลตอบแทนการลงทุนของระบบนำกลับซิลเวอร์

ปี	กระแสเงินสดสุทธิ	อัตราส่วนลด 46 %	มูลค่าเทียบ ปัจจุบัน	อัตราส่วนลด 45.8 %	มูลค่าเทียบ ปัจจุบัน	อัตราส่วนลด 45 %	มูลค่าเทียบ ปัจจุบัน
0	(70,000)	1	(70,000)	1	(70,000)	1	(70,000)
1	32,446	0.6849	22,222	0.6859	22,255	0.6897	22,378
2	37,083	0.4691	17,396	0.4704	17,444	0.4756	17,637
3	40,730	0.3213	13,087	0.3226	13,139	0.3280	13,359
4	44,326	0.2201	9,756	0.2213	9,809	0.2262	10,027
5	48,473	0.1507	7,305	0.1518	7,358	0.1560	7,562
			(235)		6		962

การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์

จากมูลค่าปัจจุบันสุทธิ เห็นได้ว่าเมื่อใช้อัตราค่าบ่าบักน้ำเสีย 10 % มีการคืนทุนในปีแรก ซึ่งในอัตรานี้ห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่เห็นว่าอัตราค่าบ่าบักน้ำเสียนี้ค่อนข้างสูง จึงไม่เหมาะในการนำมาใช้ เมื่อพิจารณาอัตราค่าบ่าบักน้ำเสีย 3 % ระยะเวลาคืนทุนมากกว่า 5 ปี ซึ่งยาวนานเกินไป จึงไม่เหมาะสมในการเลือกใช้ อัตราค่าบ่าบักน้ำเสียที่เหมาะสมที่สุด จึงเป็น 5 % ซึ่งเป็นอัตราที่ห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่ยอมรับ และสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 2 ปี 2 เดือน

ส่วนในการหาค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิของระบบการนำกลับซิลเวอร์ เห็นได้ว่าเมื่อคิดราคาจำหน่ายซิลเวอร์ในราคา 1200 บาทต่อซิลเวอร์ 100 กรัม สามารถคืนทุนได้ในเวลารวดเร็วเช่นกัน คือภายในเวลา 2 ปี 6 เดือน

เมื่อพิจารณาถึงอัตราผลตอบแทนการลงทุน โดยคิดอัตราดอกเบี้ยเงินฝากเป็น 15 % พบว่าในส่วนของการบ่าบักน้ำเสียโดยใช้อัตราค่าบ่าบักน้ำเสีย 5 % มีอัตราส่วนลดเป็น 59.5 % และในส่วนของการนำกลับซิลเวอร์ มีอัตราส่วนลดเป็น 45.8 % แสดงว่าโครงการ ทั้ง 2 ประเภทให้ผลตอบแทนที่สูงมากในการลงทุนเมื่อเทียบกับอัตราดอกเบี้ยเงินฝาก

การสัมภาษณ์ค่าใช้จ่าย

จากการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ ได้ว่า

1. อัตราค่าบำบัดน้ำเสียเท่ากับ 5 % ของราคาในการวิเคราะห์ค่าซีโอดี หรือ 45 บาทค่อน้ำเสีย 1 ลิตร
2. ค่าขนส่งน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการมาซึ่งศูนย์บำบัดน้ำเสียเท่ากับ 2 บาท/กม.
3. ราคาจำหน่ายซิลเวอร์ที่ได้จากการนำกลับ ซึ่งมีความบริสุทธิ์ 70 % ในอัตรา 1200 บาทต่อ 100 กรัม โดยราคาซิลเวอร์ซัลเฟตรีเอเจนต์เกรดราคา 2400 บาทต่อ 100 กรัม

ในการสัมภาษณ์ค่าใช้จ่าย ได้มีการถามการยอมรับจากห้องปฏิบัติการต่างๆถึงอัตราต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้ โดยได้ผลจากการสัมภาษณ์แสดงในตารางที่ 5.44

จากผลการสัมภาษณ์ เห็นได้ว่า

1. อัตราค่าบำบัดน้ำเสีย

ห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่ยอมรับในราคาที่ได้เสนอ นอกจากบางห้องปฏิบัติการซึ่งเห็นว่าราคานี้ยังคงแพงอยู่ เมื่อเทียบกับราคาค่าวิเคราะห์ซีโอดีและได้เสนอให้มีการลดราคาลงซึ่งทางห้องปฏิบัติการเองยังคงยินดีที่จะส่งน้ำเสียให้กับทางศูนย์

2. ค่าขนส่งจากห้องปฏิบัติการมาซึ่งศูนย์บำบัดน้ำเสีย

ในเรื่องค่าขนส่งนี้ ได้แบ่งความเห็นเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ยอมรับในค่าขนส่งที่ได้เสนอไป ส่วนกลุ่มที่ไม่ยอมรับเนื่องจากต้องการที่จะมาส่งน้ำเสียเอง โดยส่วนใหญ่แล้วเป็นห้องปฏิบัติการที่อยู่ไกล เช่น Test tec ซึ่งตั้งอยู่ถนน ธนบุรี-ปากท่อ

3. การยอมรับในการนำซิลเวอร์กลับมาใช้ใหม่

ห้องปฏิบัติการที่ยอมรับการนำซิลเวอร์กลับมาใช้ใหม่นี้ มีจำนวน 12 แห่ง และที่ไม่ยอมรับ 8 แห่ง ห้องปฏิบัติการที่ยอมรับซิลเวอร์ในการนำมาใช้ใหม่นี้ เป็นห้องปฏิบัติการที่มีการวิเคราะห์ซีโอดีน้อย ส่วนห้องปฏิบัติการที่ไม่ยอมรับซิลเวอร์ในการนำมาใช้ใหม่ เนื่องจากต้องการความถูกต้องสูง

4. ราคาจำหน่ายซิลเวอร์

ห้องปฏิบัติการทั้ง 12 แห่งที่มีการยอมรับซิลเวอร์ในการนำกลับมาใช้ใหม่ ต่างยอมรับในราคาจำหน่ายซิลเวอร์ที่ได้เสนอไป



ตารางที่ 5.27 แสดงผลสรุปจากการสัมภาษณ์ค่าใช้จ่าย

หัวข้อ	จำนวน ห้องปฏิบัติการ ที่ยอมรับ	จำนวน ห้องปฏิบัติการ ที่ไม่ยอมรับ	หมายเหตุ
1. การคิดอัตราค่าบำบัดน้ำเสีย 5 % ของค่าวิเคราะห์ซีไอซี หรือ 45 บาท/น้ำเสีย 1 ลิตร	17	3	-ห้องปฏิบัติการที่ไม่ ยอมรับนี้เนื่องจาก มีการบำบัดน้ำเสีย เอง ทั้ง 3 แห่ง
2. ค่าขนส่งน้ำเสีย ในอัตรา 2 บาท/กม.	17	3	-ห้องปฏิบัติการทั้ง 3 แห่งต่างไม่ส่ง น้ำเสียมาบำบัด
3. การยอมรับในการนำซิลเวอร์ กลับมาใช้ใหม่	12	8	-ห้องปฏิบัติการ บางแห่งต้องการ ความถูกต้องสูงจึง ไม่ยอมรับ
4. ราคาจำหน่ายซิลเวอร์ที่นำกลับ 1200 บาทต่อ 100 กรัม	12	-	-ห้องปฏิบัติการทั้ง 12 แห่งที่ยอมรับ การนำกลับ Ag ต่างยอมรับราคา